



*République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques*

***Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de
Master II***

***Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité
Thème :***

Étude comparative des eaux embouteillées (Lalla Khedidja, Guedila, Toudja), eau de source Boudafal AEH) et une eau de production du barrage Takesabt.

Réalisé par :

Melle BEN MESBAH KAHINA

Présenté devant les jurys :

Président : Mr AIT KHALDOUN I.MAA à L'UMMTO

Co- Promoteur: Mr SI TEYEBH. MAA à l'UMMTO

Promotrice:Mme LOUNI D. MAA à l'UMMTO

Examineur: Mr DAHMANI MS.MAA à l'UMMTO

Invité:Mr HADDADI N. ingénieur de laboratoire TAKSEBT (SEAAL).

Promotion 2023-2024.

Remerciements

Nous tenons à remercier avant tout notre bon Dieu ALLAH, qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.

Ma gratitude et reconnaissance je la consacre à mon Co- promoteur Mr SI TEYEB et ma promotrice Mme LOUNI .D pour leurs précieux conseils, orientations et leurs compétences qui ont été mises à notre disposition, qu'ils en soient remerciés.

Qu'il nous soit permis aussi de remercier intensément Tous les membres du jury pour avoir accepté d'examiner notre travail et de l'enrichir de leurs propositions.

J'adresse mes sincères remerciements à mon encadreur Mr HADDADI de nous avoir accueilli dans le laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'il nous a accordé, son orientation ficelée tout au long de notre recherche.

Je remercie également tous les ingénieurs en particulier Mme CHIKHI du laboratoire de TAKSEBT (SEAAL)

Je voudrais remercier et témoigner aussi ma gratitude à Mr DAHMANI .MS pour son aide et ces conseils.

Enfin je tiens à remercier chaleureusement mes chers parents pour leur soutien moral et matériel durant mes études ainsi que toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

En toute modestie et en toute reconnaissance, je dédie tous mes efforts traduits dans ce mémoire

Aux deux êtres les plus chers au monde, mes parents qui n'ont pas cessé de m'encourager en me prodiguant les précieux conseils sensibles à leurs amours.

C'est avec émotion que je leur exprime toute mon affection.

Mes chers sœurs « CHABHA, TASSADIT et SMINA ».

Mon cher frère « DJAMEL » sa femme «SONIA » et mes chers neveux

Mes chers cousins chacun en son nom

A monsieur HADDADI, pour ses conseils et ses orientations tout au long de ce travail. Je vous remercie énormément sans vous je ne serais jamais là.

Aux enseignants et étudiants du département de science agronomiques.

Pour finir j'adresse mes remerciements à mes très chers amis (es), et à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce modeste travail

Abréviations

- A.S.R** : Anaérobies Sulfite-Réducteurs.
- BEA**: gélose Bile Esculine Azide
- CAP**: Charbon actif en poudre.
- CCA**: Gélose Coliformes Chromocult Agar.
- °C** : degré Celsius.
- °F** : degré Français.
- E-coli** : Escherichia coli.
- EDTA** : Éthylène Diamine Tétra-Acétique.
- h** : heure.
- H⁺** : Ion hydrogène.
- ISO** : International Organization for Standardization
- m³** : Mètre cube.
- m³/j** : Mètre cube par Jour.
- MES** : Matière En Suspension.
- mg/l** : Milligramme par Litre.
- Min** : minute.
- mm**: millimètre.
- MO** : Matière Organique.
- ml** : millilitre.
- NA** : Norme Algérienne.
- NF**: Norme Française.
- NTU** : Unité de Turbidité Néphélométrie.
- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- PCA**: Gélose Plate Count Agar.
- PH**: Potentiel Hydrogène.
- Pt**: Electrode de platine.
- RS** : Résidu sec (mg/L)
- S/m**: Siemens par mètre.
- SEAAL** : Société des eaux d'assainissement d'Alger
- STE**: Station de traitement des eaux.
- TA**: Titre Alcalimétrique.
- TAC**: Titre Alcalimétrique Complet.

TDS: Total des solides dissous

TGEA: Gélose Tryptone Glucose à l'Extrait de levure.

TH: Titre Hydrotimétrique.

UFC: Unité Formant Colonie.

UV: Ultra violet

μS/cm : micro siemens par centimètre

AEH : Ain El Hammam

Liste des tableaux

Tableau 1: la différence entre les eaux de surface et les eaux souterraines.....	8
Tableau 2: Classes de turbidité usuelles par rapport à leurs clartés.	24
Tableau 3: Classification des eaux d'après leur pH (Norme ISO7888)	25
Tableau 4: classification des eaux par rapport à leur conductivité et leur minéralisation.....	26
Tableau 5: Potabilité de l'eau en fonction des résidus secs (Rodier,2005).	26
Tableau 6: Classification des types d'eau selon la dureté totale	28
Tableau 7: les normes ALGERIENNES de quelques paramètres de l'eau potable	38
Tableau 8: Matériels et méthodes utilisés pour le dosage des différents paramètres physicochimiques au niveau de la Station Takesabt.....	55
Tableau 9 : Germes recherchés au niveaudela STE Takesabt	69

Liste des figures

Fig1:situation géographique Guedila (Google EARTH.2024)	41
Fig2:situation géographique Djurdjura (Lalla Khedidja), (Google Earth, 2024)	31
Fig3:situation géographique de Toudja (GOOGLE Earth.2024).....	32
Fig 4: barrage Takesabt Tizi-Ouzou (GOOGLE Earth.2024)	45
Fig 5 : Maquette station de traitement SEAAL	46
Fig 6: Schéma récapitulatif des étapes des traitements des eaux de surface du barrage Takesabt	49
Fig 7:La zone de Boudafal AEH (GOOGLE Earth.2024).....	50
Fig8:Les échantillons destinés à l'analyse physicochimique et bactériologique.....	41
Fig9:PH mètre.....	44
Fig10: Turbidimètre.....	45
Fig11:Conductimètre.....	45
Fig12:Oxymètre.....	58
Fig13 : appareil et matériel utilisés pour les MES.....	59
Fig14:matériel et appareil pour les résidus secs.....	59
Fig15: Dosage de l'aluminium (Al ³⁺).....	61
Fig16:Dosage des nitrates(NO ₃ ⁻).....	61
Fig17:dosage des nitrites(NO ₂ ⁻).....	50
Fig18:dosage d'ammonium(NH ₄ ⁺).....	50
Fig19:spéctrophotomètre d'absorption atomiques des métaux lourds.....	52
Fig20:dosage de la matière organique	53
Fig21: dosage du TAC	54
Fig22:dosage de la dureté totale	55
Fig23:dosage du calcium(Ca ²⁺)	55
Fig24:dosage des chlorures(Cl ⁻).....	57
Fig25 :Dénombrement par incorporation en gélose	71
Fig26:variation de la couleur des eaux potables	61
Fig27:Les absorbances dans l'UV	62
Fig28:variation de la turbidité.....	62
Fig29:variation de pH des cinq sources	63

Fig30:variation de la conductivité	63
Fig31:variation des concentrations d'O ₂ dissout.....	76
Fig32:variation des concentrations de MES	77
Fig33:Les concentrations des Résidus sec des cinq sources a 105°C.....	77
Fig34:Variations des concentrations d'Aluminium(Al ³⁺)	78
Fig35:variation des concentrations de nitrates(NO ₃ ⁻).....	79
Fig36:variation des concentrations des nitrites (NO ₂ ⁻)	79
Fig37:variations des concentrations d'ammonium (NH ₄ ⁺)	80
Fig38:variation des concentrations des orthophosphates(PO ₄ ³⁻)	81
Fig39:variations des concentrations de fer dans cinq sources(Fe ²⁺).....	81
Fig40:variations des concentrations des sulfates(SO ₄ ²⁻).....	70
Fig41:variations des concentrations des trois métaux (mg/l)dans les cinq sources	70
Fig42:variations des concentrations de matière organique des cinq sources.....	71
Fig43:variations de la TA et la concentration CO ₃ ²⁻	72
Fig44:variations de TAC.....	72
Fig45:Variations des concentrations des bicarbonates (HCO ₃ ⁻).....	73
Fig46:variations de TH	73
Fig47:variations des concentrations du calcium(Ca ²⁺)	74
Fig48:variation des concentrations de magnésium(Mg ²⁺).....	87
Fig49:variations des concentrations des chlorures(Cl ⁻)	87
Fig50:variations des concentrations de CO ₂ libre.....	88
Fig51:résultats des paramètres bactériologiques	89

Table des matières

Table des matières.....	9
Introduction générale	13
Chapitre I : Généralités sur l'eau.....	17
1. Définition d'une eau.....	18
1.1. Les eaux souterraines.....	18
1.2. Eaux de surfaces	19
2. La différence entre les eaux souterraines et les eaux de surfaces	19
Chapitre II : L'eau potable	21
1. Définition de l'eau potable.....	22
2. Les normes de potabilité	22
3. Les paramètres de l'eau potable.....	22
3.1. Les paramètres organoleptiques.....	22
3.1.1. La couleur :	22
3.1.2. Odeur et saveur.....	23
3.2. Paramètres Physico-chimiques	23
3.2.1. Température	23
3.2.2. Turbidité.....	24
3.2.3. PH	24
3.2.4. Conductivité	25
3.2.5. Résidus sec	26
3.2.6. Alcalinité.....	27
3.2.7. Dureté totale	27
3.2.8. Minéralisation globale.....	28
3.3. Paramètres indésirables et pollution	29
3.3.1. Métaux lourds.....	29
3.3.2. Fer (Fe^{2+}).....	30
3.3.3. Aluminium (Al^{3+}).....	30
3.3.4. Nitrites (NO_2^-)	31
3.3.5. Nitrates (NO_3^-).....	31
3.3.6. Ammonium (NH_4^+)	31
3.3.7. Orthophosphates(PO_4^{3-}).....	31
3.3.8. Matière organique (MO)	31
3.3.9. Sulfates (SO_4^{2-}).....	32

3.4. Paramètres bactériologiques	32
3.4.1. Germes totaux :	33
3.4.2. Coliformes :	33
3.4.3. Les streptocoques fécaux :	33
Chapitre III : Présentation de l'Eau embouteillée en Algérie et la réglementation	34
1. Industrie de l'eau embouteillée en Algérie	35
2. Réglementation de l'Eau Embouteillée en Algérie	35
2.1. Cadre Légal	35
2.2. Normes de Qualité	36
2.3. Étiquetage et Traçabilité	36
3. Défis et Opportunités	37
3.1. Défis	37
3.2. Opportunités	37
Partie pratique	39
Chapitre I : Description des zones d'étude	40
1. Description de la zone de Guedila	41
1.1. Géologie et Types de Roches	41
1.2. Environnement	41
2. Description de la Zone de Lalla Khadîdja	42
2.1. Géologie et Types de Roches	42
2.2. Environnement	42
3. Description de la Zone d'Étude Toudja	43
3.1. Géologie et Types de Roches	44
4. Description de la Zone d'Étude du Barrage Takesabt	44
4.1. Présentation de la station de potabilisation du barrage de Takesabt	45
4.2. Techniques utilisées pour le traitement des eaux	46
4.2.1. Prétraitement	46
4.2.2. Clarification	47
4.2.3. Désinfection et Stockage de l'Eau Traité	47
4.2.4. Réservoir d'Eau Traité et Chambre de Sortie	48
4.3.2. Traitement de boues	48
5. Description de la Zone d'Étude du Boudafal (AEH)	50
Chapitre II : Échantillonnage	51
1. Prélèvement Physico-chimique	52
2. Prélèvement Bactériologique	52

3. Prélèvement de l'Eau du Robinet	52
4. Identification, Transport et Conservation des Échantillons	53
Chapitre III : Matériel et méthode.....	54
1. Analyse physicochimique	55
1.1. Matériel et méthodes d'analyses	55
1.2. Lecture physique :	56
1.2.1. Mesure du pH.....	56
1.2.2. Mesure de la Turbidité	56
1.2.3. Mesure de la conductivité.....	57
1.2.4. Dosage de l'oxygène dissous.....	57
1.2.5. Détermination des matières en suspension (MES) à 105 °C	58
1.2.6. Détermination des résidus secs.....	59
1.3. Spectrophotométrie :	59
1.3.1. Couleur et UV	60
1.3.2. Dosage d'aluminium (Al^{3+}).....	60
1.3.3. Dosage des Nitrates (NO_3^-)	61
1.3.4. Nitrites (NO_2^-)	61
1.3.5. Dosage d'ammonium (NH_4^+)	62
1.3.6. Dosage des orthophosphates (PO_4^{3-})	62
1.3.7. Dosage du Fer(Fe^{2+})	63
1.3.8. Dosage de sulfate(SO_4^{2-})	63
1.3.9. Dosage de cadimium (Cd^{2+}),cuivre(Cu^{2+}),plomb(Pb^{2+})	63
1.4. Volumétrie	64
1.4.1. Détermination de la matière organique ($KMnO_4$).....	64
1.4.2. Détermination de TA et TAC	65
1.4.3. Détermination de la dureté totale(TH).....	66
1.4.4. Détermination du Calcium (Ca^{2+}).....	67
1.4.5. Détermination de la dureté Magnésienne (Mg^{2+})	68
1.4.6. Dosage des chlorures(Cl^-)	68
1.4.7. Dosage du dioxyde de carbone libre (CO_2).....	69
2. Analyse bactériologique.....	69
2.1. Matériels et méthodes d'analyses	69
2.1.1. Dénombrement sur membrane filtrante	70
2.1.2. Dénombrement par incorporation en gélose	70

2.1.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux par filtration sur membrane	71
Chapitre IV : Résultats et discussion	72
1. L'odeur.....	73
2. La couleur	73
3. Ultra violet (UV).....	74
5. Turbidité.....	74
6. PH (potentiel hydrique).....	75
7. La conductivité.....	75
8. O ₂ dissout.....	76
9. Les matières en suspension (MES)	77
10. Résidus sec.....	77
11. Aluminium (Al ³⁺).....	78
12. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	79
13. Nitrite (NO ₂ ⁻)	79
14. L'Ammonium (NH ₄ ⁺)	80
15. Orthophosphate (PO ₄ ³⁻).....	81
16. Fer (Fe ²⁺).....	81
17. Sulfates (SO ₄ ⁻).....	82
18. Métaux lourds (Cadmium, Plomb, cuivre)	82
19. Matière organique (MO)	83
20. TA (titre alcalimétrique) et TAC (titre alcalimétrique complet)	83
21. TAC.....	84
22. Bicarbonates (HCO ₃ ⁻)	85
23. Dureté totale (TH).....	85
24. Calcium (Ca ²⁺).....	86
25. Magnésium (Mg ²⁺).....	87
26. Chlorure (Cl ⁻).....	87
27. Dioxydes de Carbone (CO ₂)	88
28. Interprétation des résultats bactériologique	89
Conclusion générale.....	90
Bibliographie.....	93
Annexes.....	98

Introduction générale

L'eau est l'une des ressources les plus précieuses disponible sur notre planète indispensable à la vie et des écosystèmes et des sociétés humaines. Elle est l'une des composantes de la consommation humaine nécessite une excellente qualité physico-chimique et microbiologique. (GROSCLAUDE, 1999)

En ce début du siècle, au fur et à mesure que la croissance démographique et les extensions du tissu urbain augmentent, une attention toute particulière est portée à l'accès à l'eau potable des populations, pour pouvoir être consommée sans danger. Cette dernière ne doit comporter aucun élément toxique, ni bactérie, parasite ou virus nuisibles pour l'homme. C'est pourquoi, elle fait l'objet d'un contrôle de qualité permanent de façon à en garantir sa sécurité sanitaire. Pour être déclarée «eau potable», l'eau doit répondre à différents critères de qualité différents définissant la potabilité microbiologique ainsi que la potabilité chimique. Les principaux paramètres sont : Paramètres organoleptiques, Paramètres physico-chimiques, Paramètres microbiologiques, Paramètres relatifs aux substances « indésirables », toxiques, Paramètres relatifs aux eaux adoucies et déminéralisées (ADE Tizi-Ouzou, 2016)

Le secteur industriel de conditionnement des eaux embouteillées en Algérie a connu une forte évolution et aujourd'hui, l'eau minérale embouteillée est de plus en plus présente dans la vie quotidienne des consommateurs algériens. Les eaux embouteillées bénéficient d'une image de sécurité rassurante pour le consommateur par rapport aux eaux naturelles d'origine souterraine tenue à l'abri de la pollution et exempte de traitements chimiques (SADI et BOUROUREN,2016)

À partir de ce que nous développons, d'une part, notre travail consiste à effectuer une caractérisation physico-chimique de quelques marques d'eaux embouteillées sélectionnées sur le marché de la Wilaya de Tizi-Ouzou (Guedila, Toudja et Lalla Khadîdja) et d'évaluer les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir : le pH, conductivité, turbidité, résidus secs, les minéraux essentiels (calcium, magnésium, sulfate et chlore) et les éléments indicateurs de pollution (nitrates, nitrites, orthophosphates, ammonium, les métaux lourds, fer.). D'autre part faire une étude comparative avec une eau de source et une eau de production de la même wilaya.

Dans un contexte où la qualité de l'eau potable est essentielle pour la santé publique; et devant le choix des consommateurs entre une eau de source naturelle et une eau minérale embouteillé ou une eau de production(eau de robinet), et le fait que des différences de

composées physicochimique et bactériologiques restent méconnue, cette étude propose de répondre à la question suivante :

Quels sont les écarts qualitatifs et sanitaires entre les eaux étudiées, selon les caractéristiques physicochimique et bactériologique ?

Notre présent travail concerne aussi la détermination de la qualité physicochimique et bactériologique d'une eau de source de la région de AIN EL HAMMAM village (BOUDAFEL) afin d'évaluer sa potabilité selon la réglementation et la certification algérienne.

Notre mémoire est structuré de deux parties :

La première partie présente une étude bibliographique.

La deuxième partie est axée sur la partie expérimentale, renfermant une description de l'appareillage et matériels utilisés ainsi que les protocoles expérimentaux suivis, et les résultats obtenus avec leurs discussions.

Nous terminerons avec une conclusion.

Partie 1 :

Etude bibliographique

Chapitre I :

Généralités sur l'eau

1. Définition d'une eau

L'eau, considérée comme la source de la vie, est indispensable à l'existence. C'est la seule molécule sur Terre à se trouver sous trois états: solide, liquide et gazeux. Ce composé chimique simple est liquide à température et pression ambiantes (1 atmosphère), devient gazeux au-dessus de 100°C et se solidifie en dessous de 0°C. Les transitions entre ces états dépendent de la température et de la pression, ainsi que des composés chimiques présents dans l'atmosphère. La formule chimique de l'eau est H₂O, indiquant qu'elle est constituée de deux atomes d'hydrogène et d'un atome d'oxygène (Abdeselem, 1999; Musy et Higy, 2004). On peut classer les eaux comme suit :

1.1. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent 20 % des réserves d'eau de la planète, soit environ 1 000 milliards de mètres cubes. Leur formation résulte de l'accumulation d'infiltrations dans le sol, qui varient selon la porosité et la structure géologique du terrain. Elles sont généralement de très bonne qualité physico-chimique et bactériologique et se regroupent en nappes de différents types (Rodier, 1997). Selon Margat (1998), une nappe souterraine est l'ensemble de l'eau présente dans la zone saturée d'un aquifère, où toutes les parties sont en liaison hydraulique. Les nappes peuvent être caractérisées par la nature de l'aquifère, les conditions hydrodynamiques, l'accessibilité ou les caractéristiques de l'eau. Les eaux souterraines se trouvent sous la plupart des terres émergées, que ce soit dans les montagnes, les plaines, les régions arides ou humides, et constituent à ce jour les meilleures ressources en eau potable.

On distingue plusieurs types de nappes :

- **Nappe libre (ou phréatique)** : alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Le niveau de cette nappe peut fluctuer en fonction de la quantité d'eau infiltrée (elle se situe près de la surface).
- **Nappe captive** : emprisonnée entre deux couches de terrain imperméables. C'est le type de nappe le plus fréquent et généralement le plus profond, où règne une certaine pression, ce qui permet l'émergence de l'eau lors d'un forage.
- **Nappe alluviale** : située dans des terrains alluvionnaires (dépôts de sable, vase, argile, etc., transportés par l'eau courante). La qualité de ces eaux dépend directement de celle de la rivière avoisinante.

1.2. Eaux de surfaces

Les eaux de surface peuvent être stockées naturellement dans des lacs ou artificiellement dans des barrages. Elles proviennent des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, ainsi que des eaux de ruissellement. Ces eaux se regroupent en cours d'eau, caractérisés par une vitesse de circulation notable (Gérard, 2003). La température de ces eaux varie selon le climat et les saisons, et la matière en suspension fluctue en fonction de la pluviométrie, de la nature et du relief des terres environnantes. Le terrain traversé influence également la teneur en sels minéraux des eaux de surface (Degremont, 2005). Habituellement, ces eaux sont riches en oxygène et pauvres en dioxyde de carbone. On peut classer les eaux de surface en trois catégories : eaux de rivière (partie amont), eaux de rivière (partie aval) et eaux de lac

2. La différence entre les eaux souterraines et les eaux de surfaces

Le tableau ci-dessus représente la différence entre les eaux de surface et les eaux souterraines :

Tableau 1: les différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines.

Critère	Eau de Source	Eau de Surface
Origine	Sources souterraines naturelles	Rivières, lacs, étangs, réservoirs
Pureté initiale	Généralement plus pure, peu contaminée	Souvent plus contaminée par des sédiments, polluants
Minéralisation	Stable, dépend de la géologie locale	Variable, influencée par l'environnement
Conductivité	Faible à modérée	Variable, souvent plus élevée en raison des contaminants
Qualité de l'eau	Haute, souvent potable sans traitement	Variable, nécessite souvent un traitement
Traitement nécessaire	Minimal (filtration, désinfection légère)	Souvent nécessaire (filtration, clarification, désinfection)
Usage typique	Consommation humaine, embouteillage	Irrigation, eau potable après traitement, industries
Stabilité	Qualité relativement stable	Qualité fluctuante selon les conditions environnementales
Réglementation	Normes strictes de potabilité	Normes de qualité après traitement
Accès	Limité aux zones spécifiques de sources	Largement accessible dans les zones de rivières et lacs
Vulnérabilité	Moins vulnérable à la contamination directe	Plus vulnérable aux pollutions agricoles, industrielles, urbaines

Source (Web et OMS, 2023)

Chapitre II :

L'eau potable

1. Définition de l'eau potable

Selon les Directives de qualité pour l'eau de boisson de l'OMS, une eau potable saine ne présente aucun risque notable pour la santé sur toute la durée de vie d'une personne, en tenant compte des variations de sensibilité aux différents stades de la vie. Les populations les plus vulnérables aux maladies véhiculées par l'eau sont les nourrissons et les jeunes enfants, les personnes affaiblies ou vivant dans de mauvaises conditions d'hygiène, et les personnes âgées. Une eau potable saine doit être utilisable pour tous les usages domestiques, y compris l'hygiène personnelle.

Une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et de parasites, et ne contenir que des quantités limitées de certaines substances chimiques. Ces substances, qualifiées d'indésirables ou toxiques, comprennent les nitrates, phosphates, métaux lourds, hydrocarbures, et pesticides. Par contre, la présence de certaines substances, comme les oligoéléments essentiels à l'organisme, peut être nécessaire. De plus, une eau potable doit être agréable à boire (Rio, 2006). L'eau potable provient de diverses sources naturelles telles que les eaux souterraines, les eaux de surface (lacs, rivières, etc.), ou l'eau de mer. Elle doit également satisfaire à des critères organoleptiques agréables (Bonteux, 1993).

2. Les normes de potabilité

Les normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine sont des valeurs guides définies par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), qu'il ne faut pas dépasser. Ces valeurs sont établies avec une grande marge d'incertitude pour chaque substance, en tenant compte de la population la plus sensible. Elles sont basées sur la dose journalière tolérable de chaque substance pour un poids corporel donné, pouvant être ingérée quotidiennement tout au long de la vie sans risque pour la santé (Mazzuoli, 2012).

3. Les paramètres de l'eau potable

3.1. Les paramètres organoleptiques

3.1.1. La couleur :

Les substances dissoutes dans l'eau peuvent entraîner une modification de sa couleur, appelée coloration vraie ou réelle, lorsqu'elles traversent un filtre de 0,45 µm de porosité. En revanche, lorsque les matières en suspension (MES) contribuent à la couleur, on parle de coloration apparente. Dans les eaux claires et celles avec une faible turbidité, les colorations

vraie et apparente sont pratiquement les mêmes (Rodier et al., 2009). Ce phénomène constitue une nuisance principalement esthétique. Selon (Mokddem et Ouddane ,2005) identifient plusieurs sources de coloration de l'eau :

- Origine naturelle : due à la présence de fer et de manganèse dans les eaux souterraines, ou de substances humiques dans les eaux de surface.
- Conséquence de l'eutrophisation : résultat du développement excessif d'algues et de plancton dans les lacs, étangs, barrages, etc.
- Origine industrielle chimique : provenant des colorants utilisés dans les tanneries et l'industrie textile, ainsi que dans les procédés d'impression et de teinture.

3.1.2. Odeur et saveur

L'eau doit être inodore, car toute odeur indique une pollution ou la présence de matières organiques en décomposition, généralement présentes en quantités minimes (Rodier et al., 2009). Les odeurs sont causées par des substances volatiles présentes dans l'eau, qui peuvent être inorganiques, comme le chlore, le H₂S et le SO₂, ou organiques, telles que les dérivés aromatiques ou ceux résultant de la décomposition de matières animales ou végétales (Monique, 1991). Les analyses doivent être effectuées rapidement, et la durée de stockage ne doit pas dépasser 72 heures (Rodier et al, 2009).

La saveur de l'eau est définie comme l'ensemble des sensations perçues par les bourgeons gustatifs en réaction à certaines substances solubles (Rodier et al, 2009). Des odeurs et saveurs inhabituelles sont souvent dues à la présence de molécules organiques ou inorganiques, même en très faibles quantités (Vilagines, 2003).

3.2. Paramètres Physico-chimiques

3.2.1. Température

Il est crucial de mesurer avec précision la température de l'eau, car elle joue un rôle essentiel dans la croissance des espèces aquatiques et des microorganismes (WHO, 1987). De plus, la température affecte la solubilité des sels et surtout des gaz, influençant ainsi la dissociation des sels dissous, la conductivité électrique, et jouant un rôle dans la détermination du pH, important pour connaître l'origine de l'eau. La température des eaux, telles que les eaux de source, varie en fonction de la zone géographique et du climat local, étant influencée par la température de l'air (Rodier, 2009). Les variations saisonnières de température peuvent avoir un impact significatif sur les eaux, surtout lorsqu'elles sont superficielles. Elles peuvent

favoriser la croissance des micro-organismes et des algues, entraînant des goûts et des odeurs désagréables, ainsi qu'une augmentation de la turbidité lorsque la température dépasse 15°C.

Selon les normes de potabilité de l'eau définies par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORA, 2014), la qualité de l'eau est classée comme excellente lorsque sa température varie entre 20 et 22°C, et comme passable lorsque la température se situe entre 22 et 25°C.

3.2.2. Turbidité

La mesure de la clarté d'une eau est appelée turbidité (ADE, 2016), et elle est liée à la présence plus ou moins importante de matières en suspension (MES), qu'elles soient d'origine minérale ou organique (Slimani, 2003). Une turbidité élevée favorise la fixation des microorganismes sur les particules en suspension, augmentant ainsi le risque de contamination microbienne de l'eau (Ghazali et *al*, 2013). Le degré de turbidité est directement proportionnel à l'abondance des MES : une faible turbidité indique une eau claire et suggère que le traitement de l'eau est efficace pour une eau trouble (Rodier, 2009).

Il est essentiel d'analyser la turbidité dès que possible après le prélèvement ; si cela n'est pas réalisable immédiatement, l'échantillon doit être conservé à l'abri de la lumière pendant un maximum de 24 heures. L'unité de mesure de la turbidité est le NTU (Néphélobimétrie Turbidité Unité) (Ghazali et *al*, 2013).

Tableau 2: Classes de turbidité usuelles par rapport à leurs clartés.

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

Source (IBRI&TALEB, 2016)

3.2.3.PH

Le potentiel hydrogène (pH) mesure la concentration en ions hydrogène (H⁺) dans une solution aqueuse, ce qui permet d'évaluer son acidité ou son alcalinité (Savary, 2010). Les valeurs typiques de pH vont de 0 à 14, 7 étant considéré neutre (Lefevre et *al*, 2020). Le pH interagit avec d'autres paramètres chimiques tels que la dureté, l'alcalinité, la turbidité et la

conductivité (Savary, 2010), et il est une mesure de l'activité chimique des protons dans la solution.

Si le pH est inférieur à 6,5, l'eau est acide et peut entraîner une corrosion des matériaux en contact, comme les conduites.

Si le pH est supérieur à 9, l'eau est alcaline et peut devenir incrustante et calcaire, ce qui peut altérer la composition chimique de certains éléments, comme les produits désinfectants (Lefevre et al, 2020).

Les valeurs de pH dans les eaux naturelles se situent généralement entre 6,5 et 8,5 (Ghazali et al, 2013).

Dans les industries et les laboratoires, le pH peut être ajusté si nécessaire pour améliorer les processus de traitement, tels que la coagulation/floculation, et pour contrôler la désinfection de l'eau (Fondation Nationale de Santé, 2013). Les eaux peuvent être classées en fonction de leur pH (voir tableau 3).

Tableau 3:Classification des eaux d'après leur pH

PH<5	Acidité forte, présence d'acides minéraux où organiques dans les eaux naturelles
PH=7	PH neutre
7<PH<8	Neutralité approchée, majorité des eaux de surface
5,5<PH<8	Majorité des eaux souterraines
PH=8	Alcalinité forte, évaporation intense

Source (IBRI&TALEB, 2016)

3.2.4. Conductivité

La conductivité d'une eau est la capacité de celle-ci à conduire un courant électrique. Cette eau est déterminée par plusieurs facteurs tels que la teneur en substances dissoutes, la charge ionique, la capacité d'ionisation, la mobilité et la température de l'eau. La minéralisation de l'eau est renseignée grâce à la conductivité (Rodier et al, 2009). Le principe de la conductivité est simple c'est le passage d'un courant électrique grâce à deux électrodes en platine d'une surface de 1 cm² et séparée par une distance de 1 cm. Elle est exprimée en micro siemens par centimètre (µS/cm) (Ghazali et al, 2013). Elle est mesurée à 20 °C.

La qualité de l'eau peut être classée selon sa conductivité d'une eau excellente a une eau de minéralisation excessive (tableau 4).

Tableau 4: Classification des eaux par rapport à leur conductivité et leur minéralisation

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Niveau de minéralisation	Description
<250	Faible minéralisation	Eau de pluie, eau de surface peu minéralisé
250 à 750	minéralisation modérée	Eaux de surface, eau souterraines
750 à 2000	Haute minéralisation	Eaux de Pui, eaux salines
>à 2000	minéralisation excessives	Eaux de mer, aquifère profond

Source (HEM, 1985)

3.2.5. Résidus sec

Les résidus secs est la teneur de l'eau en minéraux. L'évaluation de la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles est déterminée grâce aux résidus secs de l'eau obtenue après une évaporation (Rodier, 2005). La potabilité de l'eau peut être classée en fonction de la présence des résidus secs dans l'eau.

Tableau 5: Potabilité de l'eau en fonction des résidus sec (Rodier, 2005).

TDS (mg/L)	Classification	Description	Potabilité
< 50	Très faiblement minéralisée	Eau presque pure, très peu de minéraux dissous	Très bonne, idéale pour des applications spéciales
50 - 150	Faiblement minéralisée	Eau douce, faible teneur en minéraux	Excellente pour la consommation
150 - 500	Modérément minéralisée	Eau de bonne qualité, teneur en minéraux suffisante pour le goût	Très bonne pour la consommation
500- 1000	Moyennement minéralisée	Eau potable acceptable, goût perceptible des minéraux	Acceptable pour la consommation
1000 - 2000	Fortement minéralisée	Eau avec goût prononcé, peut ne pas être agréable à boire	Marginalement potable, goût affecté
> 2000	Très fortement minéralisée	Eau avec goût très prononcé, souvent considérée non potable	Généralement non potable

Source (EPA, 2022)

3.2.6. Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence d'ions hydroxyles (OH^-), de carbonates (CO_3^{2-}) et de bicarbonates (HCO_3^-), ainsi que, dans une moindre mesure, d'ions phosphates (PO_4^{3-}) et de silicates (HSiO_3^-), et des espèces moléculaires des acides faibles étroitement liées à la dureté. En général, son niveau est particulièrement influencé par la présence de CO_3^{2-} et de HCO_3^- . Dans les eaux naturelles, l'alcalinité exprimée en HCO_3^- varie généralement de 10 à 350 mg/l. Elle peut être augmentée par des apports urbains (phosphates, ammoniacque, matières organiques) ou industriels (produits basiques ou acides).

Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) sont utilisés pour quantifier l'alcalinité d'une eau. Ils reflètent respectivement les concentrations en OH^- et en CO_3^{2-} , ainsi que l'ensemble des anions HCO_3^- , CO_3^{2-} , OH^- , HSiO_3^- , etc. Dans le cas des eaux potables, où la concentration en OH^- est généralement négligeable, l'alcalinité est principalement constituée de HCO_3^- ou d'un mélange de CO_3^{2-} et HCO_3^- :

Eau ne contenant que des hydrogénocarbonates : $\text{TA} = 0$, $\text{TAC} = \text{HCO}_3^-$.

Eau contenant un mélange de carbonates/hydrogénocarbonates :

$$\text{TA} = \text{CO}_3^{2-}/2, \text{TAC} = \text{HCO}_3^- + 2 \text{TA}.$$

Ces mesures sont essentielles pour évaluer l'agressivité d'une eau, car elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique et peuvent influencer la stabilité chimique et la qualité globale de l'eau.

3.2.7. Dureté totale

La dureté ou titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations de Ca^{2+} et Mg^{2+} à l'exception des alcalins. Une eau est dite douce, lorsqu'elle est pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle en est riche (LEDLER, 1986).

Les eaux peuvent être classées selon leur dureté.

Tableau 6: Classification des types d'eau selon la dureté totale

Dureté (°f)	Spécificité de l'eau
00 < Dureté < 07	Eau très douce
07 < Dureté < 15	Eau douce
15 < Dureté < 30	Eau plutôt dure
30 < Dureté < 40	Eau dure
Dureté >40	Eau très dure

Source (Lefevre et *al*, 2020).

3.2.8. Minéralisation globale

- **Calcium (Ca^{2+})**

Le calcium est généralement l'élément prédominant dans les eaux potables, sa concentration variant principalement selon la nature des terrains traversés, qu'ils soient calcaires ou gypseux (Rodier et al., 2009). Il provient de la dissolution des roches calcaires et peut causer des précipitations. L'adoucissement de l'eau permet de réduire sa présence (Si Abderrahmane, 2016). Les effets indésirables liés à la présence de calcium dans l'eau potable sont principalement d'ordre organoleptique ou esthétique, en raison de sa contribution à la dureté. La concentration maximale admise est généralement fixée à 200 mg/l selon les normes locales pour l'eau potable (ADE, 2016). L'évaluation de sa concentration peut être réalisée par spectrométrie d'absorption atomique ou par dosagetitrimétrique à l'EDTA (Potelon et Zysman, 1998). Le calcium joue un rôle crucial dans la croissance, l'entretien du squelette, ainsi que dans le fonctionnement du système nerveux et la coagulation sanguine.

- **Magnésium (Mg^{2+})**

Le magnésium est un minéral essentiel pour la santé humaine, nécessaire à l'activation des systèmes enzymatiques dans l'organisme et à la transmission des informations du cerveau aux muscles. Souvent considéré comme un relaxant naturel, il est largement présent dans le corps humain, principalement concentré dans les os (Martin, 2001). Il contribue principalement à la dureté de l'eau, avec une concentration maximale admissible fixée à 50 mg/l. Bien que l'eau brute puisse dépasser cette limite, un traitement approprié permet de réduire cette concentration (ADE, 2021).

- **Sodium (Na⁺)**

Le sodium est un élément alcalin présent sous forme d'ion Na⁺ dans les sels, avec une concentration variable dans l'eau. Bien qu'il soit très soluble, sa présence dans les eaux brutes est généralement faible. Une teneur en sodium dépassant 200 mg/l peut affecter la qualité organoleptique de l'eau (Si Abderrahmane, 2016). Le sodium joue un rôle crucial dans la régulation de l'eau dans le corps et s'associe à d'autres sels pour maintenir l'équilibre hydrique.

- **Potassium (K⁺)**

Le potassium est le cation le plus abondant dans le liquide intracellulaire et joue un rôle crucial dans de nombreuses fonctions cellulaires, ainsi que dans l'élimination et la prévention des crampes musculaires, pour lesquelles les besoins quotidiens de l'organisme sont significatifs (Houillier et *al*, 2004). Sa concentration est généralement constante et ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l, sauf dans des contextes géologiques spécifiques où elle peut atteindre 20 à 25 mg/l.

- **Chlorure (Cl⁻)**

Les sels de chlore, tels que le chlorure de sodium (NaCl), le chlorure de potassium (KCl) et le chlorure de calcium (CaCl₂), sont très solubles dans l'eau et sont couramment présents dans les réserves d'eau douce (Atallah, 2014). La concentration en ion Cl⁻ dans les eaux naturelles est généralement inférieure à 50 mg/l, mais peut atteindre des valeurs plus élevées au contact de certaines formations géologiques (Potelon et Zysman, 1998 ; Meghzili, 2003). Lorsque la concentration en chlorures dépasse 250 mg/l, notamment en présence de NaCl, l'eau peut acquérir une saveur désagréable (Rodier, 2005). La limite recommandée pour les chlorures dans l'eau potable est fixée à 500 mg/l selon les normes en vigueur (ADE, 2021).

3.3. Paramètres indésirables et pollution

3.3.1. Métaux lourds

- **Cadmium (Cd²⁺)**

Le cadmium, un métal relativement rare dans la croûte terrestre, se trouve généralement sous forme de traces dans la plupart des sols. Bien qu'il ne soit pas très soluble dans l'eau, certains de ses sels le sont. Le cadmium est considéré comme un élément non essentiel mais toxique pour l'homme, même à faible dose, en raison de son effet cumulatif et de sa lente élimination du corps (Potelon et Zysman, 1998). La concentration maximale recommandée dans l'eau potable est de 0,005 mg/l.

- **Cuivre(Cu²⁺)**

Le cuivre est un métal largement répandu et utilisé dans de nombreuses applications industrielles et domestiques. Il est généralement peu toxique pour l'homme mais peut être très toxique pour les plantes aquatiques. C'est pourquoi il est utilisé pour contrôler la croissance des algues dans les piscines, ce qui nécessite de limiter sa concentration dans les eaux de surface (Atteai, 2005). Les eaux souterraines normales contiennent généralement moins de 0,005 mg/l de cuivre (Collin, 2004).

- **Plomb (Pb²⁺)**

Le plomb est un métal abondant dans la croûte terrestre, souvent présent sous forme de dérivés peu solubles. Il peut être introduit dans l'environnement par l'air, les rejets industriels (notamment les peintures) et les eaux de ruissellement, contribuant ainsi à sa présence dans l'eau (Tardat et Beaudry, 1984). L'absorption et l'accumulation de plomb dans l'organisme peuvent provoquer le "Saturnisme", une maladie grave qui affecte particulièrement les enfants et les nourrissons en causant des troubles neurologiques. L'OMS recommande une concentration maximale admissible de 0,05 mg/l dans l'eau potable.

3.3.2. Fer (Fe²⁺)

Le fer est un élément commun dans la croûte terrestre, avec une présence significative dans les eaux souterraines, atteignant typiquement 4,5 à 5%. Sa concentration dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques locales. Dans les zones de faible perméabilité ou en présence de conditions de faible oxygène, le fer peut se dissoudre dans l'eau sous l'influence de l'activité microbienne du sol, nécessitant des conditions spécifiques de pH et de potentiel d'oxydoréduction (Rejsek, 2002). Les normes de potabilité sont généralement basées sur des considérations esthétiques, notamment le seuil gustatif, et ne doivent pas dépasser 0,3 mg/l dans l'eau destinée à la consommation humaine (Potelon et Zysman, 1998).

3.3.3. Aluminium (Al³⁺)

L'aluminium est présent dans l'eau sous forme de sels solubles, colloïdaux ou composés insolubles. Les principales sources d'aluminium dans l'environnement incluent les rejets industriels, l'érosion des sols, le lessivage des minéraux ainsi que la contamination par les poussières atmosphériques et les précipitations (Potelon et Zysman, 1998).

3.3.4. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont présents dans le sol, les eaux et les plantes en quantités relativement faibles. Ils résultent principalement de l'oxydation incomplète de l'ammoniac ou de la réduction des nitrates sous l'action de micro-organismes dénitrifiant. La présence de nitrites dans l'eau est souvent indicatrice d'une détérioration de la qualité microbiologique et doit être considérée avec suspicion (Potelon et Zysman, 1998).

3.3.5. Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont le produit final de l'oxydation de l'azote organique. Ils sont largement répandus dans le sol, les eaux et les plantes, où ils jouent un rôle essentiel dans la synthèse végétale. Solubles dans l'eau, les nitrates se retrouvent naturellement à faible concentration dans les eaux souterraines et de surface. Cependant, les activités humaines telles que les effluents industriels, agricoles et urbains peuvent augmenter significativement leur concentration dans les eaux (Potelon et Zysman, 1998).

3.3.6. Ammonium (NH_4^+)

L'ammonium est une forme réduite et soluble de l'azote dans l'eau, présente sous deux formes : ammonium (NH_4^+) et ammoniaque (NH_3). La forme non ionisée d'ammoniaque est toxique et sa toxicité dépend du pH et de la température de l'eau (Rodier et al., 1996). L'ammonium est considéré comme un indicateur de pollution et doit être éliminé, car il peut favoriser la prolifération des bactéries dans les réseaux de distribution d'eau. Dans les eaux souterraines non contaminées, la concentration d'ammonium est généralement très faible et est limitée à 0,5 mg/l selon les normes de l'ADE (2021).

3.3.7. Orthophosphates (PO_4^{3-})

Les Orthophosphates dans l'eau se réfèrent aux composés phosphorés solubles contenant un seul groupe phosphate (PO_4^{3-}). Ils sont généralement présents sous forme de phosphates inorganiques dissous, notamment les phosphates monobasiques (HPO_4^{2-}) et les phosphates dibasiques (H_2PO_4^-), qui résultent souvent de l'activité humaine comme l'agriculture, le traitement des eaux usées, et l'utilisation de détergents (WHO, 2011).

3.3.8. Matière organique (MO)

La matière organique dans l'eau fait référence à toute substance d'origine biologique qui est soluble, colloïdale ou particulaire dans l'eau. Elle est principalement constituée de composés carbonés dérivés de débris végétaux ou animaux, de microorganismes et de produits de leurs

activités métaboliques. La présence de matière organique dans l'eau peut affecter sa couleur, son odeur, son goût et sa turbidité. Elle peut également influencer la qualité microbiologique de l'eau en fournissant des nutriments pour la croissance des microorganismes, ce qui peut être bénéfique ou nuisible selon les circonstances (WHO, 2003).

3.3.9. Sulfates (SO₄²⁻)

Les sulfates dans l'eau sont des composés chimiques contenant l'ion sulfate (SO₄²⁻). Ils sont généralement présents sous forme de sels solubles tels que le sulfate de sodium (Na₂SO₄) ou le sulfate de calcium (CaSO₄). Les sulfates se trouvent naturellement dans les eaux de surface et souterraines, et leur concentration peut varier en fonction de la géologie locale. Les sources principales de sulfates dans l'eau comprennent le lessivage des sols, les eaux de drainage minier et les effluents industriels.

La présence de sulfates dans l'eau peut influencer son goût, mais à des concentrations élevées, elle peut également avoir des effets laxatifs légers sur les individus non habitués. Les sulfates ne sont généralement pas toxiques pour la santé humaine à des concentrations normales dans l'eau potable, bien que des concentrations élevées puissent être indicatives de la présence d'autres contaminants, tels que des métaux lourds, qui peuvent être toxiques.

Les normes de qualité de l'eau potable fixent souvent des limites pour les sulfates afin de garantir une eau sans risque pour la consommation humaine. (L'OMS)

3.4. Paramètres bactériologiques

Les paramètres bactériologiques sont l'étude de la contamination de l'eau par les microorganismes. La contamination d'une eau de distribution par les microorganismes peut provoquer des maladies, des troubles gastro-intestinaux, diarrhées, vomissements. (CHOUTI, 2006). L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues (HASLAY C. ET LECELER H., 1993) Leur absence doit être totale; L'eau ne doit contenir aucune bactérie et aucun virus pathogène. Tous les germes ne peuvent être analysés, et le choix a donc été fait d'en détecter certains (*Escherichia coli*, *Entérocoques*...) qui constituent des germes tests et des indicateurs de pollution. Leur absence doit être totale, elle devient ainsi une eau non potable.

Le but d'une étude bactériologique n'est pas de faire un inventaire des microorganismes mais de chercher des espèces qui sont dues à une contamination extérieure. La recherche et le dénombrement des bactéries indicatrices de la contamination fécale (Ghazali et Zaid, 2013),

telles que les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux à 27 et 37°C et les *Clostridium perfringens* sont effectués.

3.4.1. Germes totaux :

Elles se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (BOURGEOIS, MESCLE et ZUCCA, 1991). Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser (RODIER, 2005).

3.4.2. Coliformes :

Sous ce terme est groupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des *Enterobacteriaceae* et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques.

L'OMS définit les coliformes comme étant des organismes en bâtonnets, non sporogones, à Gram négatif, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires. Elles fermentent le lactose et le mannitol et produisent l'acide et l'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C (Rodier *et al*, 2009).

3.4.3. Les streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des cocci Gram positifs, formant des chainettes en milieu de culture liquide, catalase négative, capables d'hydrolyser l'esculine et de se cultiver à 44 °C. Les espèces appartenant au groupe des streptocoques fécaux englobent le genre *Enterococcus* et les streptocoques du groupe antigénique D. Le genre *Enterococcus* comprend plusieurs espèces, qu'on retrouve souvent dans le tractus gastro-intestinal des humains et de plusieurs animaux. L'origine des streptocoques du groupe D sont les déjections animales, les streptocoques sont présents dans les intestins de l'homme et des animaux à sang chaud et sont considérés comme hôte normaux. Leur recherche associée à celle des coliformes fécaux constitue un bon indice de contamination fécale. Les coliformes fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente alors que la contamination d'origine fécale ancienne est due aux streptocoques fécaux (Afnor, 1994).

Ces streptocoques sont généralement pris en compte comme témoins de pollution fécales (Rodier *et al*, 2009).

Chapitre III :

Présentation de l'Eau embouteillée en

Algérie et la réglementation

L'eau embouteillée est une ressource essentielle en Algérie, où les conditions climatiques et les infrastructures influencent fortement l'accès à l'eau potable. Ce chapitre explore le secteur de l'industrie de l'eau embouteillée en Algérie qui est en pleine expansion et répondant à une demande croissante en eau potable de qualité. Cependant, elle doit faire face à des défis environnementaux et de gestion des ressources naturelles. La réglementation stricte en vigueur vise à garantir la sécurité et la qualité de l'eau embouteillée pour protéger les consommateurs et promouvoir une exploitation durable des ressources naturelles. L'équilibre entre la satisfaction des besoins des consommateurs et la préservation de l'environnement est essentiel pour l'avenir de cette industrie en Algérie.

1. Industrie de l'eau embouteillée en Algérie

L'industrie de l'eau embouteillée en Algérie a connu une croissance significative ces dernières années en raison de plusieurs facteurs :

- **Qualité de l'eau municipale** : Dans certaines régions, la qualité de l'eau du robinet peut être perçue comme insuffisante, poussant les consommateurs vers l'eau embouteillée.
- **Confiance des consommateurs** : Les consommateurs font davantage confiance à l'eau embouteillée pour ses standards de qualité et de sécurité.
- **Urbanisation et tourisme** : L'urbanisation rapide et le développement du tourisme augmentent la demande d'eau embouteillée.

Quelques marques sur le marché algérien : **Ifri, Lala Khedidja, Guedila, Toudja, Mesreghine, cristal, Qniaaet Saida.**

2. Réglementation de l'Eau Embouteillée en Algérie

La réglementation de l'eau embouteillée en Algérie est stricte pour garantir la sécurité et la qualité de l'eau mise sur le marché. Voici quelques aspects clés de cette réglementation :

2.1. Cadre Légal

Décret Exécutif n° 93-201 du 6 septembre 1993 : Il fixe les conditions d'exploitation des eaux destinées à la consommation humaine.

Décret Exécutif n° 01-49 du 17 février 2001 : Modifie et complète les dispositions du Décret Exécutif n° 93-201, en mettant l'accent sur le contrôle de qualité et la traçabilité.

2.2. Normes de Qualité

• **Norme Algérienne NA 134** : Spécifie les critères de qualité pour l'eau de source et l'eau minérale naturelle. C'est un processus ayant pour objet de fournir des documents de référence comportant des solutions à des problèmes techniques et commerciaux concernant les produits biens services qui se posent de façon répétée dans des relations entre partenaires économiques ,scientifique, technique et sociaux.

• **Contrôles périodiques** : Les autorités sanitaires effectuent des contrôles réguliers pour s'assurer de la conformité des produits aux normes en vigueur.

2.3. Étiquetage et Traçabilité

Étiquetage : L'étiquette doit inclure des informations détaillées sur la source de l'eau, les minéraux présents, la date de mise en bouteille et la date limite de consommation.

L'importance de l'étiquetage :

- L'étiquette est placée directement sur la bouteille d'eau. Un marquage au laser permet d'inscrire la date limite optimale de l'eau et le numéro du lot auquel elle appartient afin d'en assurer la traçabilité.
- Les mentions obligatoires qui doivent être indiqués sur l'étiquetage sont :
- La dénomination de vente, comme par exemple : « Eau minérale Naturelle, Eau de source ».
- Le volume net.
- La mention « à consommer de préférence avant le : » suivie de la date limite optimale ou de l'indication du lieu où elle est sur l'emballage.
- Les conditions particulières de conservation et d'utilisation.
- Le nom et l'adresse du fabricant ou du conditionneur.
- Le lot de fabrication.
- La mention de la composition physico-chimique, précisant les constituants caractéristiques.
- Le lieu où sont exploités la source et le nom de celle-ci.
- L'indication des traitements éventuels

Traçabilité : Les producteurs doivent garantir la traçabilité de l'eau depuis la source jusqu'au consommateur final.

3. Défis et Opportunités

3.1. Défis

- **Accès à des sources fiables** : L'exploitation durable des sources d'eau est cruciale pour éviter l'épuisement des ressources naturelles.

- **Impact environnemental** : La gestion des déchets plastiques liés aux bouteilles d'eau pose un problème environnemental majeur.

3.2. Opportunités

- **Innovation et durabilité** : Le développement de technologies de purification et de conditionnement plus écologiques.

- **Expansion du marché** : L'exportation vers les pays voisins et la diversification des produits peuvent offrir de nouvelles opportunités économiques.

Tableau 7: les normes algériennes de quelques paramètres de l'eau potable

Groupes de paramètres	paramètres	symbole	Unités	Normes algériennes
Paramètres physico-chimique	Potentiel hydrogène	PH	/	6,5 à 9
	Conductivité	/	Us/cm a20°C	<2800
	Température	T	°C	25
	Dureté	TH	Mg/l	<200
	Oxygène dissout	O ₂ dissout	/	<8
	turbidité	/	NTU	<5
	Calcium	Ca ²⁺	Mg/l	<200
	Magnésium	Mg ²⁺	Mg/l	<50
	Chlorure	Cl ⁻	Mg/l	<400
	Ammonium	NH ₄ ⁻	Ug/l	<0,5
	Potassium	K	Mg/l	<12
	Fluorure	N	Mg/l	<1,5
	Fer	Fe ²⁺	Mg/l	<0,3
	Nitrate	NO ₃ ⁻	Mg/l	<50
	Nitrite	NO ₂ ⁻	Mg/l	<0,2
	Sulfate	SO ₄ ²⁻	Mg/l	<400
	Sodium	Na	Mg/l	<200
	UV	/	Abs/cm	/
	Orthophosphates	PO ₄ ³⁻	Mg/l	<0.1
	Matière en suspension	MES	Mg/l	<5
Résidu sec	RS	Mg/l	<1500	
Carbone libre	Co ₂	/	/	
civre	Cu	Mg/l	<0,01	
Cadmium	Cd	Mg/l	<0,003	
plomb	Pb	Mg/l	<0,01	
TAC	/	°F		
Paramètres Organoleptique	Couleur	/	Mg/l platine	15
	Odeur	/	Taux dilution	4
	saveur	/	Taux dilution	4
Paramètres bactériologique	Escherichia coli	E. coli	UFC	0
	Coliforme totaux	CFT	UFC	0
	streptocoque	ST	UFC	0

Source (INNOR journal, 2024)

Partie pratique

Chapitre I :

Description des zones d'étude

1. Description de la zone de Guedila

La zone de production de l'eau minérale Guedila se trouve dans la région de Guedila, dans la wilaya de Sétif, située à l'est de l'Algérie. Cette région, qui se situe à environ 500 mètres d'altitude, est située au sud de la chaîne montagneuse des Hauts Plateaux algériens. La source a été découverte en 1986 par la famille Hougoui. L'eau minérale de Guedila est réputée pour sa pureté et son équilibre en minéraux (BOUABDELLAH *et al.* 2008)

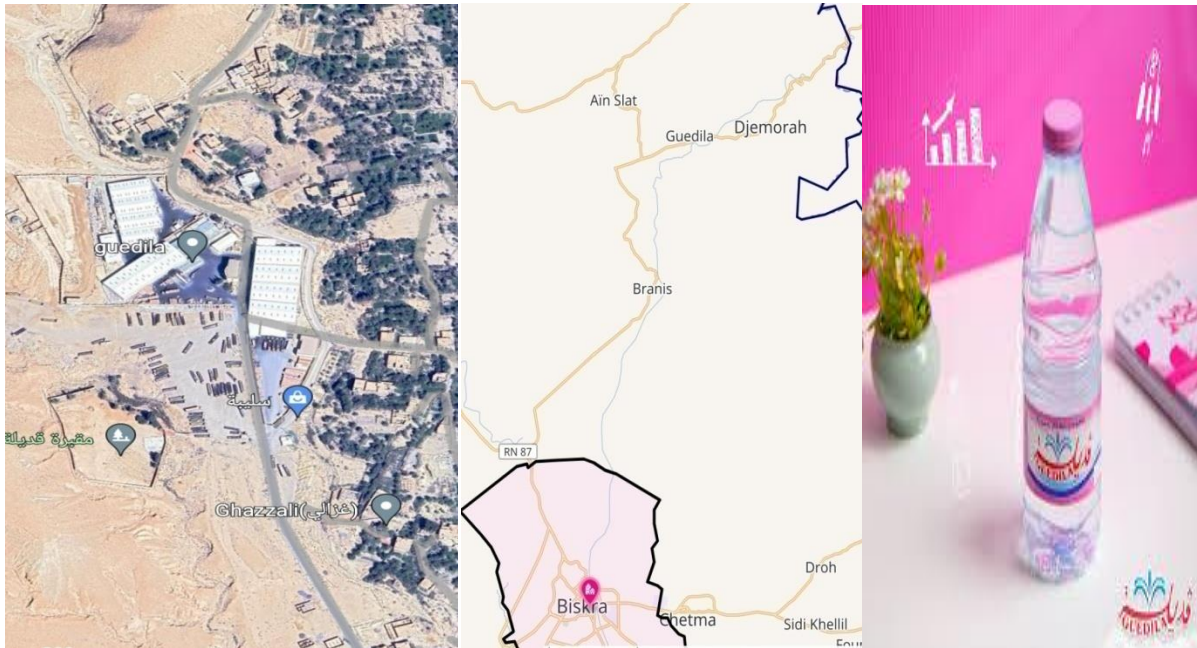


Fig. 1: Situation géographique Guedila (Google EARTH.2024)

1.1. Géologie et Types de Roches

- **Roches** : La région est principalement composée de formations géologiques calcaires et dolomitiques. Ces types de roches sont typiques des environnements karstiques, où l'eau peut s'infiltrer et se purifier naturellement.

- **Origine** : Les roches calcaires et dolomitiques sont d'origine sédimentaire, formées par la compression de sédiments marins anciens riches en carbonate de calcium et magnésium. (CHERIFI *et al.* 2010)

1.2. Environnement

- **Écologie** : La zone environnante se caractérise par des paysages semi-arides avec une végétation adaptée aux conditions locales. La préservation de cet environnement naturel est cruciale pour maintenir la qualité de la source d'eau.

- **Climat** : La région connaît des hivers froids et des étés chauds et secs, ce qui favorise la recharge des nappes phréatiques.

2. Description de la Zone de Lalla Khadîdja

Lalla Khadîdja se situe dans le massif du Djurdjura, en Kabylie, au nord de l'Algérie. Ce massif atteint plus de 2300 mètres d'altitude et se trouve à 140 km à l'est d'Alger et à 50 km au sud de la côte méditerranéenne.

2.1. Géologie et Types de Roches

- **Roches** : La région est dominée par des formations calcaires et dolomitiques, typiques des montagnes karstiques. Ces roches sont reconnues pour leurs grottes et leurs paysages érodés.

- **Origine** : Les roches calcaires du Djurdjura sont d'origine sédimentaire, formées il y a des millions d'années par l'accumulation de coquillages, coraux et autres organismes marins. (MERZOUG *et al.* 2017)

2.2. Environnement

La zone abrite une biodiversité riche avec une flore et une faune endémiques. Les versants sont couverts de forêts de cèdres et de pins, tandis que des plantes alpines poussent près des sommets. Le climat est méditerranéen montagnard, caractérisé par des hivers froids et neigeux et des étés doux (BENSLAMA *et al.*, 2013).

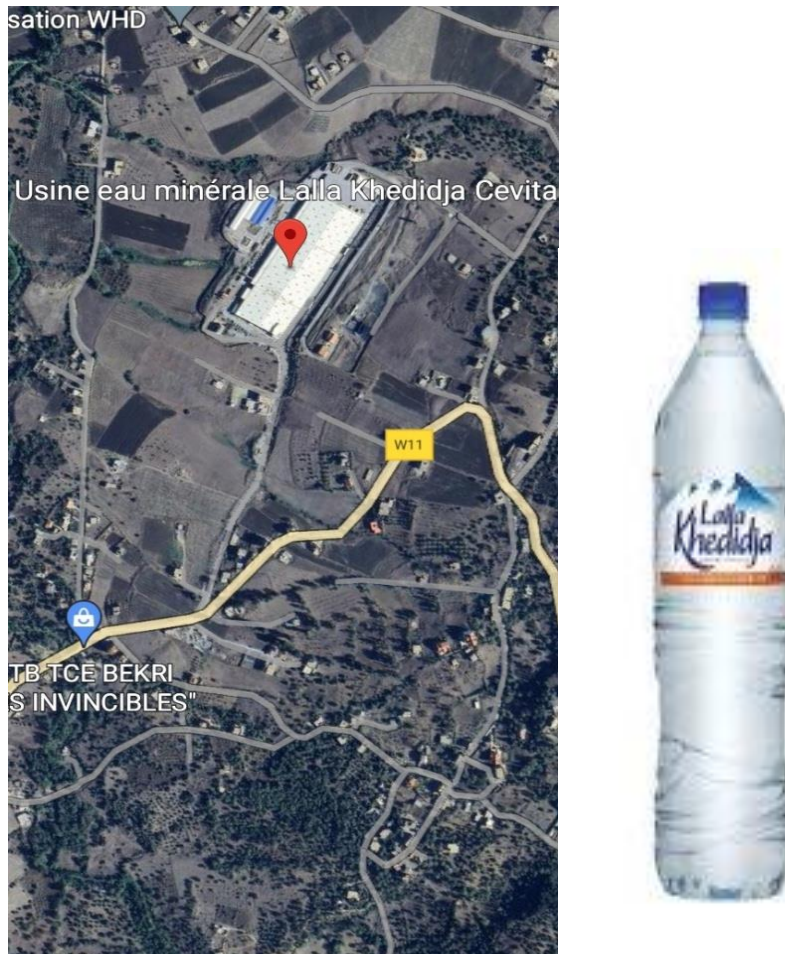


Fig.2: Situation géographique Djurdjura (Lalla Khedidja), (Google Earth, 2024)

3. Description de la Zone d'Étude Toudja

La zone de production d'eau minérale Toudja se trouve dans la région de Bejaïa, en Algérie, précisément dans la vallée de la Soummam. La source est située à environ 600 mètres d'altitude, dans un environnement montagneux riche en végétation méditerranéenne et en biodiversité. La préservation de cette zone naturelle est cruciale pour maintenir la qualité et la pureté de la source d'eau minérale. Le climat méditerranéen de la région, avec des hivers doux et humides et des étés chauds et secs, favorise la recharge des nappes phréatiques.

L'eau minérale de Toudja est renommée pour sa pureté et sa teneur équilibrée en minéraux essentiels. Lors de son passage à travers les roches calcaires, l'eau s'enrichit en calcium, magnésium et bicarbonates, ce qui lui confère des propriétés bénéfiques pour la santé (ZOUARI *et al.* 2011).

3.1. Géologie et Types de Roches

- **Roches** : La région de Toudja est principalement constituée de roches calcaires. Ces formations géologiques sont caractéristiques des zones karstiques, où l'eau de pluie s'infiltré et se purifie à travers les couches de calcaire avant de réapparaître sous forme de sources.

- **Caractéristiques géologiques** : Le sous-sol est riche en calcite, et les formations rocheuses comprennent des dolomies et des marbres, contribuant à la minéralisation de l'eau. L'infiltration de l'eau à travers ces roches permet un processus naturel de filtration et d'enrichissement en minéraux (SAIBI *et al.* 2014).



Fig.3: Situation géographique de Toudja (Google earth.2024)

4. Description de la Zone d'Étude du Barrage Takesabt

Le barrage Takesabt est implanté dans la région montagneuse de Kabylie, au nord de l'Algérie, à environ 15 km au sud de la ville de Tizi-Ouzou. Cet ouvrage joue un rôle vital dans la gestion des ressources en eau de la région, étant donné sa localisation dans une zone montagneuse où les roches prédominantes sont des formations calcaires et dolomitiques riches en carbonate de calcium et magnésium.

La zone environnante du barrage Takesabt est caractérisée par une biodiversité abondante, avec une végétation méditerranéenne dense. Les flancs des montagnes sont recouverts de forêts de chênes, de pins et de cèdres, dont la préservation est essentielle pour maintenir l'équilibre écologique de la région. Le climat méditerranéen qui règne dans cette zone se caractérise par des hivers doux et humides, ainsi que des étés chauds et secs. Ces conditions climatiques favorisent la recharge des nappes phréatiques et assurent le maintien des niveaux d'eau du barrage.



Fig.4: barrage Takesabt Tizi-Ouzou(Google earth.2024)

4.1. Présentation de la station de potabilisation du barrage de Takesabt

La station dont il est question est localisée dans la wilaya de Tizi-Ouzou, précisément dans la région de Tala Bounan et Beni Aissi. Elle a été mise en service en juillet 2008 et a été initialement construite par SNC LAVALIN / DEGREMONT. La gestion de cette station était assurée par SNC LAVALIN jusqu'en 2013. À partir du 18 juillet 2013, la responsabilité de son exploitation a été transférée à la Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL). Depuis lors, cette station est devenue le principal ouvrage de traitement d'eau géré par la SEAAL, représentant également la plus importante station de traitement d'eau potable en Algérie. La production nominale de la station de traitement est de 605 000 m³/j (7000 l/s) basée sur un

approvisionnement en eau brute de 616 000 m³/j, prenant en compte un débit recyclé de 5% du débit d'eau brute.



Fig.5 : Maquette de Station de traitement SEAAAL

4.2. Techniques utilisées pour le traitement des eaux

4.2.1. Prétraitement

- **Dégrillage** : Au niveau du barrage Takesabt, des procédés physiques sont mis en œuvre pour retenir les gros déchets avant le traitement de l'eau. Une grille est utilisée pour capturer les débris volumineux, évitant ainsi les complications potentielles lors des étapes de traitement ultérieures. Cela permet de prévenir l'accumulation de matières indésirables et simplifie le processus global de traitement de l'eau.

Peroxydation : à l'arrivée de l'eau brute dans la station (chambre d'arrivée) le chlore gazeux Cl₂ est injecté pour oxyder et éliminer les microorganismes, parasites algues (pré-chloration). La dose du chlore à injecter est déterminée par le test « demande en chlore » afin d'assurer un taux de chlororésiduel entre 0.2 à 0.6 mg/l. Ensuite l'eau passe à la chambre de mélange où on injecte les réactifs suivants :

Permanganate de potassium (KMNO₄) pour limiter le fer et le manganèse.

Charbon actif (CAP) pour régler les paramètres organoleptiques.

Acide sulfurique pour ajuster le pH.

L'ouvrage de répartition permet deux choix d'exploitations : Une répartition équilibrée du débit vers les décanteurs Pulsatube (2 filières de 4 décanteurs chacune).

· De répartir le débit vers les ouvrages de by-pass des décanteurs (1 canal pour chaque filière).

Lorsque les canaux de by-pass sont utilisés, un polymère y est injecté, de manière à assurer une floculation directement sur les filtres.

4.2.2. Clarification est une étape cruciale dans le traitement des eaux de surface, visant à rendre l'eau limpide en éliminant les matières en suspension et en réduisant la turbidité. Le charbon actif en poudre est un matériau poreux doté d'une surface spécifique très importante, ce qui lui permet d'adsorber et de dégrader les matières organiques naturelles ainsi que les micropolluants organiques par voie microbiologique.

- **Coagulation/Floculation** : Ce processus physico-chimique vise à déstabiliser les matières colloïdales par l'ajout de sulfate d'alumine et de polymères.

- **Décantation** : L'eau est répartie dans les décanteurs lamellaires à lits de boue appelés Pulsa-tube depuis le canal de répartition, se situant à la sortie de la chambre de mélange ; dont le débit maximal théorique unitaire est de 4500 m³/h. Du polymère est injecté à l'entrée de chacun des décanteurs, qui permet la concentration des MES en flocs plus facilement décantés. L'objectif de la décantation est de séparer les particules floculées de l'eau clarifiée. Les particules colloïdales ne peuvent être décantées efficacement que si elles entrent en contact entre elles pour former des flocs de plus grande taille. Une partie des MES décantée est conservée en fond d'ouvrage formant un lit de boues qui occupe un volume apparent variable selon sa densité et la vitesse de l'eau.

Injection possible de chlore après les clarificateurs (inter-chloration) pour le contrôle biologique. L'eau clarifiée, située près de la surface est dirigée vers les filtres

Filtration : La filtration est le processus qui vient juste après la décantation. L'eau venant des décanteurs ou flocculateurs passe par gravité à travers des filtres à sable qui fonctionnent en alternance par groupe de 12 afin d'éliminer toutes les MES présentes dans l'eau décantée et certaines bactéries. L'eau est ensuite filtrée par gravité à travers la couche de sable puis collectée par des bosselures traversant la dalle planchée qui supporte les matériaux filtrants. L'eau est ensuite dirigée vers le canal d'eau filtrée.

Le lavage des filtres se fait à l'eau et à l'air, à contre-courant en inversant les sens d'écoulement de l'eau, c'est-à-dire de bas en haut en se servant d'eau filtrée provenant du deuxième filtre. L'eau de lavage, étant chargée, est collectée puis dirigée vers le bassin d'équilibre et la filière de traitement des boues.

4.2.3. Désinfection et Stockage de l'Eau Traité

L'eau du canal d'eau filtrée de chaque filière est dirigée vers les cuves de contact ou la

désinfection finale de l'eau traitée est faite, après injection de chlore (post chloration) qui est le réactif le plus utilisé pour assurer la désinfection grâce à sa grande efficacité à l'état de traces. La sortie des cuves de contact, vers les réservoirs d'eau traitée, se fait par-dessus un déversoir. Par conséquent, le niveau d'eau dans les cuves de contact en service est quasiment constant. Le lait de chaux est injecté au dessus du déversoir.

4.2.4. Réservoir d'Eau Traité et Chambre de Sortie

Les réservoirs d'eau traitée servent de bassins de stockage, offrant une réserve de production de 3 heures à débit nominal (605 000 m³/j). Ils débouchent dans une chambre de sortie qui assure la distribution de l'eau vers les conduites de sortie d'eau traitée. Les pompes d'eau de service et les pompes de dilution de chaux sont également alimentées depuis cette chambre.

4.3. Traitements des boues

4.3.1. Dessaleurs : Les dessaleurs reçoivent l'eau de lavage des filtres qui passent d'abord à travers deux pièges à sable où le sable du filtre est retenu, éventuellement emporté pendant le processus de lavage, puis pompé vers le réservoir d'équilibre. Le polymère anionique est injecté pour lui permettre de décanter, ce qui donne des boues qui se décantent au fond de l'ouvrage. Ils sont ensuite extraits et pompés vers un réservoir d'équilibre. D'autre part, le surnageant (eau propre) .

4.3.2. Traitement de boues

Les boues des décanteurs sont mélangées à celles du traitement des eaux de lavage des filtres dans le bassin d'équilibre qui permet d'uniformiser le débit à acheminer vers les épaisseurs. Les boues y sont maintenues en suspension par agitation mécanique, elles sont ensuite pompées dans le répartiteur où s'effectue l'injection du polymère, puis dirigées vers les épaisseurs circulaires, où un temps de séjour suffisamment long, et une agitation suffisamment faible, permettent le passage des boues en fond d'ouvrage et l'aséparation de l'eau en surface (surnageant). Un raclage de fond rotatif transporte les boues épaissies vers la fosse centrale, d'où elles sont extraites. Elles sont finalement pompées vers les lagunes de stockage ou elles vont sécher naturellement et le surnageant est évacué vers le trop plein.

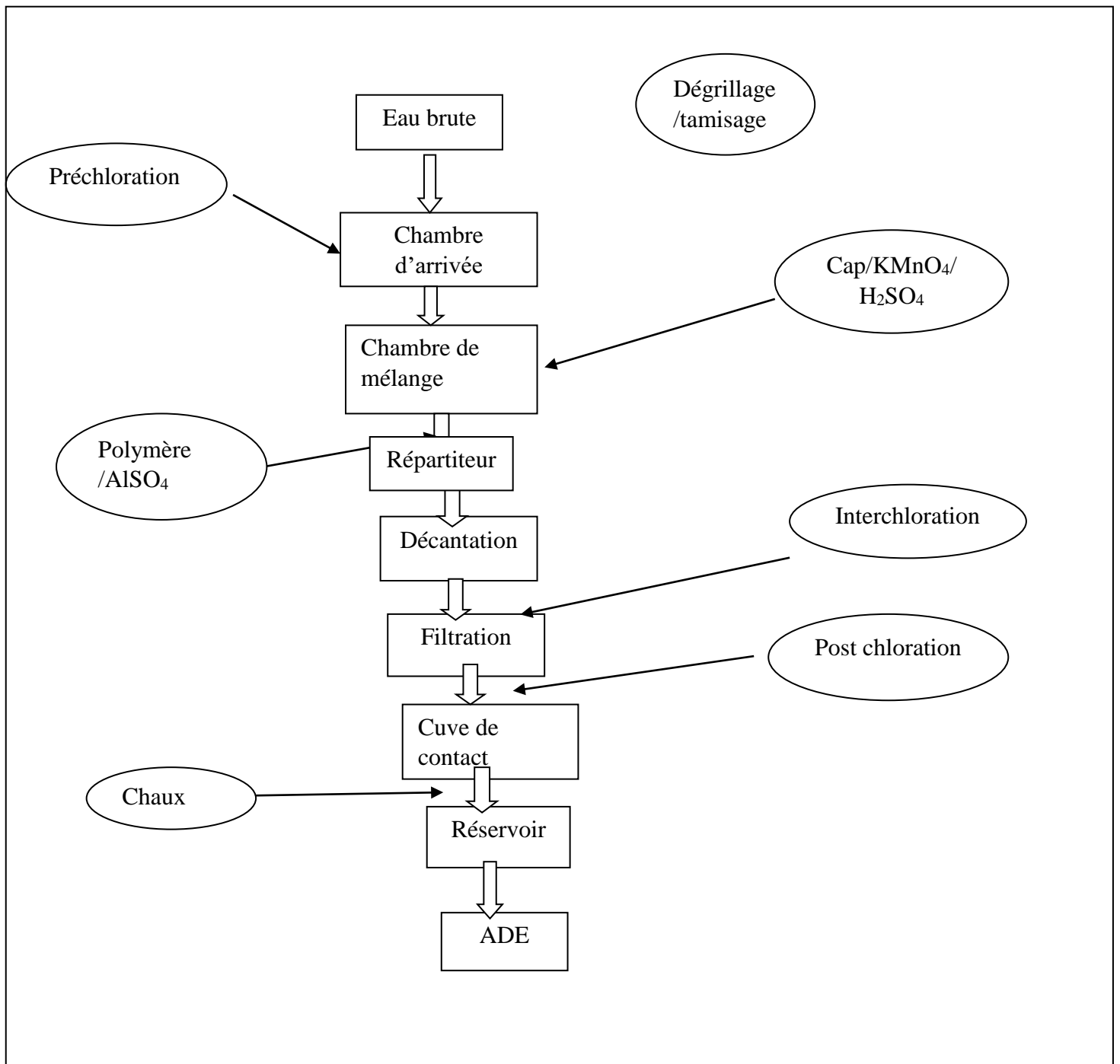


Fig6: Schéma récapitulatif des étapes des traitements des eaux de surface du barrage Takesabt

5. Description de la Zone d'Étude du Boudafal (AEH)

Boudafal est un village situé à Ain El Hammam dans la wilaya de Tizi Ouzou, en Kabylie, une région montagneuse du nord de l'Algérie. Elle est nichée dans les montagnes du Djurdjura, une chaîne montagneuse qui fait partie de l'Atlas tellien. La région est connue pour ses paysages pittoresques, ses forêts denses, et ses vallées verdoyantes. Les altitudes de 1000 m varient considérablement, roche magmatique et sédimentaire.

Le climat de Ain El Hammam est de type méditerranéen, avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La région reçoit une quantité significative de précipitations, surtout pendant les mois d'hiver, ce qui favorise une végétation luxuriante et une biodiversité riche.

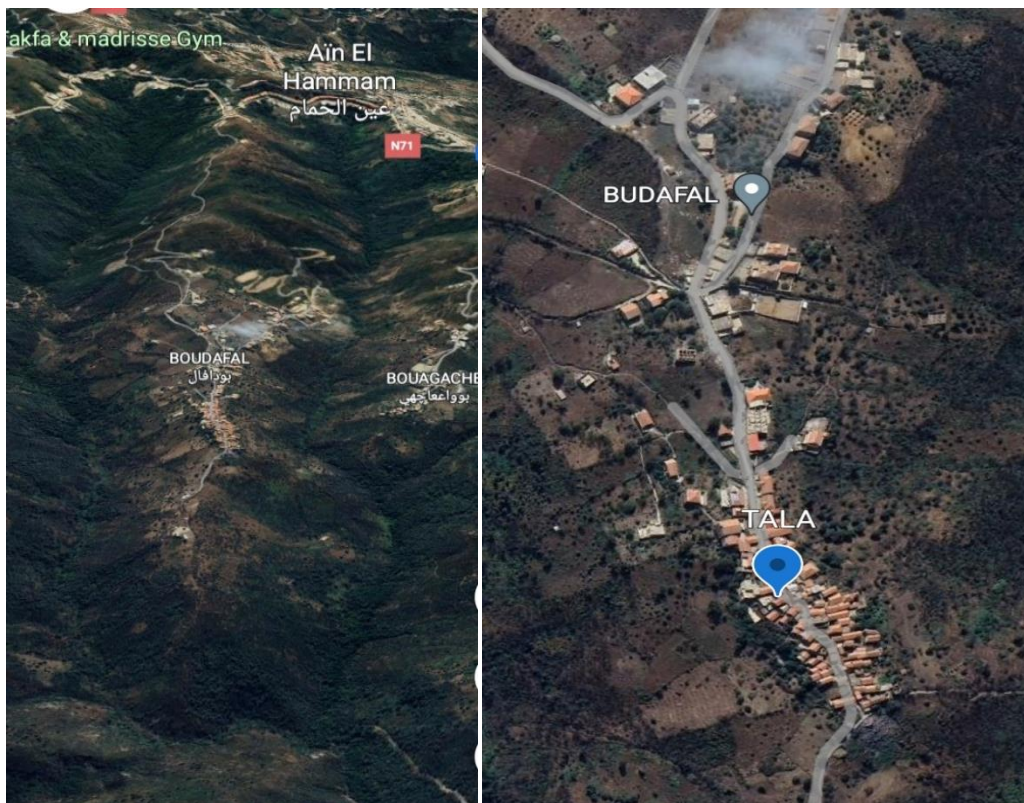


Fig. 7:La zone de Boudafal AEH(Google Earth,2024)

Chapitre II :

Échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate nécessitant une grande précision, car il influence directement les résultats analytiques et leur interprétation. L'échantillon doit être homogène, représentatif et prélevé sans altérer les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, comme les gaz dissous et les matières en suspension. Pour obtenir des résultats significatifs, il est crucial de bien conserver l'échantillon jusqu'à son arrivée au laboratoire (Rodier, 2005).

1. Prélèvement Physico-chimique

Les échantillons destinés à l'analyse physico-chimique doivent être recueillis dans des flacons en polyéthylène préalablement rincés à l'eau distillée. Chaque flacon doit être étiqueté avec l'origine de l'eau, la date, l'heure du prélèvement et le nom du préleveur. Avant le prélèvement, les flacons doivent être rincés trois fois avec l'eau à analyser, remplis jusqu'au bord pour éviter l'oxydation et le dégazage (formation de bulles d'air), puis fermés hermétiquement.

Pour les prélèvements effectués d'un robinet, si le but est de contrôler l'eau distribuée, il est indispensable de purger l'eau stagnante dans les canalisations. Il faut ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes, puis réduire à un débit moyen pendant 2 minutes. Ensuite, présenter la bouteille sous le robinet sans l'avoir refermé. Pour contrôler la concentration de certains éléments relargués par la canalisation, comme le zinc, le plomb ou le cuivre, laisser l'eau stagner toute la nuit avant de prélever l'eau immédiatement à l'ouverture du robinet.

2. Prélèvement Bactériologique

Pour les analyses bactériologiques, il est recommandé d'utiliser des flacons en verre de 1 litre, soigneusement lavés et rincés à l'eau distillée pour éliminer toute trace de détergent ou d'antiseptique. Ils sont ensuite séchés, bouchés et stérilisés soit à l'autoclave à $120^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 15 minutes, ou bien à sec à $170^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant 40 minutes. Si l'eau à échantillonner peut contenir des traces de chlore, de chloramine ou d'ozone, ajouter 1 ml de solution de thiosulfate de sodium penta hydraté ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) à 3% dans le flacon avant la stérilisation.

3. Prélèvement de l'Eau du Robinet

Pour les analyses microbiologiques des eaux de boisson et des eaux destinées aux industries alimentaires, il est crucial de préparer correctement l'échantillon. Ouvrir le robinet, laisser l'eau couler pendant environ 5 minutes, puis fermer. Stériliser le robinet en passant un fragment de coton imbibé d'éthanol à 90% ou en utilisant la flamme d'un chalumeau jusqu'à ce qu'il devienne

brûlant. Flamber le goulot du flacon avant et après le remplissage enfin ce dernier il n' doit pas être remplie complètement.

4. Identification, Transport et Conservation des Échantillons

Identification : Chaque flacon prélevé doit être étiqueté avec l'origine, le lieu, la date, l'heure du prélèvement et le nom du préleveur.

Transport : Les échantillons doivent être transportés réfrigérés à une température de 4°C, à l'obscurité, et dans des emballages isothermes pour assurer une conservation satisfaisante. Utiliser des blocs réfrigérants ou de la glace fondante pour maintenir la température et protéger les échantillons des rayonnements solaires



Fig. 8: Les échantillons destinés à l'analyse physicochimique et bactériologique

Chapitre III :

Matériel et méthode

1. Analyse physicochimique

1.1. Matériel et méthodes d'analyses

Le matériel et les méthodes utilisés pour doser les paramètres organoleptiques et physicochimiques sont représentés dans le tableau au dessus :

Tableau 8: Matériels et méthodes utilisés pour le dosage des différents paramètres physicochimiques au niveau de la Station de traitement de Takesabt.

Paramètres mesurées	Méthode	Appareillage	Autre matériel
pH	Potentiométrie	pH-mètre	-Béchers
Conductivité	Electrochimique	Conductimètre	
Oxygène dissous		Oxymètre	
Turbidité	Spectrométrie d'absorption	Turbidimètre	-Béchers
Chlore	Spectrophotométrie	Spectrophotomètre	-Béchers -Fiole jaugées -Pipette graduées -Cuve de 10 ml Verre graduées -Cuve en quartz
Couleur			
UV			
Aluminium			
Ammonium			
Sulfate			
Nitrates			
Nitrites			
Ortho-phosphates			
Fer			
Manganèse			
TH	Volumétrie	/	-Burettes -Erlenmeyer -Pipettes -Béchers -Eprovettes -Hotte -Pissettes d'eau distillée -Flacons pour les réactifs-Compte-gouttes
TA,TAC			
Chlorures			
CO2libre			
Matière organique			
MES	Filtration sur fibre de verre	Rampe de filtration	-Béchers, dessiccateur
Résidus sec	Résidus sec à 105°C	Etuve ou bien un incubateur	-Filtre -Capsule -Balance de précision

Source (OUDDAR et BEN AKLI, 2021)

1.2. Lecture physique :

Pour les paramètres physico-chimiques, on utilise les différents appareils qui sont : Le conductimètre, le turbidimètre, le PH-mètre, l'Oxymètre, etc. pour analyser l'eau. On met notre échantillon dans l'un de ces appareils relier une mesure de potentiel d'électrode, généralement on attend quelques secondes avant que le résultat de notre analyse ne s'affiche sur l'écran ainsi une lecture physique est faite.

1.2.1. Mesure du pH : méthode électrique avec électrode en verre.

Mode opératoire

Étalonner le pH mètre avec une solution tampon ; Tampon pH = 7, 10, prendre l'eau à analyser dans un Becher, Immerger l'électrode dans l'échantillon, Appuyer sur entrer, noter le résultat.



Fig. 9: Le PH mètre.

1.2.2. Mesure de la Turbidité

Mode opératoire

Remplir une cellule de mesure propre et bien essuyer avec du papier d'essuyage avec l'échantillon à analyser et effectuer rapidement la mesure dans le turbidimètre. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. Cliquer sur Enter et noter la première valeur affichée qui est obtenue directement en NTU.

Expression des résultats

La turbidité d'une eau est exprimée en unité formazine qui correspond à une unité Néphélométrie (NTU).



Fig. 10: Turbidimètre.

1.2.3. Mesure de la conductivité

Mode opératoire

L'appareil utilisé est un conductimètre.

La conductivité électrique d'une eau est une mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle dépend de la concentration et nature des ions, de la température et la viscosité de la solution.

La conductivité d'une solution est définie comme la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Il s'agit de tremper l'électrode dans un Becher remplie de l'échantillon puis appuyer sur enter et attendre le résultat.

Expression des résultats : La conductivité d'une eau est exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$



Fig. 11: Conductimètre.

1.2.4. Dosage de l'oxygène dissous : méthode électrochimique a la sonde

L'appareil utilise est un oxymétrie ;

L'étalonnage de l'appareil se fait avec de l'eau distillée ;

Immerger l'électrode dans l'échantillon ;

La valeur sera affichée en mg/l sur l'appareil, une fois atteinte la stabilité de cette dernière et la noter.



Fig. 12:Oxymètre.

1.2.5. Détermination des matières en suspension (MES) à 105 °C

Mode opératoire

Placer les filtres sur la rompe d'aspiration puis sécuriser les entonnoirs ;

Verser 100ml d'eau distillée dans chacune d'elles et faire actionner la pompe pour aspirer l'eau ;

Retirer soigneusement les filtres les mettre dans les creusées et placer dans l'étuve à 105°C pendant 60min ;

Retirer et mettre dans le dessiccateur pour refroidir pendant 15 min, puis peser les filtres ;

placer ces derniers une 2eme fois dans la rompe et verser 100ml de chaque échantillon, remettre les filtres à l'étuve à 105°C pendant 4 heures ;

Laisser refroidir dans le dessiccateur pendant 15 min, peser les filtres dans la balance et noter.

Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression suivante :

$$MES = (P1 - P0) \times 1000/V \text{mg/l}$$

P0 : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

P1: masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V : volume d'eau utilisé 100(ml).



Fig. 13 : Appareil et matériel utilisés pour les MES.

1.2.6. Détermination des résidus secs

Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée ;

Prélever 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule ;

Porter cette dernière à l'étuve à 105° C pendant 4 heures ;

Laisser refroidir pendant 15 minutes au dessiccateur ;

Peser et noter le poids.

Expression des résultats

$$RS = (M1 - M0) \times 1000/V \quad \text{mg/l}$$

M0 : masse de la capsule vide (mg).

M1 : masse de la capsule après utilisation (mg).

V : volume d'eau utilisé 50 (ml).



Fig. 14: matériel et appareil pour les résidus secs.

1.3. Spectrophotométrie :

C'est une méthode analytique quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance A ou la densité optique d'une substance chimique donnée généralement en solution à l'aide d'un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de la substance à étudier.

Dans notre étude, l'appareil utilisé est un spectrophotomètre de type DR6000 fourni avec un ensemble complet de programme d'application et un support multilingue [Mode d'emploi HACH LONGE]. Ce système de menus peut être utilisé pour générer des rapports et des évaluations statistiques, la réalisation des contrôles de diagnostic de l'appareil, ainsi que des courbes d'étalonnage pour chaque paramètre à analyser. Ceci permet de fournir des mesures numériques en unités directes de concentration, d'absorption ou de pourcentage de transmission. Il faut toujours préparer un témoin avec l'eau distillée pour garder la valeur de référence. Source (OUDDAR et BEN AKLI, 2021)

1.3.1. Couleur et UV

Matériel

Cuve carrée ; cellule ; Pissette d'eau distillée

Méthode

Sélectionner le programme pour couleur sur l'écran de spectrophotomètre. Verser l'échantillon dans une cellule et essuyer les débordements pour assurer une bonne lecture. Ensuite, la placer dans son compartiment à l'intérieur du spectrophotomètre en commençant d'abord par passer l'eau distillé en cliquant sur zéro et refermer le couvercle. Il faudrait cliquer sur mesurer, rincer entre chaque passage avec l'eau distillée.

Pour la mesure à l'UV, on suit la même méthode précédente mais il faut programmer le spectrophotomètre sur indice d'onde unique et utiliser la cuve carrée.

1.3.2. Dosage d'aluminium (Al^{3+})

Mode opératoire

Avant le dosage, une acidification des échantillons est nécessaire en ajoutant une goutte d'acide nitrique HNO_3 , le pH doit être compris entre 2,5 et 3,5 ;

Dans les tubes spéciaux (LCK301); on additionne à chacun des tubes 2ml du réactif A, puis une pincée du réactif B, en dernier on ajoute 3ml de chaque échantillon, boucher ;

Agiter soigneusement ; Le temps de contact est de 25 min ;

Faire la lecture, en faisant passer les codes-barres dans le spectrophotomètre, commençant toujours par le zéro ;

La teneur en aluminium sera affichée sur l'écran en mg/l.



Fig. 15: Dosage de l'aluminium(Al^{3+}).

1.3.3. Dosage des Nitrates (NO_3^-)

Mode opératoire

Dans les tubes spéciaux(LCK339); on additionne à chacun des tubes 0, 2 ml du réactif A, et 1ml de chaque échantillon ,boucher ;Agiter soigneusement ;

Le temps de contact est de 15 min ;

Faire la lecture, en faisant passer directement les tubes dans le spectrophomètre après essuyage ;

La teneur en nitrate sera affichée sur l'écran e mg/l.



Fig. 16: Dosage des nitrates(NO_3^-).

1.3.4. Nitrites (NO_2^-)

Mode opératoire

Prélever 40 ml d'échantillons dans des fioles de 50 ml avec le blanc (eau distillé). Ajouter dans l'ordre 1ml du réactif coloré NO_2^- , jaugeé avec l'eau distillée, homogénéisé immédiatement. Apparition de couleur rose. Laisser reposer au 20min, effectue la mesure sur spectrophotomètre après avoir sélectionner le programme des nitrites, en utilisant la cuve carré.



Fig. 17: dosage des nitrites(NO_2^-).

1.3.5. Dosage d'ammonium (NH_4^+)

Mode opératoire :

Dans une fiole de 50 ml, on verse 40 ml d'échantillon à analyser et le blanc (l'eau distillé) ;

Ajouter 4 ml du réactif coloré ;

Ajouter 4 ml du réactif de la solution de chloro-cyanurate de sodium ;

Ajuster au trait de jauge (avec une pissette) ;

Agiter vigoureusement afin d'homogénéiser ;

Laisser reposer pendant 60 minutes attendre le développement de la couleur (couleur vert) ;

Effectuer la lecture dans le spectrophotomètre programme ammonium, en introduisant d'abord le blanc dans la cuve, appuyer sur « mesurer » ;

La teneur en ammonium s'affiche sur l'écran en mg/l.



Fig. 18: dosage d' ammonium(NH_4^+)

1.3.6. Dosage des orthophosphates (PO_4^{3-})

Méthode

Prélever 40 ml de chaque échantillon + QC + le blanc (eau distillée), dans des fioles de 50 ml ;

Ajouter 1 ml de l'acide ascorbique à chaque fiole ;

Ajouter 2 ml de la solution d'heptamolybdate d'ammonium ;

Laisser un temps de contact de 30min ;

Obtention de la couleur bleu ;

Appuyer sur programme enregistré, sélectionner le programme d'analyse orthophosphate sur le spectrophotomètre ;

Faire la mesure en commençant par le blanc puis les autres échantillons et le QC ;

La teneur s'affiche mg/l.

1.3.7. Dosage du Fer(Fe^{2+})

Méthode

Prélever 50 ml de l'échantillon à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml ;

Ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique ;

Ajouter 5ml de Peroxo-di-sulfate de potassium ;

Placer les échantillons sur la plaque chauffante à douce ébullition durant 40 min ;

Laisser refroidir pendant 15min ;

Ajouter 1ml de solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement ;

Ajouter 2ml de solution tampon acétate ;

Ajouter 2ml de la solution phénantholine et conserver pendant 15 min l'obscurité ;

Effectuer la lecture avec un spectrophotomètre DR6000.

1.3.8. Dosage de sulfate(SO_4^{2-})

Mode opératoire

La prise d'essai : 10 ml ;

Transférer le contenu des pochettes de réactif dans la cuve contenant l'échantillon ;

Agiter soigneusement, apparition de la couleur blanche en présence des sulfates et démarrer la minuterie (5 minutes temps de contact) ;

Appuyer sur programme enregistré, sélectionner le programme d'analyse ;

Préparer le blanc (10 ml d'échantillon) ;

Une fois atteindre les 5 minutes ;

Faire introduire dans le compartiment de cuve les échantillons, en commençant par le blanc(zéro), puis les autres échantillons+le QC en appuyant sur mesurer.

La teneur en sulfate est affichée sur l'écran en mg/l.

1.3.9. Dosage de cadmium (Cd^{2+}),cuivre(Cu^{2+}),plomb(Pb^{2+})

Métal lourd a une densité supérieure à 5g/cm^3 et dont le numéro atomique à celui du Na ≥ 11 .

Méthode

Cette méthode physique d'analyse utilise les propriétés qu'ont les atomes neutre d'adsorber à une longueur d'onde un quantum d'énergie. Nébuliser l'eau à analyser dans une flamme air acétylène

en intercalant de l'eau distillée entre chaque échantillon. Effectuer les lectures au spectrophotomètre d'adsorption atomique avec des longueurs d'ondes, et des étalons pour chacun .les placés dans l'appareil puis attendre les résultats sur l'écran.

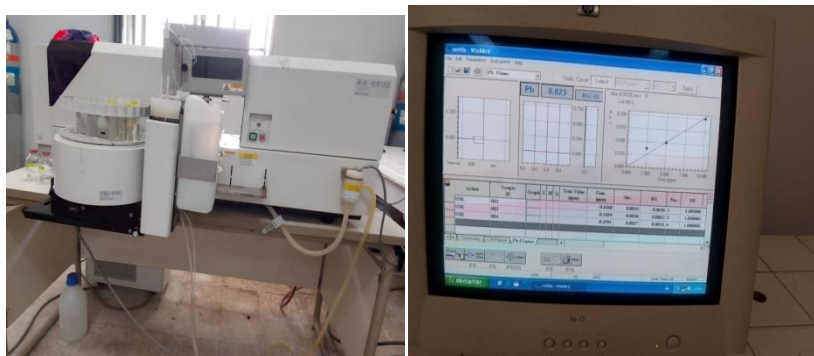


Fig.19: Spectrophotomètre d'adsorption atomique.

1.4. Volumétrie

Les méthodes volumétriques consistent à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés. La réaction entre les deux réactifs doit être totale. Soient $n_1.v_1$ le titre et le volume du premier réactif et $n_2.v_2$ le titre et le volume du deuxième réactif.

1.4.1. Détermination de la matière organique (KMnO₄)

Méthode

Prendre 100 ml d'eau à analyser dans des fioles avec le blanc puis laisser chauffer légèrement sur la plaque chauffante ;

Ajouter 20ml d'acide sulfurique H₂SO₄ d'une concentration de 2,2 mol/l, puis homogénéiser et laisser 5min ;

puis ajouter 20 ml de KMnO₄ à 2 m mol/l, porter à l'ébullition puis attendre 10min ;

Ajouter aussi 20ml de décolorant d'oxalate de sodium Na₂C₂O₂d'une concentration de 5mol/l ;

enfin titrage a chaud avec KMnO₄ à 2 m mol/l jusqu'à apparition d'une coloration rose pale.et noter le volume.

Expression des résultats

$$MO = \frac{V_t - V_b}{V_r} \times 16 \quad \text{mg/l}$$

V_r: Volume de KMnO₄ nécessaire pour la coloration.

V_b : Volume du blanc.

V_t : Volume du titre.

16 : Constante (mg/l) d'O₂



Fig. 20: dosage de la matière organique.

1.4.2. Détermination de TA et TAC

Mode opératoire

- **Détermination de TA**

Si pH de l'échantillon >8.30 on calcule le TA et si il est inférieur < 8.30 il est nul =0

Prélever 100 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer. Ajouter 1 à 2 gouttes de solution alcoolique de phénol phtaléine. Une coloration rose doit alors se développer. Puis titrer avec l'acide HCL en agitant constamment, et ceci jusqu'à décoloration complète de la solution (pH 8,3). Soit V le volume d'acide utilisé pour obtenir le virage du couleur verdâtre.

- **Détermination du TAC**

Si pH de l'échantillon < 8.30

Utiliser l'échantillon traité précédemment ou le prélèvement primitif s'il n'y a pas eu de coloration. Ajouter 2 à 3 gouttes de solution de rouge de méthyle et titrer de nouveau avec le même acide jusqu'à disparition de la coloration bleu verdâtre et apparition de la couleur rose. (pH 4,5). Le dosage doit être effectué rapidement pour réduire les pertes de CO_2 qui pourraient entraîner une élévation du pH de virage (voir ci-dessus). Soit V' le volume d'acide 0,02 N versé depuis le début du dosage.



Fig. 21: dosage du TAC.

Expression des résultats

Puisque tous nos échantillons ont un $\text{pH} < 8,3$, ce qui correspond à un $\text{TA}=0$, nous avons mesuré que le TAC

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{(V_1 \times N \times 1000) \times M_1}{V} \text{ (mg/l)}$$

$$[\text{HCO}_3^{2-}] = \frac{(V_2 \times N \times 1000) \times M_2}{V} \text{ (mg/l)}$$

Avec :

V: le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.

V1 : le volume de la solution d'acide versé de la burette.

V2 : le volume d'acide.

N = la normalité de la solution d'acide.

M2 : Masse molaire des bicarbonates = 61mg.

M1 : Masse molaire des carbonates = 60mg.

Pour calculer :

$$\text{TAC} = V_2 \times 5 \text{ (mg/l)}$$

$$\text{TA} = V_1 \times 10 \text{ (mg/l)}$$

1.4.3. Détermination de la dureté totale (TH)

Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml, ajouter 4 ml de solution tampon et trois gouttes d'indicateur coloré le mordant noir ;

La solution se colore en violet, le pH doit être de 10. Mélanger et titrer immédiatement, avec la solution d'EDTA goutte à goutte en agitant, des que la couleur de la solution commence à virer du viole au bleu. Le virage est atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. Puis noter le volume.

Expression des résultats :

$$TH = V \times 2 (F^\circ)$$



Fig. 22: dosage de la dureté totale.

1.4.4. Détermination du Calcium (Ca^{2+})

Mode opératoire

Introduire 50 ml de l'échantillon préparé dans une fiole. Ajouter 2 ml de la solution de NaOH (8%) et ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré murexide, apparition de la couleur rouge orangé, mélanger et titrer avec la solution d'EDTA tout en continuant d'agiter. Le virage est atteint lorsque la couleur violet intense apparaît et ne doit plus changer avec l'ajout de goutte supplémentaire de la solution d'EDTA. Et noter le volume.



Fig. 23: dosage du calcium (Ca^{2+})

Expression des résultats

$$Ca^{2+} = \frac{V_1 \times C(EDTA) \times F \times M(Ca)}{PE} \times 1000 \text{ mg/l}$$

V1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C(EDTA) : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M (Ca^{2+}) : Masse molaire du calcium (40,08 g).

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage=50ml).

F : Facteur de concentration de titre d'EDTA (Facteur de dilution=1.02).

1.4.5. Détermination de la dureté Magnésienne (Mg^{2+})

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésienne de l'eau analysée (RODIER, 2009).

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$(Mg^{2+} = TH - Ca^{2+})$$

$$[Mg] = \frac{(V_2 - V_1) \times C(EDTA) \times F \times M(Mg)}{PE} \times 1000 \text{ mg/l}$$

D'où : V_2 : Volume total d'E.D.T.A

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

C (EDTA): Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

M (Mg^{2+}) : Masse molaire du Magnésium 24.31 g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage=50 ml).

F : Facteur de concentration de titre d'ETDA 0.96

1.4.6. Dosage des chlorures(Cl^-)

Mode opératoire

prélever 100 ml de chaque échantillon dans les erlenmeyer plus l'eau distillée ;

Ajouter 1 ml de la solution de chromate de potassium (10%), il se produit une couleur jaune ;

Titre avec la solution ($AgNO_3$) à 0.01 N, goutte à goutte et homogénéiser la solution, jusqu'à obtention de la coloration rouge brique ;

Noter le volume obtenu.

Expression des résultats

La concentration en chlorures Cl^- , exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivante :

$$[Cl] = \frac{(V_s - V_b) \times C \times M \times F}{V_a} \text{ mg/l}$$

Où :

V_s : volume en ml de la solution de nitrate d'argent, utilisée pour le titrage de l'échantillon.

V_b : volume en ml de la solution de nitrate d'argent, utilisée pour le titrage du blanc.

V_a : volume en ml de l'échantillon=100ml.

C : concentration réelle exprimée en mol/l d' $AgNO_3$, de la solution de nitrate d'argent 0.02.

F : est le facteur de conversation $f = 35453$ (masse molaire du Cl^- x 1000).



Fig.24: dosage des chlorures (Cl⁻).

1.4.7. Dosage du dioxyde de carbone libre (CO₂)

Mode opératoire

Verser 100ml de prise d'essai de l'échantillon ;

Ajouter 3 à 6 gouttes de solution de phénolphtaléine ;

Doser par la solution de carbonate de sodium en maintenant une agitation continue, jusqu'à apparition d'une coloration rose ;

Noter le volume de carbonate de sodium utilisé.

Expression des résultats

$$[CO_2] = V \times 2.2 \text{ mg/l}$$

2. Analyse bactériologique

2.1. Matériels et méthodes d'analyses

Au niveau de la STE Takesabt, les germes recherchés, les milieux de culture utilisés ainsi que les méthodes, les temps et les températures d'incubation et matériel utilisé sont résumés dans le tableau qui suit les points au dessus:

Tableau 9 : Germes recherchés au niveau de la station de traitement Takesabt

Germe recherché	Volume d'eau filtrée	Milieu de culture	Conditions d'incubation	Appareillage	Matériel utilisé
Coliformes totaux	100ml	Gélose CCA	24 h à 37°C	-Bain marie -Rampe de filtration -Incubateur	-Bec bunsen -Pince
E. coli	100ml	Gélose CCA	24h à 37°C		-Filtres de 0,45µm
Streptocoques fécaux	100ml	Gélose Slanet zBartley	48 h à 37°C		-Boite de pétrie 60mm

Source (OUDDAR et BEN AKLI, 2021)

2.1.1. Dénombrement sur membrane filtrante

La filtration sur membrane est une technique de numération adaptée pour numérer des bactéries présentes à des concentrations très faibles dans l'eau.

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume donné d'échantillon. Les bactéries présentes dans l'échantillon à analyser sont retenues sur un filtre dont les pores sont inférieurs à la taille des bactéries (pore de 0,45µm). Le filtre qui a retenu les bactéries contenues dans l'eau, est ensuite déposé sur un milieu de culture gélosé et incubé à une température appropriée, puis les UFC sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique d'une eau.

2.1.2. Dénombrement par incorporation en gélose

L'incorporation en gélose est une technique qui fait subir un choc thermique aux microorganismes au moment de l'incorporation de la gélose en surfusion. Elle consiste à la recherche et dénombrement de ces microorganismes dans les eaux destinées à la consommation humaine. Recherche et dénombrement des bactéries coliformes totaux et fécaux, et E. coli par la méthode de filtration sur membrane

Principe

Cette méthode consiste à rechercher et dénombrer des Escherichiacoli et des bactéries coliformes présents dans tout type des eaux, par comptage des colonies obtenues dans des filtres de 0,45µm.

Mode opératoire

Stériliser les mains avec un gel nettoyant.

Stériliser l'entonnoir en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.

Identifier les géloses préalablement préparées(CCA), en mentionnant la date et le nom de l'échantillon sur le couvercle.

Mettre en place de façon aseptique une membrane d'une porosité nominale de 0,45µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.

Fixer ce dispositif avec la pince correspondante, au près de zone stérile.

Déposer ensuite aseptiquement 100ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen.

Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.

Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque d'une gélose préalablement préparée(CCA)et les incuber 24 h à 37°C dans l'incubateur.



Fig.25:Dénombrement par incorporation en gélose

Expression de srésultats

Après la période d'incubation spécifiée, le nombre de coliformes par 100 ml est obtenu en comptant les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentées en jaune orangé ou en jaune

2.1.3. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux par filtration sur membrane

Principe

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des entérocoques intestinaux dans l'eau à travers une membrane filtrante, dans les eaux destinées à la consommation humaine par comptage des colonies obtenues.

Mode opératoire

La technique de filtration est la même que celle de coliformes. Seulement le milieu de culture utilisé est slanetz et bartley.

Lesmilieuxontétéincubésà37°C pendant 48h.

Expression des résultats

Après incubation, dénombrer toutes les colonies apparues qui présentent une coloration rouge,marron ou rose, soit en leur centre soit à leur périphérie. Considérer ses colonies comme streptocoques fécaux présumés.

La mesure est exprimée en UFC pour100ml d'eau.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

Dans cette partie on a effectué une moyenne de quatre essaies, pour les échantillons étudiés (eau de source Boudafal, Lalla Khedidja, Guedila, Toudja, eau traité barrage Takesabt) et à tous les paramètres physicochimique et bactériologique, à une température de 17°C, dans le but de comparé et d'interpréter les résultats obtenue par rapport aux normes algériennes.

1. L'odeur

Une perception captée par l'organe olfactif en respirant des substances volatiles (REJESK, 2002). L'eau destinée à la consommation humaine doit être sans odeur ; toute présence d'odeur indique une pollution ou la présence de matières organiques en décomposition (RODIER, 1996).

2. La couleur

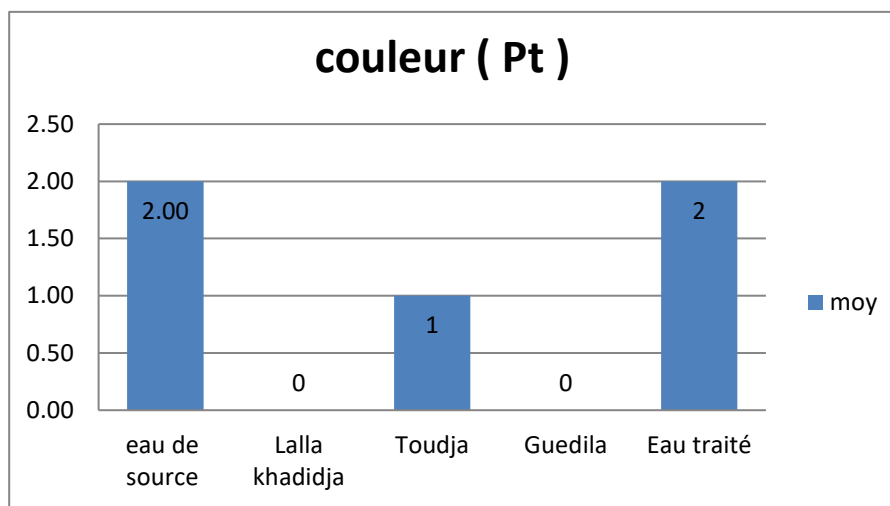


Fig. 26:variation de la couleur des eaux potables

On a remarqué l'absence de couleur pour les eaux embouteillées (Lalla Khadîdja, Guedila) ce qui indique qu'elles sont des eaux limpides, saines, de bonne qualité. Cependant la couleur des deux autres sources (source village Boudafal, eau traité du barrage Takesabt et Toudja) varie entre (1 et 2 mg/l pt) mais elles restent au-dessous de la norme recommandée qui est <15 mg/l Pt (IANOR, 2024). Le changement de couleur est dû à la présence de divers colloïdes présents dans les terrains traversés par rapport aux eaux souterraines, et pour l'eau traitée on indique qu'elle est pauvre en substance dissout et MES qui signifient une bonne clarification lors de traitements de l'eau.

3. Ultra violet (UV)

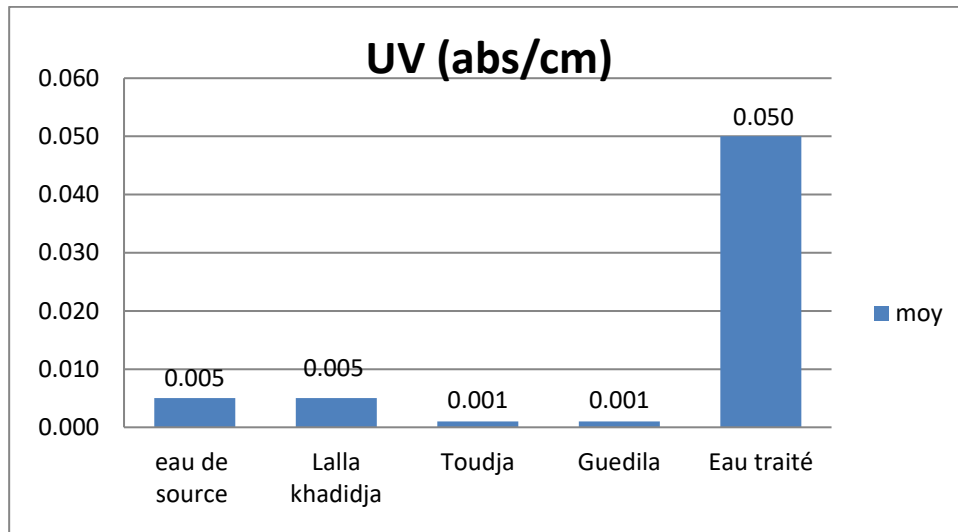


Fig. 27 : Les absorbances dans l'UV

Les résultats obtenus varient entre 0,001 et 0,005 abs/cm. Généralement, la mesure des UV est utilisée pour déterminer le manque d'O₂ et de matière organique. La valeur maximale, qui est de 0,050 abs/cm, a été enregistrée pour l'eau traitée du barrage Takesabt. Cela peut s'expliquer par la nature de l'eau de surface, qui est exposée aux rayons ultraviolets tout au long de l'année, y compris pendant le processus de traitement.

5. Turbidité

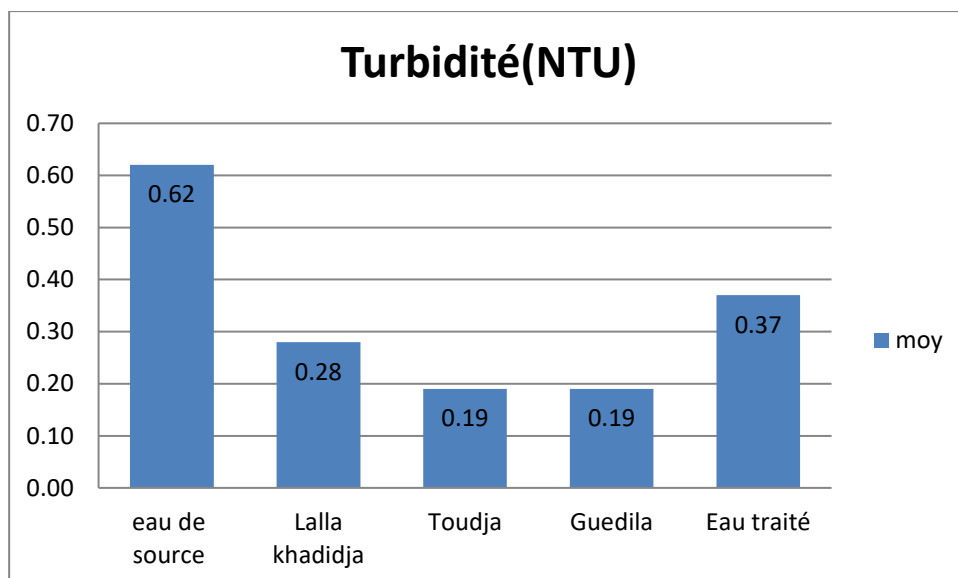


Fig. 28 : Variations de la turbidité

Les valeurs obtenues de la turbidité pour les cinq sources se situent entre 0,19 et 0,62 NTU. Cette variation est due à l'infiltration de l'eau dans le sol et à la présence de matières en suspension. Pour l'eau traitée, il est constaté que le traitement a réussi à réduire la turbidité. Les résultats sont

largement inférieurs à la norme recommandée qui est < 5 NTU (ISSER JOURNAL), indiquant que ces eaux sont claires.

6. PH (potentiel hydrique)

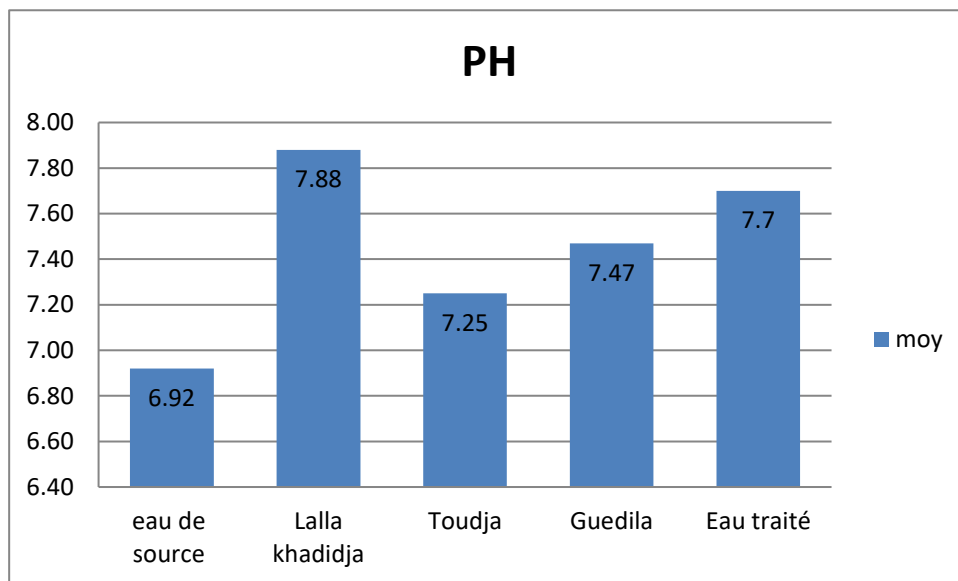


Fig.29 : variation de pH des cinq sources

Les valeurs obtenues montrent que la moyenne des pH des eaux étudiées varie entre 6,92 et 7,88. Le pH d'une eau naturelle est influencé par la nature des terrains traversés. Des valeurs de pH comprises entre 6,5 et 8 indiquent une proximité de la neutralité de l'eau. Cette caractéristique peut être attribuée à la présence de roches calcaires, tandis que pour Toudja, la proximité de la mer et l'alcalinité de l'eau marine peuvent jouer un rôle. Ces valeurs respectent les normes algériennes recommandées, qui se situent entre 6,5 et 9 (ISSER JOURNAL).

7. La conductivité

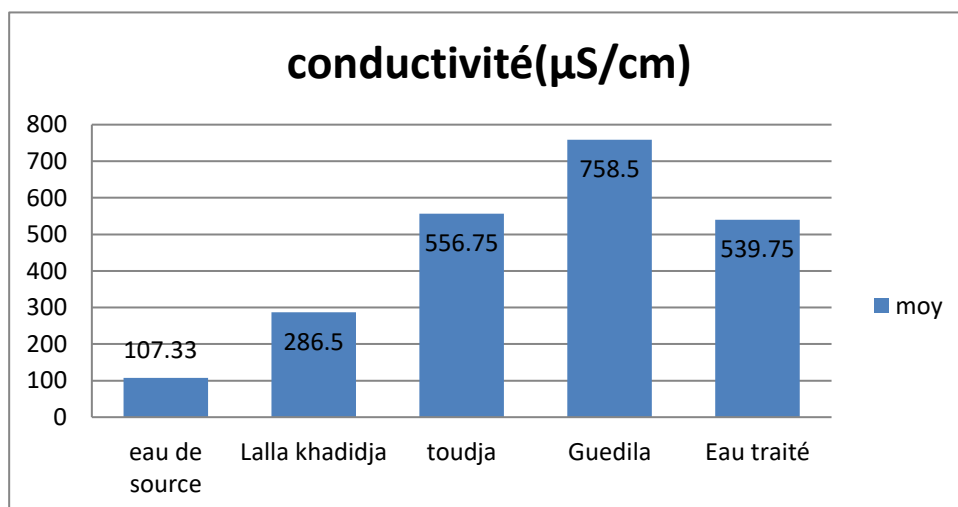


Fig. 30: Variation des valeurs de la conductivité

Les moyennes des conductivités obtenues varient entre 100 et 758 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette variation peut s'expliquer comme suit selon (KELLIL ET SEKIOU ,2014) :

De 50 à 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$: indique une eau faiblement minéralisée, typiquement de l'eau de pluie après ruissellement, et peut être influencée par la nature des roches traversées, telles que les roches volcaniques et sablonneuses. La source LallaKhedidja peut présenter une faible concentration en ions Mg^{2+} et une concentration moyenne en ions Ca^{2+} , tandis que l'eau de source Boudafal provient probablement d'un sol pauvre en ions Mg^{2+} et Ca^{2+} .

De 200 à 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$: indique une eau modérément minéralisée, souvent des eaux souterraines de bonne qualité, et peut être associée à la nature des roches calcaires, du gypse, des granites et des infiltrations dans le sol. C'est le cas des eaux de Guedila, Toudja et de l'eau traitée. Toutes ces eaux respectent les normes de qualité ($< 2800 \mu\text{S}/\text{cm}$) selon (L'ISSER JOURNAL).

8. O₂ dissout

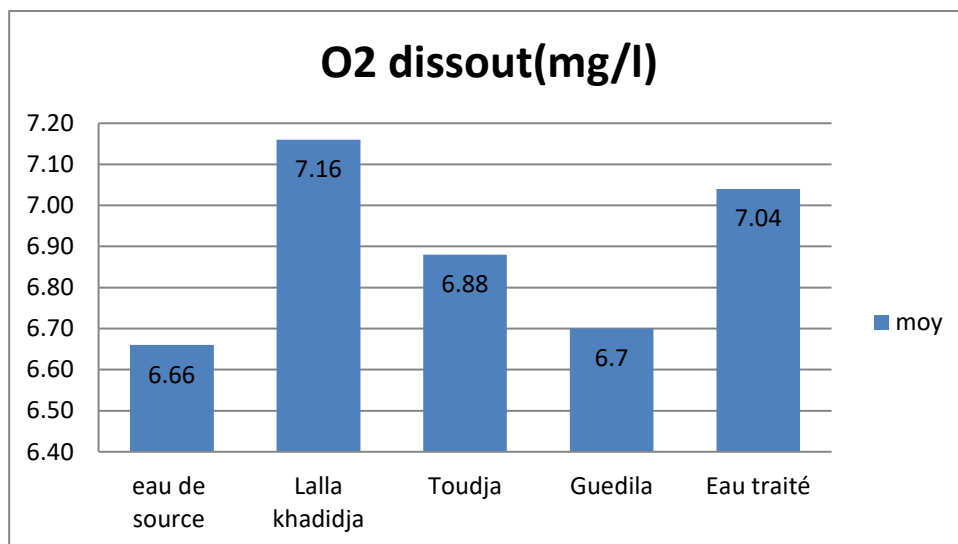


Fig. 31 : variations des concentrations d'O₂ dissout

L'oxygène dissout est l'un des indicateurs les plus importants du degré de pollution des eaux, comme l'ont souligné (DERWICH et al, 2010). Il crée un milieu favorable à la propagation de certains microorganismes anaérobies. Plus le taux d'oxygène diminue, plus l'eau est polluée ; à l'inverse, une augmentation du taux d'oxygène indique une eau plus saine. Les moyennes obtenues se situent entre 6,66 mg/l et 7,04 mg/l (eaux saines), ce qui est conforme à la norme algérienne recommandée de $< 10 \text{ mg/l}$ (ISSER JOURNAL).

9. Les matières en suspension (MES)

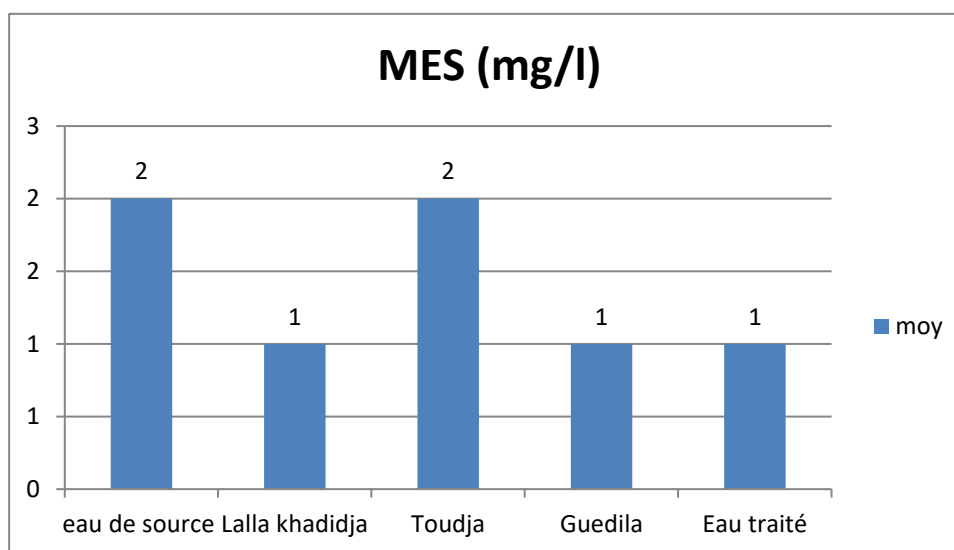


Fig. 32: variation des concentrations de MES

Les valeurs obtenues des matières en suspension (MES) sont comprises entre 1 et 2 mg/l. On remarque une légère augmentation pour les eaux des sources et de Toudja, ce qui peut s'expliquer par la nature du sol traversé (riche en matières organiques), la saison, la pluviométrie et les travaux de rejets. Cependant, ces valeurs restent normalisées, étant < à 5 mg/l.

10. Résidus sec

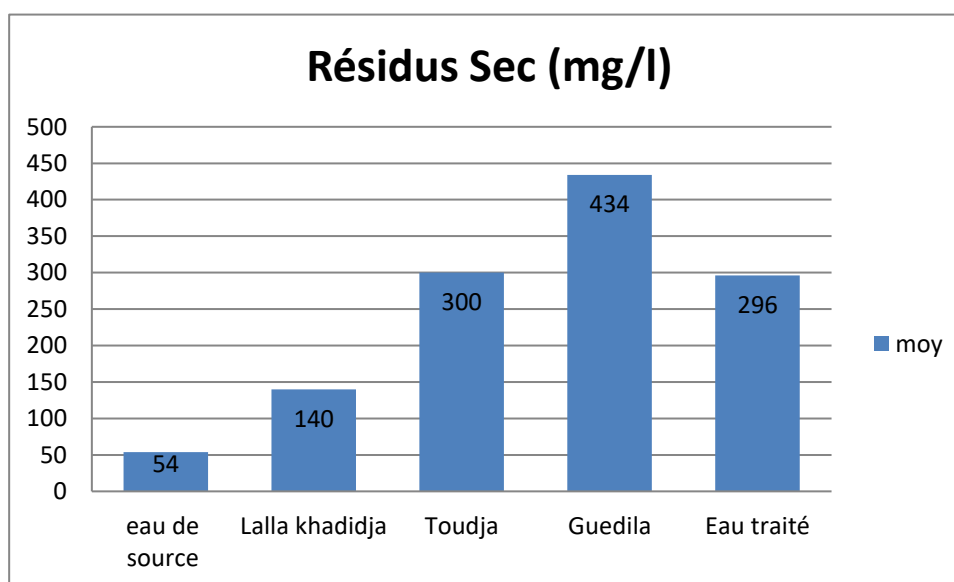


Fig. 33 : Les concentrations des Résidus sec des cinq sources a 105°C

Les taux des éléments minéraux sont mesurés après l'évaporation de 50 ml d'eau à une température de 105°C. Selon les quantités recueillies, les eaux sont classifiées selon (MONT ROUCOUS, 20120) comme suit :

Plus de 1500 mg/l : eau riche en sels minéraux ;

Entre 500 et 1500 mg/l : eau moyennement minéralisée ou oligominérale ;

Entre 50 et 500 mg/l : eau faiblement minéralisée ;

Les concentrations en résidu sec au niveau des cinq sources varient de 54 à 434 mg/l. On constate que les sources étudiées ont des eaux faiblement minéralisées, avec des valeurs normalisés qui sont < à 1500 mg/l.

11. Aluminium (Al^{3+})

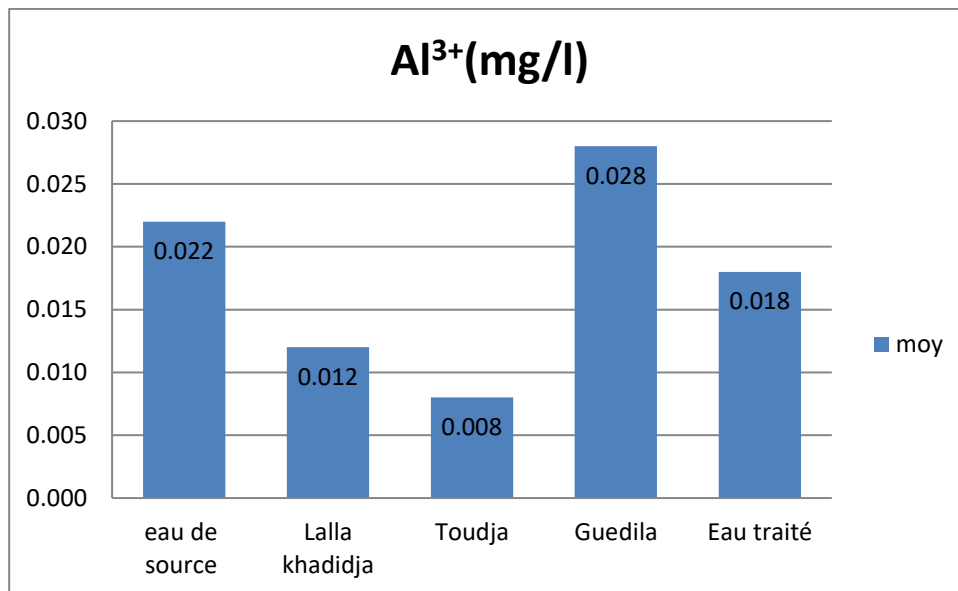


Fig.34 : Variations des concentrations d'Aluminium (Al^{3+})

Les valeurs enregistrées d'aluminium dans les sources étudiées varient entre (0,008 et 0,028) mg/l. Pour l'eau traitée du barrage Takesabt, la présence d'aluminium dans l'eau est due à l'injection de quantités massives de sulfate d'aluminium utilisé comme coagulant dans le processus de traitement de l'eau. Pour les autres sources, les traces d'aluminium peuvent être causées par les rejets industriels, l'érosion, le lessivage des minéraux et des sols. Cependant, ces valeurs restent normalisés une valeur < à 0,2 mg/l (INNOR JOURNAL).

12. Nitrate (NO₃⁻)

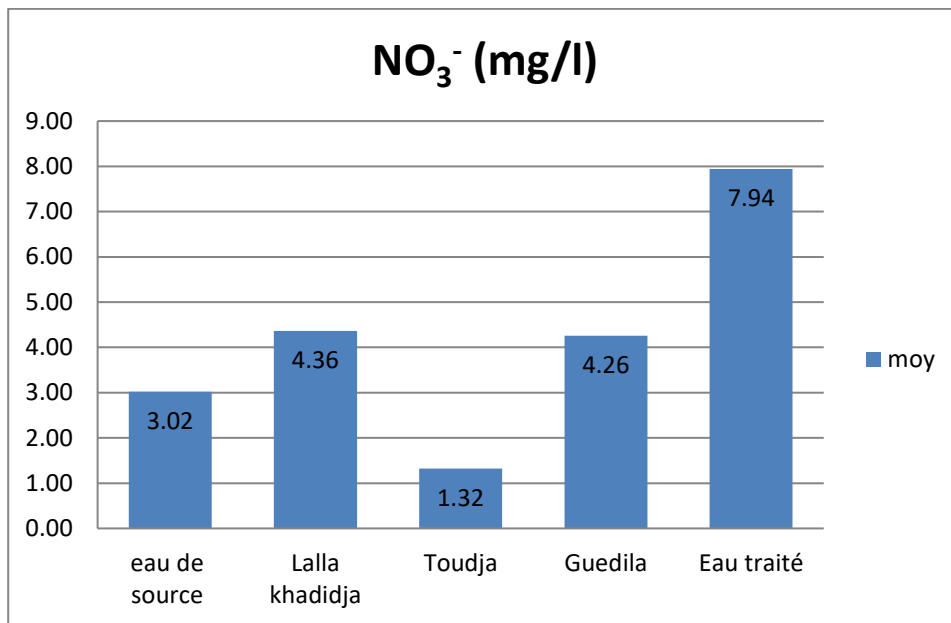


Fig. 35 :Variations des concentrations de nitrates(NO₃⁻)

Les valeurs enregistrées des cinq sources étudiées varient entre (1,32 et 7,94) mg/l. La présence des nitrates dans les eaux destinées a la consommation est du au cycle d'oxydation d'azote dans l'eau, et par la présence des terrains agricole cultivé. Mais elles restent toujours confort aux normes étudiées qui est < 50 mg/l (INNOR JOURNAL).

13. Nitrite (NO₂⁻)

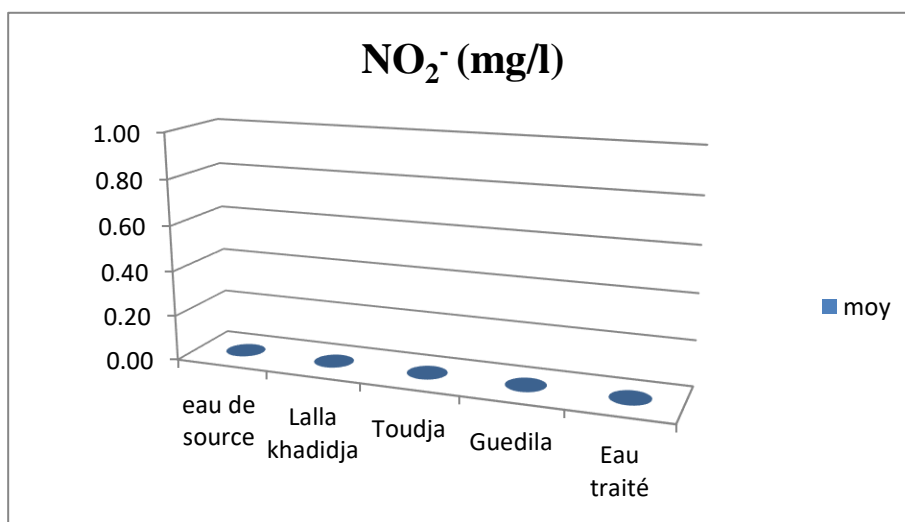


Fig. 36:Variation des concentrations des nitrates (NO₂⁻)

Les nitrites résultent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont largement présents dans l'environnement, se retrouvant dans de nombreux produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les concentrations élevées peuvent résulter de la réduction des nitrates en nitrites par des bactéries anaérobies sulfite-réductrices. Elles peuvent également être le produit de l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (BENGOUMI *et al*, 2004).

Le taux de nitrites enregistrés pour les cinq sources est de 0 mg/l. Il reste confort a la norme qui est <0.2 mg/l (INNOR JOURNAL).

14. L'Ammonium (NH_4^+)

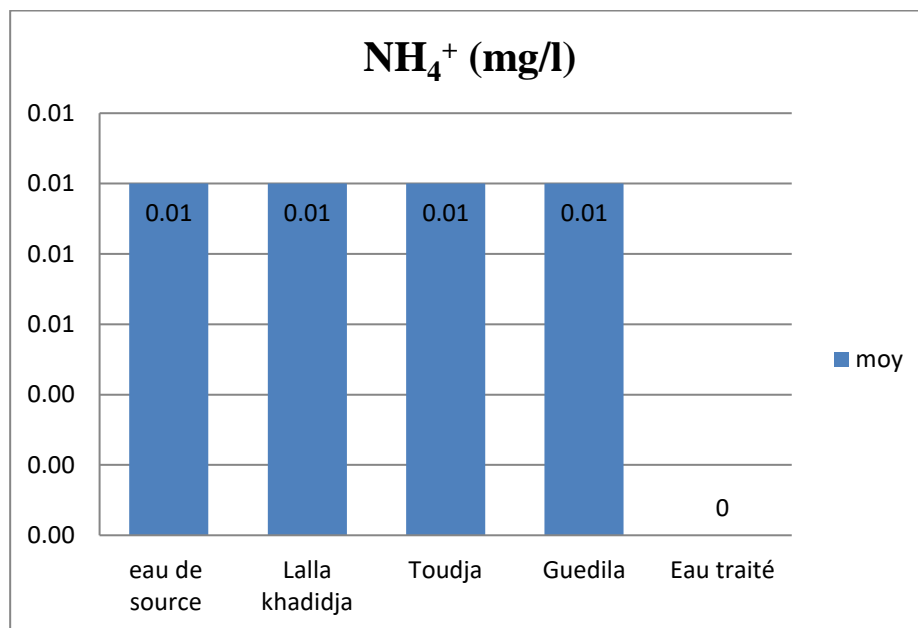
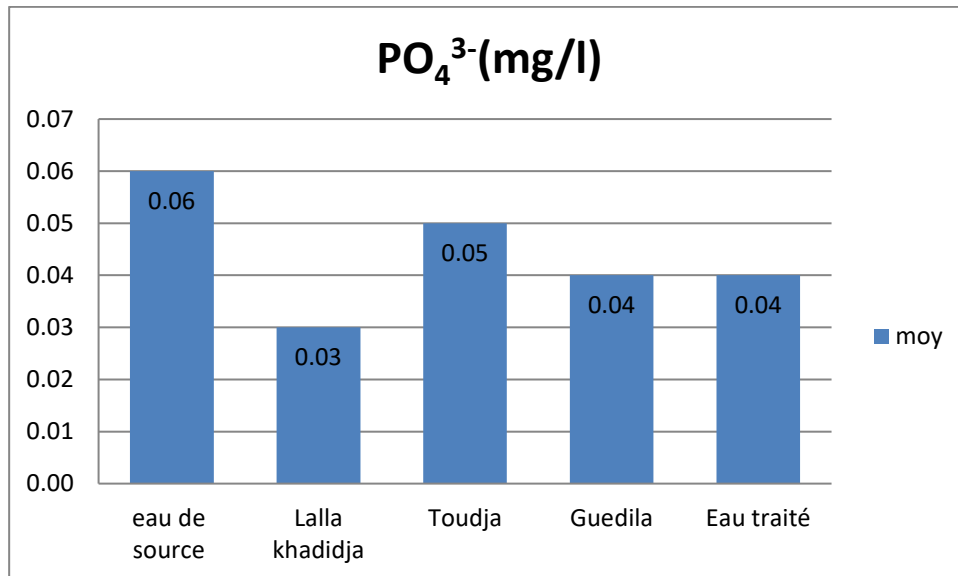


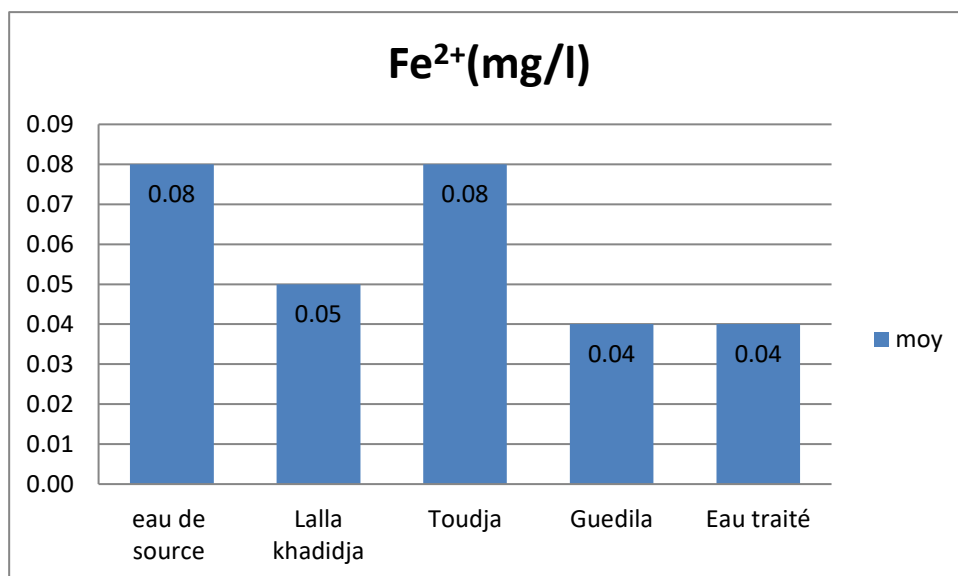
Fig. 37: Variations des concentrations d'ammonium (NH_4^+)

Les résultats obtenus varient entre (0 et 0.01) mg/l, on remarque qu'il ya des traces d'ammonium dans les divers sources étudié, Cela peut être du aux activités agricole, cycle d'ammonium. Mais qui restent toujours conforme <0.5 mg/l (INNOR JOURNAL)

15. Orthophosphate (PO_4^{3-})**Fig. 38:** variation des concentrations des orthophosphates(PO_4^{3-})

Le phosphore joue un rôle crucial dans le développement des algues, et il peut favoriser leur prolifération dans les réservoirs, les lacs et les rivières (Rodier, 1996).

Les valeurs obtenues indiquent que les concentrations en Orthophosphates varient entre (0,03 et 0,06) mg/l, mais elles restent conformes à la norme qui est $< 0,5$ mg/l.

16. Fer (Fe^{2+})**Fig. 39:** Variations des concentrations de fer(Fe^{2+})

Les valeurs obtenues pour les eaux étudiées varient entre (0,04 et 0,08) mg/l. Cette présence de fer peut être attribuée à la nature des sols traversés, notamment les sols argilo-ferriques, ou à la

corrosion des tuyaux, ainsi qu'aux variations de température. Cependant, ces valeurs restent inférieures aux normes prescrites, qui sont $< 0,2$ mg/l (INNOR JOURNAL).

17. Sulfates (SO_4^-)

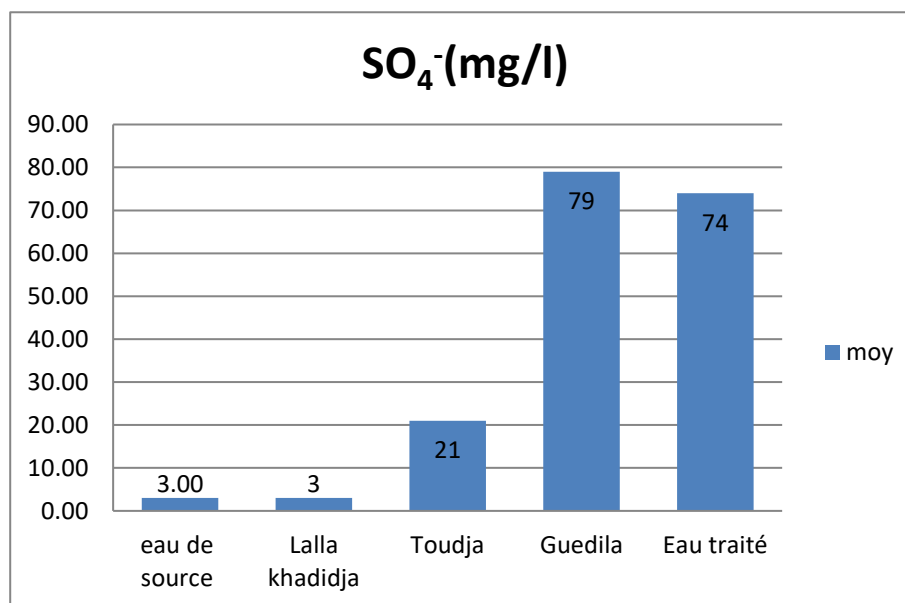


Fig. 40: Variations des concentrations des sulfates(SO_4^-)

Les valeurs obtenues pour les sulfates se situent entre (3 et 79) mg/l. On observe une légère augmentation des sulfates dans l'eau traitée, probablement apportée par le coagulant utilisé, le sulfate d'aluminium. Pour Lalla Khadidja et l'eau de source, on remarque une faible quantité de sulfates. En revanche, pour Guedila, la concentration en sulfates est élevée, ce qui pourrait être dû à la présence d'argiles et à l'altération des terrains gypseux, ainsi qu'à l'origine des matières fécales et des détergents (eau sulfatée). Cependant, cette concentration reste inférieure à la concentration maximale admissible décrétée par les normes étudiées, qui est < 400 mg/l (INNOR JOURNAL).

18. Métaux lourds (Cadmium, Plomb, cuivre)

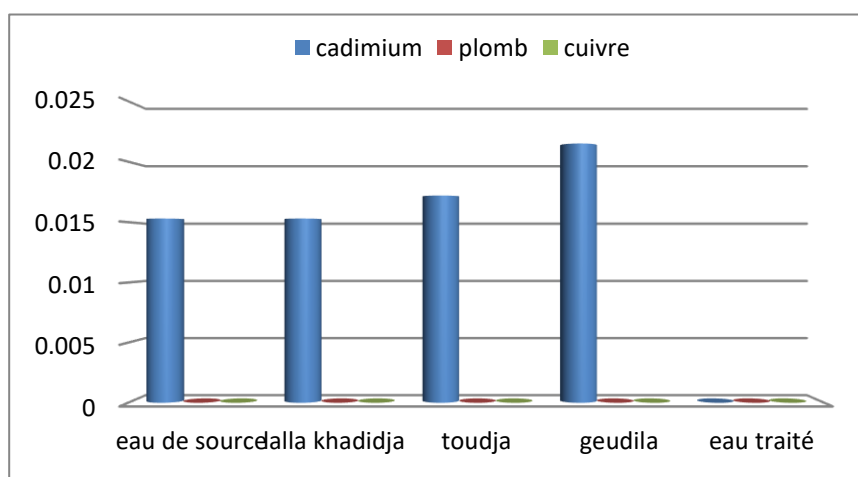


Fig. 41: Variations des concentrations des trois métaux (mg/L) dans les cinq sources

Les concentrations enregistrées des taux de plomb et du cuivre ont la valeur de 0 mg/l.ils sont confort aux normes qui est de 0,01 mg/l pour le plomb et 2 mg/l pour le cuivre. (INNOR JOURNAL).

Pour le cadmium les valeurs enregistrées varient entre 0,0153 et 0,0215 mg/l. C'est traces peuvent être expliquées pars divers facteurs tels que la pollution industrielle, l'utilisation des fertilisants contenant du cadmium, ou même la corrosion des tuyaux en métal. Mais ça reste des résultats non confirmés car on a effectué un seul essai par rapport a la disponibilité des produits, mais elles dépassent la norme recommandés qui est de 0,003 mg/l. (INNOR JOURNAL).

19. Matière organique (MO)

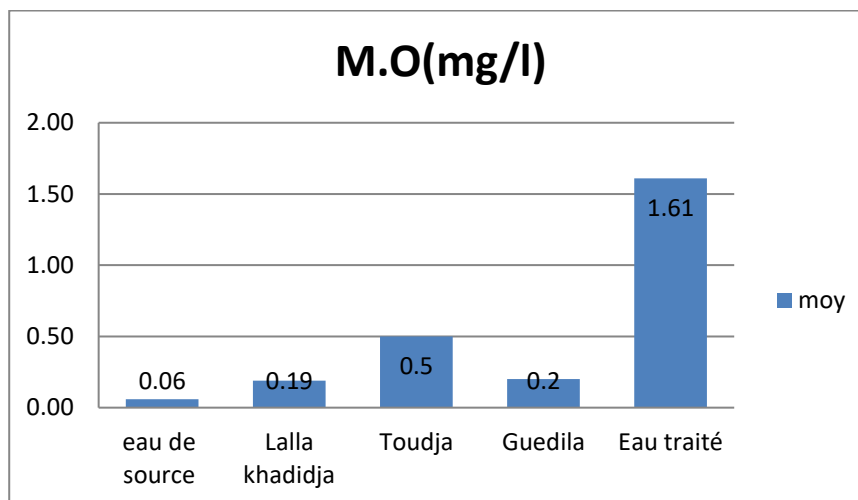


Fig. 42 : Variations des concentrations de matière organique des cinq sources

Les résultats obtenus varient entre 0,06 et 1,61 mg/l. On observe que la source Boudafal présente des taux faibles, probablement en raison d'un sol pauvre en matières organiques. En revanche, on remarque une augmentation pour les eaux de Lalla Khadîdja, Toudja et Guedila, ce qui peut être attribué à la nature des sols traversés, à la décomposition de matière végétale et animale, ou aux activités agricoles. Pour l'eau traitée du barrage Takesabt, la présence de matières organiques peut être due au traitement au chlore gazeux qui l'a oxydée, ou à l'injection de permanganate de potassium (KMnO_4) pour réduire les taux de fer et de manganèse.

Les résultats trouvés restent confort aux normes qui est < 5 mg/l (INNOR JOURNAL).

20. TA (titre alcalimétrique) et TAC (titre alcalimétrique complet)

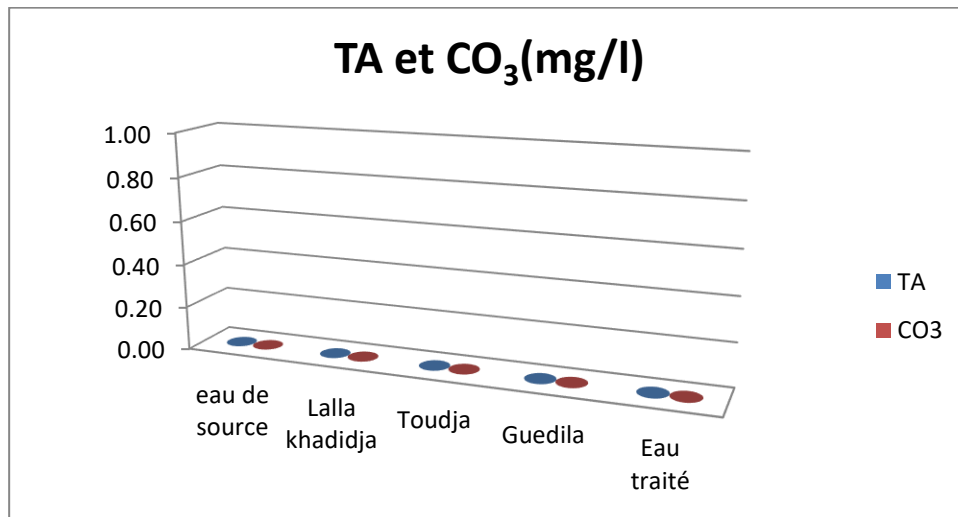


Fig.43 :variations de la TA et la concentration de CO₃

Les valeurs de TA et CO₃ trouvés pour les cinq sources sont nul (<8.30) qui veut dire absence de carbonates.

21. TAC

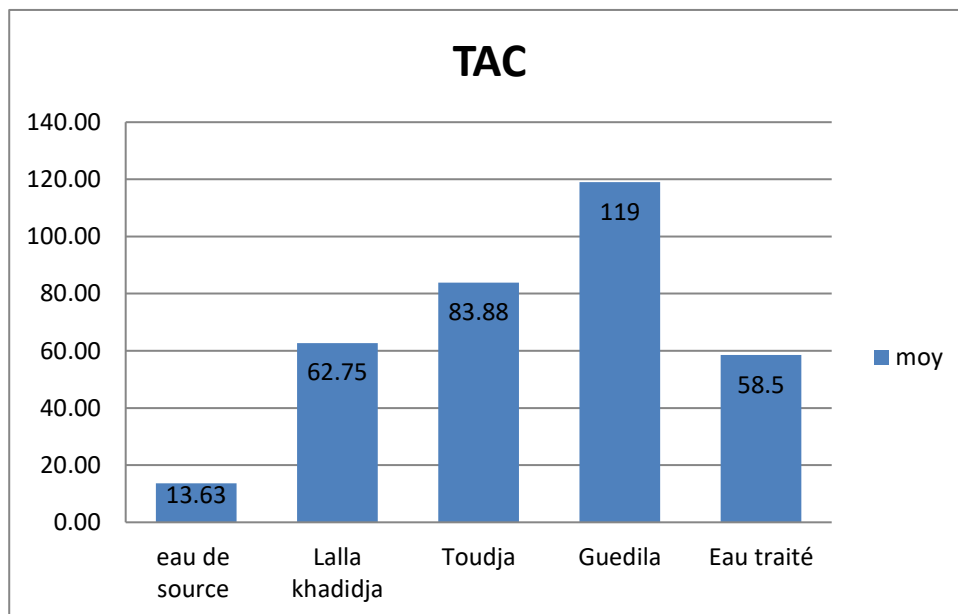


Fig. 44 : variations de TAC

La connaissance des valeurs de TAC est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, Puisqu'elles dépendent de l'équilibre calco-carbonique. Dans notre cas le TAC enregistré est entre 13,63 et 119 °F.

22. Bicarbonates (HCO_3^-)

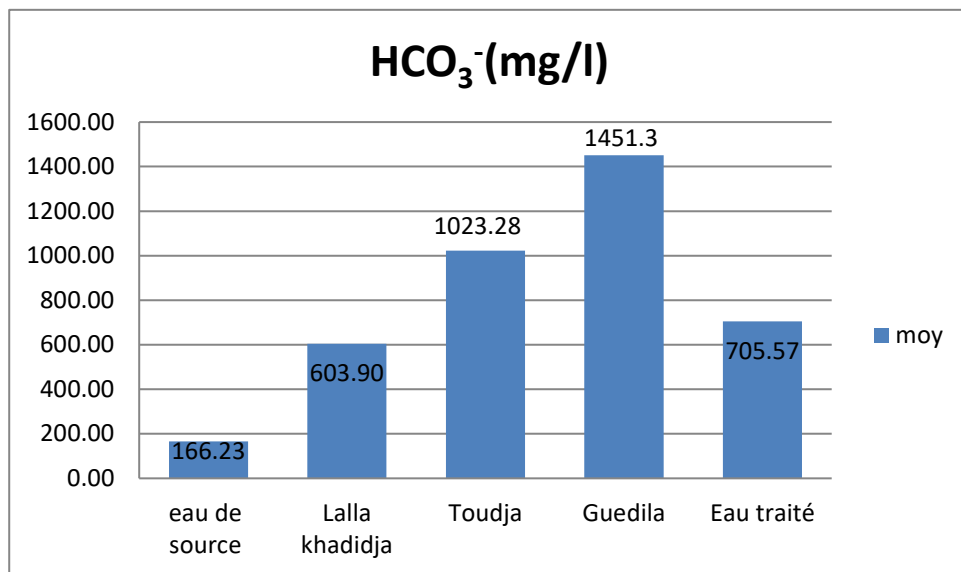


Fig. 45 28: Variations des concentrations des bicarbonates(HCO_3^-)

La présence de bicarbonate dans l'eau n'est pas considérée comme nuisible à la santé humaine, c'est pourquoi il n'existe pas de normes spécifiques à ce sujet. Les analyses réalisées révèlent des variations des valeurs, allant de 166 à 1451 mg/l. La concentration la plus élevée est enregistrée dans les eaux de Guedila, ce qui les rend bicarbonatées, ce phénomène étant expliqué par la dissolution des roches bicarbonatées.

De plus, on observe une légère augmentation de l'alcalinité pour l'eau traitée, ce qui est attribué à l'ajout de coagulant (le sulfate d'alumine) dans l'eau.

23. Dureté totale (TH)

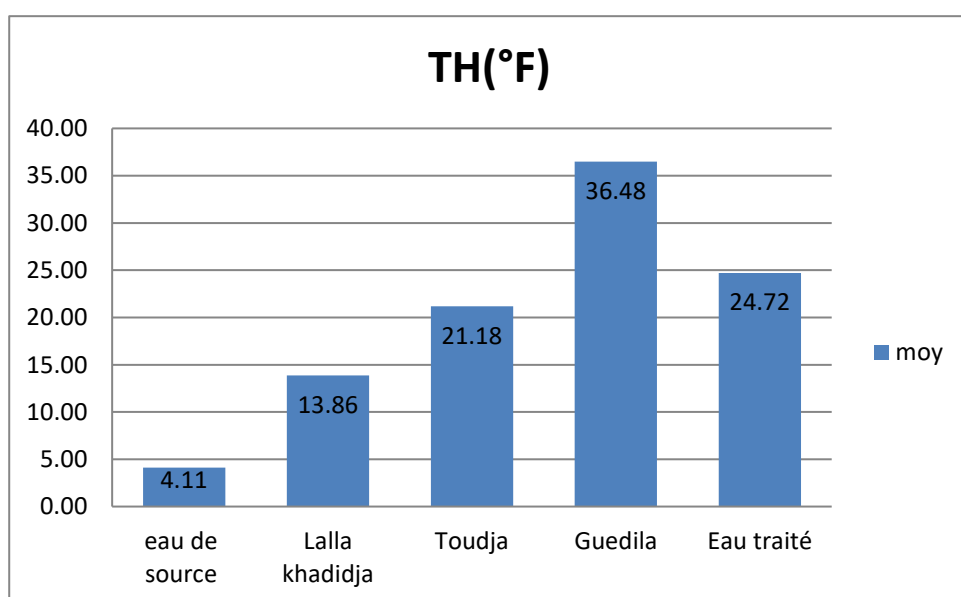


Fig. 46 : variations du TH

La dureté totale de l'eau est causée par les sels de calcium et de magnésium présents en solution. Les eaux peuvent être classées en fonction de leur dureté par l'addition du calcium et magnésium, Les résultats obtenus montrent une variation entre (4,11 et 36,48)°F. Les eaux des sources Boudafal et Lalla Khadîdja sont considérées comme des eaux douces, tandis que les eaux de Toudja, l'eau traitée du barrage Takesabt et Guedila sont plutôt dures. Cette dernière est principalement due à la présence d'ions calcium et magnésium dissous dans l'eau, provenant de minéraux tels que le calcaire et la dolomie présents dans le sol et les roches.

Les valeurs trouvées restent conformes aux normes algériennes qui < 200 mg/l (INNOR JOURNAL).

24. Calcium (Ca^{2+})

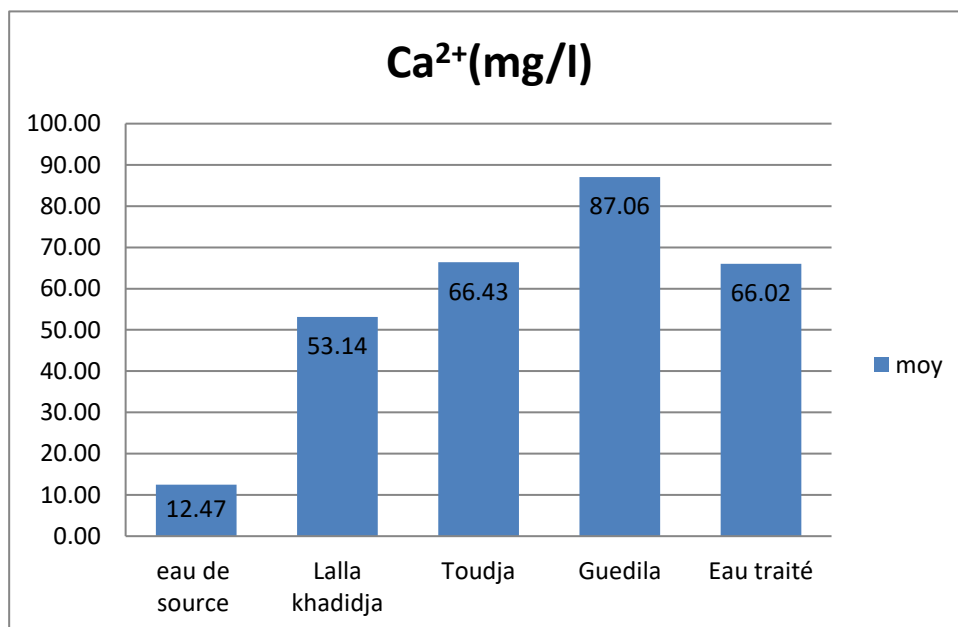


Fig. 47: variations des concentrations du calcium (Ca^{2+})

Les concentrations de calcium trouvées dans les cinq sources étudiées varient entre (12,47 et 87,06)mg/l. On observe que la source Boudafal est pauvre en calcium, ce qui peut être attribué à un sol peu riche en ions. En revanche, la source Guedila semble être une eau calcique, avec des concentrations plus élevées en calcium. Cependant, toutes les concentrations restent inférieures aux normes recommandées étudiées, qui sont < 200 mg/L (INNOR JOURNAL)

Le calcium pénètre dans les systèmes d'eau douce principalement sous l'effet de la météorisation des roches, en particulier des roches calcaires, ainsi que par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration, par lixiviation et par ruissellement. La concentration en calcium dans l'eau dépend du temps que l'eau passe dans des formations géologiques riches en calcium (Nechad et al., 2014).

25. Magnésium (Mg^{2+})

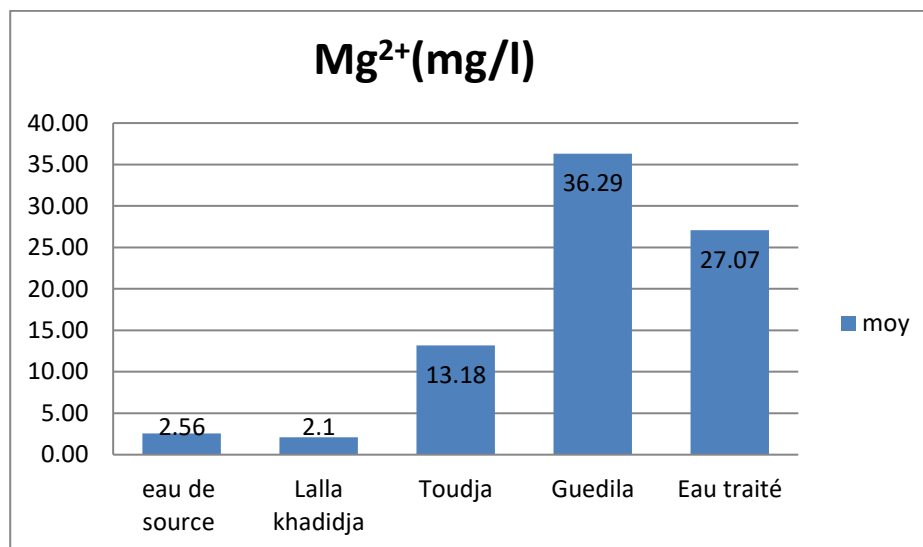


Fig. 48 : variation des concentrations de magnésium(Mg^{2+})

Les moyennes de magnésium trouvées dans les cinq sources étudiées varient entre (2,1 et 36,29) mg/l. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les eaux de Guedila et dans l'eau traitée. Cependant, toutes les concentrations restent conformes à toutes les normes étudiées, qui sont < 50 mg/l (INNOR JOURNAL). Les origines du magnésium sont comparables à celles du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en magnésium, telles que la magnésite et la dolomite (Debieche, 2002).

26. Chlorure (Cl^-)

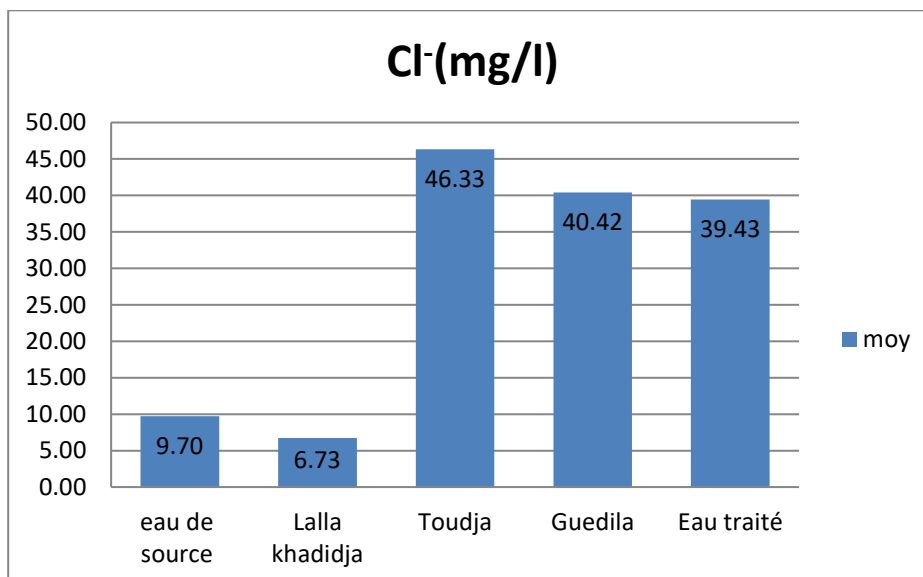


Fig. 49: variations des concentrations des chlorures(Cl^-)

Les valeurs de chlorure obtenues dans les cinq sources varient entre (6,73 et 46,33) mg/l. On remarque que les sources Boudafal et Lalla Khadîdja présentent des valeurs faibles, tandis que Guedila, l'eau traitée et Toudja ont les valeurs les plus élevées. Cependant, toutes ces

concentrations restent normalisées selon toutes les normes étudiées, qui exigent < 400 mg/l (INNOR JOURNAL)

Ces valeurs peuvent être attribuées à la nature des roches traversées ou à la dissolution des sels tels que le chlorure de sodium (NaCl). Pour l'eau traitée du barrage Takesabt, la présence de chlorures peut être due à la chloration. En ce qui concerne Toudja, les valeurs élevées peuvent être attribuées à l'altération météorique et à la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi qu'à la présence de matériaux d'embouteillage.

27. Dioxydes de Carbone (CO₂)

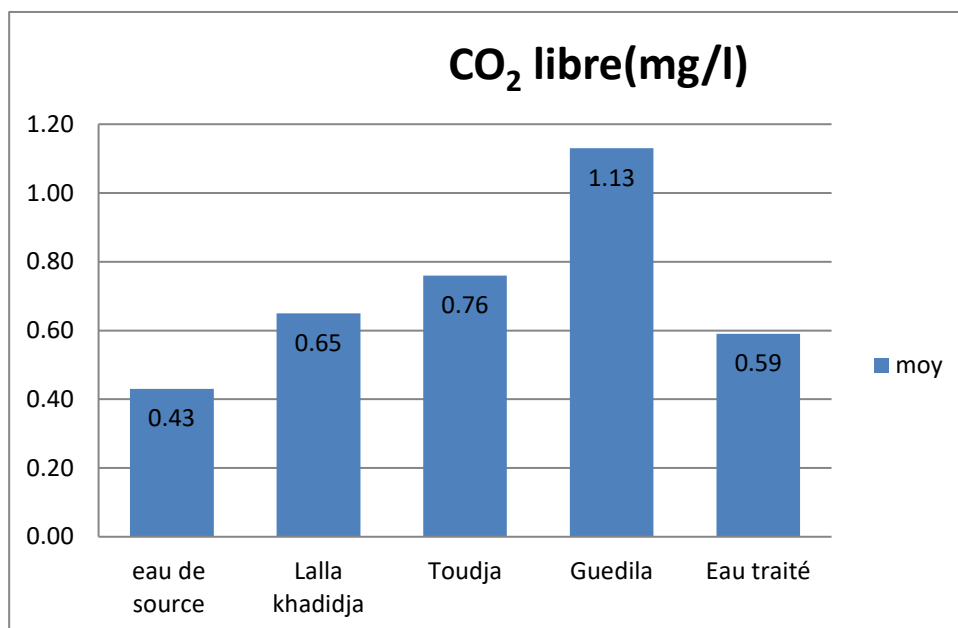
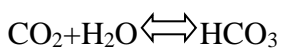


Fig. 50 : variations des concentrations de CO₂ libre

Les valeurs obtenues des cinq sources varient entre (0.43et 1.13 mg/l). Aucune norme ni recommandé.

Le co2 libre permet d'ajuster finement le pH grâce a ses propriétés d'acide faible.il participe directement a la maitrise du TAC.



28. Interprétation des résultats bactériologique

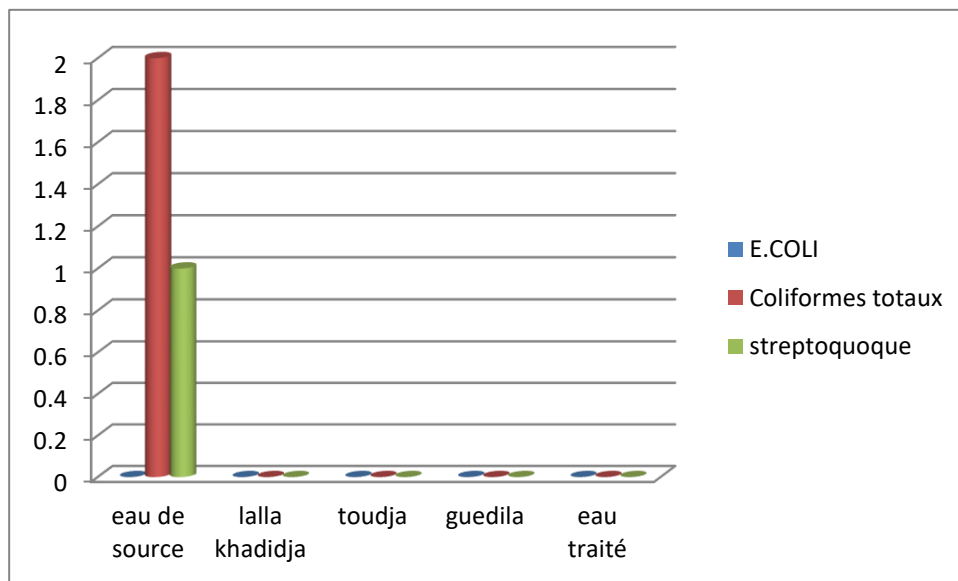


Fig. 51 : résultats des paramètres bactériologiques

Les résultats obtenus montrent que les eaux Lalla Khedidja, Toudja, Guedila et l'eau traité du barrage Takesabt sont des eaux saines microbiologiquement, elle contient aucune des bactéries E. coli, streptocoque, coliforme totaux. Elles respectent la norme prescrite qui est de 0 UFC.

Par contre la source Boudafal elle présente des coliforme totaux qui est peut être du a l'activité humaine et infiltration par la surface terrestre .et la présence des streptocoques parce que c'est une zone d'agglomération donc elle revient a l'assainissement. On conclue qu'elle est contaminé car elle dépasse les normes prescrites >0 UFC.

Conclusion générale

Cette étude vise à comparer les eaux minérales embouteillées (Toudja, Lalla Khedidja, Guedila) et les eaux de sources naturelles (eau souterraine du village Boudafal à AIN EL HAMMAM) et eau de la surface de barrage de Takesabt en termes de qualité physico-chimique et microbiologique. Les analyses ont été effectuées au laboratoire SEAAL, incluant une trentaine de paramètres pour évaluer la valeur minéralogique de l'eau, les principaux indicateurs de pollution et la présence de certains groupes bactériens.

Les résultats des analyses ont révélé que :

- Les eaux minérales présentent une minéralisation faible à moyenne, respectant les normes algériennes. La composition varie selon les marques, permettant aux consommateurs de choisir des eaux adaptées à leurs besoins nutritionnels spécifiques (teneur en calcium, magnésium, bicarbonates, faible teneur en sodium).

- L'eau de la source Boudafal montre des teneurs faibles en calcium, magnésium, chlorures et bicarbonates, avec des traces conformes de nitrites, nitrates, ammonium, aluminium et fer. Cependant, elle est contaminée par des streptocoques et coliformes totaux, nécessitant une protection adéquate.

- Les eaux de la production du barrage Takesabt, principale source d'eau potable pour, Alger et Boumerdes, ont été analysées avant et après traitement. Les résultats montrent que l'eau brute est peu polluée physico-chimiquement mais contient des bactéries au-delà des normes. Après traitement, l'eau respecte les normes bactériologiques algériennes, avec une qualité organoleptique acceptable.

Pour assurer la sécurité de la consommation en eau, il est crucial de :

- Privilégier les eaux minérales embouteillées pour leur qualité constante.
- Mettre en place des systèmes de traitement et des programmes de surveillance pour les eaux de sources naturelles et de barrage, par rapport à la pollution.
- Protéger la ressource en eau des sources de pollution et ce par une meilleure gestion des périmètres de protection qui contribuera à valoriser et à mieux commercialiser ces ressources.
- Encourager des recherches pour comprendre la dynamique des sources d'eau et développer des technologies de traitement efficaces et durables.
- Actualiser les études hydrogéologiques et pédologiques de la région.

- Conserver l'eau embouteillée dans un endroit propre et frais, en respectant les recommandations de conservation (stockage).

En résumé, bien que les eaux naturelles puissent offrir des avantages nutritionnels, leur consommation sûre dépend de traitements appropriés et d'une surveillance continue pour prévenir les risques microbiologiques. Les eaux minérales embouteillées restent une option fiable pour les consommateurs soucieux de leur santé et de la qualité de l'eau qu'ils consomment.

Bibliographie

1. **ABDESSELEM, 1999.** Suive De La Qualité Microbiologique Et Physicochimique De Trois serres Alimentant De La Région De Tlemcen, Mémoire d'ingénieur institut de biologie, université de Tlemcen., pp 2-18.
2. **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016 :** Données bactériologique et physico-chimique, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou, juin 2016.
3. **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016 :** Données bactériologique et physico-chimique, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou, septembre 2016.
4. **ADE (Algérienne des eaux) Tizi-Ouzou, 2016 :** Données du service de l'exploitation, établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou, septembre 2016.
5. **AISSAOUI Azeddine, 2013 :** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage
6. **Atallah, 2014.** Procédé de dessalement et qualité physico-chimique de l'eau dessalée par la station de dessalement de l'eau de mer de Honaine - teneurs: cations, anions et métaux lourd. Mémoire de Master en Alimentation et Nutrition, Université Abou-BekrBelkaid Tlemcen, 99 p.
7. **ATTEIA O. 2005.** Chimie et pollution des eaux souterraines. Edition Lavoisier Tec et Doc,Paris. 398p
8. **Benhouhou, S., et al. 2015.** "Biodiversity and Conservation in the Kabylie Region, Algeria." African Journal of Ecology.
9. **BENSLAMA et al. 2013.** "Geological and Hydrogeological Characteristics of the Djurdjura Massif." Journal of AfricanEarth Sciences.
10. **Bouabdellah, M., et al. 2008.** "Hydrogeology of the Sétif region, Algeria." EnvironmentalGeology.
11. **Cherifi, M., et al. 2010.** "Mineral water resources in the High Plateaus of Algeria: Case study of Guedila." Journal of Hydrology"
12. **COLLIN J.J. 2004.** Les eaux souterraines. Edition Belin. 56 -59p.
13. **Degremont, 2005.** Mémento technique de l'eau tomes 1 ET 2: 10eme édition: Degremont. 1718 p.
14. EPA, 2022,[National Secondary Drinking Water Regulations](#)

15. **Fondation Nationale de la Santé, 2013** : Manuel pratique d'analyse de l'eau/National HealthFoundation – 4. ed. – Brasilia ; FUNASA, 2013.150 p.
16. **Gaujous, 1995**. La pollution des milieux aquatiques: Aide-mémoire: 2ème édition. France: Tec & Doc Lavoisier. 220 p.
17. **GHAZALI D. et ZAID A., 2013**. Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknes à Maroc).Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp 25-36
18. **GROSCLAUDE,1999** :l'eau, tome I :milieu naturel et maitrise.EditionINRA,paris.
19. **Houillier. P, Blanchard. AetPailard .M, 2004**,Métabolisme du potassium, Elsevier SAS. 1 : 138-157.
20. **IANOR, 2024** : journal officiel algériennes de réglementation
21. **IBRI &TALEB, 2016** : mémoire de master en science agronomique ;Caractérisation et valorisation d'une eau de source de la région de Boghni. suivi d'une étude comparative avec une eau minérale LallaKhedidja,UMMTO
22. **ISSER JOURNAL** : journal officiel algériennes de réglementation des eaux
23. **JORA, 2014**), journal officiel de la république algérienne.
24. **LEDLER, 1986. In HAOUSSA, N., 2013**. Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra: Faculté des Sciences et de la technologie, 26p
25. **MARGAT, 1998**. CNFSH (Comité national français de l'AISH) [en ligne] disponible sur : www.hydrologie.org/ [consulté en 2017].
26. **Martin, 2001**. The "apports nutritionnels conseilles (ANC)" for the French population. *Reproduction Nutrition Development*, 41(2):119-128.
27. **MEGHZILI B., 2003**. Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamadi-Krouma (Skikda). Essais d'optimisation. Thèse de magister Université de Biskra. 77, 89p
28. **MERZOUG et al. 2017**, "Ecological and Climatic Conditions of the Djurdjura Mountains." *Environmental Earth Sciences*.
29. **MOKEDDEM, et OUDDANE, S., 2005**. Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie – Mascara, pp 18-22.
30. **MORLOT M. 1996**. Aspets analytique du plomb dans l'environnement. Ed. Lavoisier.Tec et Doc. 484p.

31. **Musy, Higy. 2004**,.Hydrologie: Une science de la nature. Presses polytechniques et universitaires romandes, (21), 314 p.
32. OMS, 2023)[Guidelines for Drinking-water Quality](#)
33. **OUDDAR & BEN AKLI, 2021** : mémoire de master en science agronomique ;Evaluation de la qualité des eaux du barrage de taksebt avant et après traitement, UMMTO
34. **POTELON J-L., ZYMAN K., 1998**. Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial..
35. **REJSECK, 2002 in HAOUSSA, N., 2013**. Etude de la qualité des eaux des mélanges Eau d'oued Biskra - Eau de Droh. Mémoire de Master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider – Biskra: Faculté des Sciences et de la technologie, 25 p
36. **REJSEK, 2002** :analyse des eaux :aspect réglementaire et technologie .centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine.
37. **RODIER, 1997**. L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire Et Eaux De Mer), 8ème Edition, Dunod, Paris, p 66
38. **RODIER, 2009**. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaire, Eau de mer. 9eme édition: Dunod, Paris.
39. **SADI & BOUROUREN, 2016** : mémoire de master en science agronomique ; caractérisation et valorisation de quatre source (Thimanithine, Aitsmail, samta, ElAinseur) de la région Toudja wilaya de Bejaïa UMMTO
40. **Savary, 2010**. Guide des analyses de la qualité de l'eau: Territorial éditions. 266 p.
41. **SI ABDERRAHMANE, 2016** : Contribution à l'évaluation du système management et qualité des paramètres physico-chimiques, bactériologiques et organoleptiques des eaux des stations de traitement Taksebt et Boudouaou, mémoire de master Management de qualité totale et sécurité des aliments, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, Algérie, 2016.
42. **Slimani, 2003**. Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique des eaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. Mémoire d'ingénieria en écologie et environnement. Ecosystème steppique et saharien. Université d'Ouargla. 85 p.
43. **Tardat-Henry M., 1992**. Chimie des eaux. Edition Québec : Griffon d'argile.
44. **VILAGINES, 2003**. Eau, environnement et santé publique. Introduction l'hydrologie. 2ème édition: Tec et Doc. Lavoisier, p3- 187-198

45. **W.H.O. 1987.** Global pollution and health results of related environmental monitoring. Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP.

Annexes

eau source	1,00	2,00	3,00	4,00	moy	min	max
conductivité	102,90	108,70	111,20	106,50	107,33	102,90	111,20
Température	15,80	12,10	19,70	17,00	16,15	12,10	19,70
PH	7,05	7,04	6,88	6,72	6,92	6,72	7,05
Turbidité	0,77	0,73	0,57	0,42	0,62	0,42	0,77
Couleur	3	1	3	2	2	1	3
UV	0,006	0,006	0,002	0,007	0,005	0,002	0,007
O2	6,91	7,04	5,45	7,23	6,66	5,45	7,23
MES	0,00	3,00	0,00	4,00	2	0,00	4,00
RS	60	66	60	28	54	28	66
FER	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08
Nitrites	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
ammonium	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
orthophosphate	0,04	0,04	0,04	0,12	0,06	0,04	0,12
aluminium	0,000	0,024	0,045	0,020	0,022	0,000	0,045
nitrites	3,12	2,77	3,40	2,78	3,02	2,77	3,40
sulfates	4	2	4	3	3	2,00	4,00
MO	0,00	0,08	0,00	0,17	0,06	0,00	0,17
TA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TAC	17,50	16,00	10,50	10,50	13,63	10,50	17,50
HCO3	213,50	195,20	128,10	128,10	166,23	128,10	213,50
TH	4,55	3,96	5,34	2,57	4,11	2,57	5,34
Calcium	16,35	8,17	15,53	9,81	12,47	8,17	16,35
Magnésium	1,40	4,66	3,73	0,46	2,56	0,46	4,66
chlorure	11,11	14,59	7,79	5,31	9,70	5,31	14,59
co2 libre	0,40	0,44	0,44		0,43	0,40	0,44
cadimium	0,0153				0,02	0,02	0,02
plomb	0,00				0,00	0,00	0,00
cuivre	0,00				0,00	0,00	0,00

LallaKhadidja	1	2	3	4	moy	min	max
conductivité	273,00	270,00	324,00	279,00	286,50	270,00	324,00
Température	14,50	12,10	19,40	17,20	15,80	12,10	19,40
PH	7,85	7,90	7,83	7,94	7,88	7,83	7,94
Turbidité	0,160	0,250	0,091	0,430	0,280	0,160	0,430
Couleur	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UV	0,006	0,006	0,002	0,007	0,005	0,002	0,007
O2	6,95	7,90	5,82	7,95	7,16	5,82	7,95
MES	0	1	0	1	1	0	1
RS	178	136	128	118	140	118	178
FER	0,05	0,04	0,04	0,08	0,05	0,04	0,08
Nitrites	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ammonium	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
orthophosphate	0,00	0,01	0,01	0,08	0,03	0,00	0,08
aluminium	0,00	0,023	0,011	0,014	0,012	0,000	0,023
nitrate	4,59	3,69	3,22	5,94	4,36	3,22	5,94
sulfate	3,10	3,00	3,00	3,00	3,03	3,00	3,10
MO	0,00	0,76	0,00	0,00	0,19	0,00	0,76
TA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TAC	70,50	60,50	66,50	53,50	62,75	53,50	70,50
HCO3	213,50	738,10	811,30	652,70	603,90	213,50	811,30
TH	14,05	11,28	16,23	13,86	13,86	11,28	16,23
Calcium	52,32	42,51	67,86	49,87	53,14	42,51	67,86
Magnésium	3,26	2,33	2,33	0,46	2,10	0,46	3,26
chlorure	9,03	8,33	5,31	4,25	6,73	4,25	9,03
co2 libre	0,20	1,10	0,66		0,65	0,20	1,10
cadmium	0,0153				0,02	0,02	0,02
plomb	0,00				0,00	0,00	0,00
cuivre	0,00				0,00	0,00	0,00

Toudja	1	2	3	4	moy	min	max
conductivité	573	542	564	548	556,75	542,00	573,00
Température	15,1	13,1	19,4	17,0	16,15	13,10	19,40
PH	7,05	7,04	6,88	8,01	7,25	6,88	8,01
Turbidité	0,230	0,320	0,091	0,103	0,186	0,091	0,320
Couleur	0	0	0	3	1	0	3
UV	0,004	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,004
O2	6,70	7,89	5,64	7,28	6,88	5,64	7,89
MES	0	4	0	3	2	0	4
RS	383	260	296	262	300	260	383
FER	0,06	0,03	0,14	0,08	0,08	0,03	0,14
Nitrites	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ammonium	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,02
orthophosphate	0,00	0,01	0,00	0,20	0,05	0,00	0,20
aluminium	0,000	0,009	0,012	0,012	0,008	0,000	0,012
nitrate	1,37	1,62	2,01	0,29	1,32	0,29	2,01
sulfate	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
MO	0,46	0,20	0,00	1,34	0,50	0,00	1,34
TA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TAC	102,00	90,00	73,00	70,50	83,88	70,50	102,00
HCO3	1244,40	1098,00	890,60	860,10	1023,28	860,10	1244,40
TH	20,79	20,98	22,96	19,98	21,18	19,98	22,96
Calcium	63,77	72,76	67,86	61,32	66,43	61,32	72,76
Magnésium	12,60	7,93	15,40	16,80	13,18	7,93	16,80
chlorure	60,09	63,90	31,90	29,42	46,33	29,42	63,90
co2 libre	0,30	0,88	1,10		0,76	0,30	1,10
cadmium	0,0172				0,02	0,02	0,02
plomb	0,00				0,00	0,00	0,00
cuivre	0,00				0,00	0,00	0,00

Gueudila	1	2	3	4	moy	min	max
conductivité	758,00	737,00	778,00	761,00	758,50	737,00	778,00
Température	15,1	15,3	19,8	16,3	16,6	15,1	19,8
PH	7,47	7,47	7,71	7,55	7,55	7,47	7,71
Turbidité	0,260	0,320	0,100	0,064	0,186	0,064	0,320
Couleur	0	0	0	0	0	0	0
UV	0,001	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
O2	6,65	7,47	5,55	7,12	6,70	5,55	7,47
MES	0	2	0	0	1	0	2
RS	564	472	460	434	483	434	564
FER	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,05
Nitrites	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ammonium	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02
orthophosphate	0,03	0,03	0,00	0,08	0,04	0,00	0,08
aluminium	0,060	0,007	0,015	0,028	0,028	0,007	0,060
nitrate	4,24	3,69	4,62	4,50	4,26	3,69	4,62
sulfate	29	95	95	95	79	29	95
MO	0,00	0,80	0,00	0,00	0,20	0,00	0,80
TA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TAC	135,50	130,50	106,00	104,00	119,00	104,00	135,50
HCO3	1651,10	1592,10	1293,20	1268,80	1451,30	1268,80	1651,10
TH	34,84	36,82	36,63	37,62	36,48	34,84	37,62
Calcium	85,03	95,60	81,76	85,85	87,06	81,76	95,60
Magnésium	33,60	32,20	39,67	39,67	36,29	32,20	39,67
chlorure	39,60	40,30	40,08	41,69	40,42	39,60	41,69
co2 libre	0,30	1,32	1,76		1,13	0,30	1,76
cadmium	0,0215				0,02	0,02	0,02
plomb	0,00				0,00	0,00	0,00
cuivre	0,00				0,00	0,00	0,00

Eau traité	1,00	2,00	3,00	4,00	moy	min	max
conductivité	539,00	533,00	544,00	543,00	539,75	533,00	544,00
Température	17,0	15,5	17,6	17,0	16,8	15,5	17,6
PH	7,64	7,54	7,75	7,87	7,70	7,54	7,87
Turbidité	0,360	0,560	0,370	0,191	0,370	0,191	0,560
Couleur	1	3	0	3	2	0	3
UV	0,058	0,036	0,053	0,052	0,050	0,036	0,058
O2	7,37	7,72	5,77	7,28	7,04	5,77	7,72
MES	0	2	0	2	1	0	2
RS	256	330	328	270	296	256	330
FER	0,06	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,06
Nitrites	0,00	0,00	0,00	0,002	0,00	0,00	0,00
ammonium	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
orthophosphate	0,07	0,01	0,00	0,06	0,04	0,00	0,07
aluminium	0,010	0,018	0,024	0,018	0,018	0,010	0,024
nitrites	9,40	4,23	9,04	9,10	7,94	4,23	9,40
sulfates	95	95	52	52	74	52	95
MO	1,29	1,70	1,70	1,75	1,61	1,29	1,75
TA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TAC	60,50	14,50	83,50	75,50	58,50	14,50	83,50
HCO3	738.1	176,90	1018,70	921,10	705,57	176,90	1018,70
TH	21,58	27,00	27,52	22,77	24,72	21,58	27,52
Calcium	67,86	58,05	72,76	65,41	66,02	58,05	72,76
Magnésium	38,74	29,87	23,33	16,33	27,07	16,33	38,74
chlorure	38,21	39,61	44,47	35,43	39,43	35,43	44,47
co2 libre	0,30	0,88	0,66		0,59	0,30	0,88
cadimium	0,0000				0,00	0,00	0,00
plomb	0,00				0,00	0,00	0,00
cuivre	0,00				0,00	0,00	0,00

Résumé

Notre étude vise à comparer la qualité physico-chimique et bactériologique de trois eaux minérales naturelles embouteillées (LallaKhedidja, Toudja, Guedila) et d'une eau de source (Fontaine de Boudafal) située dans la région d'Ain El Hammam avec celle de l'eau du barrage de Takesabt. Cette comparaison a utilisé les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur.

Pour parvenir à cette caractérisation, des échantillons ont été prélevés à la source pour effectuer des analyses physico-chimiques et microbiologiques au laboratoire de Takesabt (SEAAL).

Les résultats obtenus pour les différentes eaux minérales et l'eau de Takesabt montrent un profil chimique souvent bicarbonaté calcique et magnésien, ou chloruré et sulfaté calcique et magnésien. Tous les tests sont conformes aux normes de potabilité. En revanche, l'eau de source de Boudafal, bien que faiblement minéralisée, présente une contamination bactériologique. La diversité dans la répartition des sels minéraux observée dans les échantillons étudiés est principalement expliquée par la géologie des terrains traversés.

Mots-Clés : Eau minérale, Eau de source, qualité, sels dissous, santé, normes de potabilité, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques.

Abstract:

The aim of our study is to compare the physico-chemical and bacteriological quality of three bottled natural mineral waters (LallaKhedidja, Toudja, Guedila) and one spring water (Fontaine de Boudafal) located in the Ain El Hammam region with that of water from the Takesabt dam. This comparison used Algerian drinking water potability standards and current regulations.

To achieve this characterization, samples were taken at the source for physico-chemical and microbiological analysis at the Takesabt laboratory (SEAAL).

The results obtained for the various mineral waters and Takesabt water show a chemical profile that is often calcic and magnesian bicarbonate, or chloride and calcic and magnesian sulfate. All tests comply with drinking water standards. On the other hand, Boudafal spring water, although only slightly mineralized, is bacteriologically contaminated. The diversity in the distribution of mineral salts observed in the samples studied is mainly explained by the geology of the terrain traversed.

Key words: Mineral water, spring water, quality, dissolved salts, health, potability standards, physicochemical analyses, bacteriological analyses.