

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة 8 ماي 1945 قالمة

Université 8 Mai 1945 Guelma

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



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité/Option : Biodiversité et Environnement

Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème

**Etude de la qualité physico-chimique des eaux
souterraines dans les zones rurales de la région de Guelma**

Présenté par :

- ❖ **Cehidi Meryem Malak**
- ❖ **Ferkoussi Romaissa**

Devant le jury composé de :

Président	Mr. NEDJAH Riad	Pr	Université de Guelma
Examineur	Mme. BAALOUJ Afaf	M.C.A	Université de Guelma
Encadreur	Mme. SANSRI Soraya	M.C.B	Université de Guelma

Juin 2023

Dédicaces

*A mon très cher père: **Cehidi Mourad**. Aucune dédicace ne saurait exprimer à sa juste valeur tout l'amour, le respect, l'attachement et la reconnaissance que je te porte... Tu m'as enseigné la droiture, le respect et la conscience du devoir...*

Puisse dieu le tout puissant, te procurer santé, bonheur et longue vie...

*A ma très chère mère: **Bouata Lyamna**. A la plus merveilleuse des mères, J'espère réaliser, en ce jour, l'un de tes rêves... Aucun mot ne saurait exprimer mon respect, ma considération et l'amour que je porte... Puisse Dieu le tout puissant te donner santé et longue vie...*

*A mes belles sœurs: **Chaima, Nour El Imane, Nadjla**. Pour leurs présences dans ma vie, pour ses soutiens moraux, que dieu vous protège et vous garde pour moi.*

A la famille de ma mère.

*A S. **Djamal** et sa femme.*

*A mon binôme **Romaissa** et Son fils **Ghaith**.*

*A mes meilleurs amis: **Ahlem, Alaa, Samah, Hanin, Wiam, Djoumana, Khouloud, Amani et Rahma**.*

*A mes collègues: **Intissar, Samar, Nesrin, Hadjer et Chaima**.*

*Grand merci à **A. Bilal** pour l'aide.*

A tous qui m'ont connue



Meryem Malak

Dédicaces

Avec joie, fierté et respect, je dédie ce mémoire:

*A au plus beau sourire de ma vie, à la femme la plus merveilleuse qui existe, **ma chère maman «Yamina»**, A celui qui m'a appris que le monde est un combat et que son arme est la connaissance. À l'homme le plus grand et le plus cher de ma vie, **mon cher père «Abd'El-Kader»**, aucune dévotion ne peut exprimer l'amour, l'appréciation et le respect que j'ai pour vous.*

*A mon frère **Wassim** et mes sœurs **Hadil, Israa et Douaa**.*

*A mon cher mari **Bedrawi Bilal**, à la pomme de mon yeux mon fils **Ghaith**.*

*A ma belle amie **Meryem Malak** et sa famille.*

A tout la famille de mon mari.

Et enfin à tous mes amis proches, à tous ceux qui m'aiment.



Romaissa

Remerciements

Nous remercions dieu, le tout Puissant de nous avoir donné le courage, la santé et la volonté pour faire ce modeste travail.

*Nous remercions chaleureusement les membres de jury: **Mr Nedjah Riad** et Madame **Baaloudj Afaf** et qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail; qu'ils soient assurés de notre profonde gratitude.*

*Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadrant Madame **Sensri Soraya** pour avoir d'abord proposé ce projet de fin d'études et d'avoir accepté de diriger ce travail ainsi que pour ses précieux conseils et surtout pour nous avoir laissé une grande liberté dans la conception et la rédaction de ce projet.*

*Nous remercions **Satour Abdellatif** Doctorant en Ecologie et environnement, Université 8 Mai 1945 Guelma.*

Un grand merci à tous les enseignants du département d'écologie et environnement de la faculté des Sciences de la nature et de la vie surtout pour tous leurs aides et services qui ne cessent de nous donner des conseils très importants en signe de reconnaissance.

Un remerciement pour toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.

Merci

Liste des figures

Figure 1: cycle de l'eau	2
Figure 2: Situation géographique des sources étudiées.....	10
Figure 3: Photos des sources étudiées	11
Figure 4: Multi-paramètre WTW LF 197	13
Figure 5: Turbidimètres série TL2300	14
Figure 6: conductimètre HQ14D.....	14
Figure 7: pH-mètre	15
Figure 8: Spectrophotomètre HACH DR6000.....	15
Figure 9: Variation de la température des eaux étudiées	26
Figure 10: Variation de la turbidité des eaux étudiées	26
Figure 11: Variation de la conductivité des eaux étudiées.....	27
Figure 12: Variation du pH des eaux étudiées	27
Figure 13: Variation de TDS des eaux étudiées.....	28
Figure 14: Variation de la teneur en nitrates des eaux étudiées.....	28
Figure 15: Variation de la teneur en nitrites des eaux étudiées.....	29
Figure 16: Variation du TH des eaux étudiées.....	29
Figure 17: Variation du TA des eaux étudiées.....	30
Figure 18: Variation du TAC des eaux étudiées	30
Figure 19: Variation du MO des eaux étudiées.....	31
Figure 20: Variation du MES des eaux étudiées.....	31
Figure 21: Variation de la teneur en calcium des eaux étudiées	32
Figure 22: Variation de la teneur en chlorure des eaux étudiées	32
Figure 23: Variation de la teneur en phosphate des eaux étudiées	33
Figure 24: Variation de la teneur en fer des eaux étudiées	33
Figure 25: Variation de la teneur en magnésium des eaux étudiées	34
Figure 26: Variation de la teneur en ammonium des eaux étudiées	34
Figure 27: Variation de la teneur en sulfate des eaux étudiées	35
Figure 28: Variation de la teneur en sodium des eaux étudiées	35
Figure 29: Variation de la teneur en potassium des eaux étudiées	36
Figure 30: Variation de la teneur en bicarbonate des eaux étudiées	36

Liste des tableaux

Tableau 1: Position géographique des sources échantillonnées	11
Tableau 2: Périodes de prélèvement	12
Tableau 3: Les Résultats des paramètres physico-chimiques	25

Liste des abréviations

°C	Degrés Celsius.
°f	Degré français
μS/cm	Micro-siémens par centimètre
Ca⁺²	Calcium.
Cd	Conductivité
Cl⁻	Chlorure.
Fe⁺²	Fer.
H₂SO₄	Acide sulfurique.
HCO₃⁻	Bicarbonate.
J.O.R.A	Journal Officiel de la République Algérienne.
K⁺	Potassium.
MES	Matières En Suspension.
Mg/l	Milligramme par litre.
Mg⁺²	Magnésium.
MO	Matières Organique.
Na⁺	Sodium.
NaOH	Hydroxyde de sodium.
NH₄⁺	Ammonium.
NH₄OH	Solution aqueuse d'ammoniac.
NO₂⁻	Nitrite.
NO₃⁻	Nitrate.
NTU	Unité de Turbidité Néphélométrique.
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé.
pH	Potentiel d'Hydrogène.
PO₄⁻³	Phosphate.
SO₄⁻²	Sulfate.
T°	Température.
TA	Titre Alcalimétrique.
TAC	Titre Alcalimétrique complet.
TDS	Solides Dissous Totaux
TH	Titre Hydrométrique.
Turb	Turbidité.

Sommaire

Remerciements	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale.....	1
Chapitre I : Etude Bibliographique	
1. Généralités sur l'eau.....	2
2. Cycle de l'eau.....	2
3. Les sources naturelles de l'eau.....	3
3.1. Les eaux de pluie	3
3.2. L'eau de surface.....	3
3.3. L'eau souterraine	3
4. Evaluer la qualité des eaux souterraines	3
5. Facteurs influençant la qualité des eaux souterraines	4
6. Paramètres de qualité des eaux	5
6.1. Paramètres organoleptiques.....	5
6.1.1. Couleur.....	5
6.1.2. Odeur et goût	5
6.2. Paramètre physique.....	5
6.2.1. La température	5
6.2.2. La turbidité.....	6
6.2.3. La conductivité	6
6.2.4. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	6
6.2.5. Solides dissous totaux (TDS).....	6
6.3. Qualité chimique.....	6
6.3.1. Nitrates.....	6
6.3.2. Nitrites	6
6.3.3. La dureté total (TH)	7
6.3.4. Titre Alcalimétrique (TA) / Titre Alcalimétrique complet (TAC)	7
6.3.5. Matières organiques (MO).....	7
6.3.6. Matières en suspension (MES)	7
6.3.7. Calcium.....	7
6.3.8. Magnésium.....	7
6.3.9. Chlorures.....	7

6.3.10. Phosphates	8
6.3.11. Le fer.....	8
6.3.12. Ammonium	8
6.3.13. Sulfates.....	8
6.3.14. Le sodium	8
6.3.15. Potassium.....	8
6.3.16. Bicarbonates.....	8

Chapitre II : Matériels Et Methodes

Description de site.....	10
1. Présentation de la zone d'étude.....	10
2. Méthode de travail.....	11
3. Les sources étudiées	11
4. Représentation des sources étudiées	11
5. Mode prélèvement.....	12
6. Périodes de prélèvement des échantillons.....	12
Méthode de travail.....	13
1. Analyse physique	13
1.1. Mesure de la température	13
1.2. Mesure de la turbidité	13
1.3. Mesure de la conductivité.....	14
1.4. Mesure le potentiel d'Hydrogène	14
1.5. Mesure de TDS.....	15
2. Analyse chimique.....	15
2.1. Dosage de nitrate	15
2.2. Dosage de nitrite.....	16
2.3. Dosage de la dureté totale (TH).....	17
2.4. Dosage de TA/TAC	17
2.5. Détermination des matières organiques (MO).....	18
2.6. Détermination des matières en suspension (MES)	19
2.7. Dosage des ions calcium.....	19
2.8. Dosage des ions magnésium.....	20
2.9. Dosage des ions chlorure	20
2.10. Dosage des ions phosphate	21
2.11. Dosage de fer	21
2.12. Dosage de l'ammonium.....	22
2.13. Dosage des ions sulfate.....	22

2.14. Dosage de sodium et de potassium.....	22
2.15. Dosage de Bicarbonate	23

Chapitre III : Resultats Et Discussion

1. Les résultats des paramètres physico-chimiques.....	25
2. Les paramètres physiques	25
2.1. La température	25
2.2. La turbidité	26
2.3. La conductivité	27
2.4. Potentiel d'Hydrogène (pH)	27
2.5. Solides dissous totaux (TDS)	28
3. Les paramètres chimiques	28
3.1. Nitrates (NO_3^-).....	28
3.2. Nitrites (NO_2^-)	29
3.3. La dureté totale (TH)	29
3.4. Titre Alcalimétrique (TA)	30
3.5. Titre Alcalimétrique complet (TAC).....	30
3.6. Matière organique (MO).....	31
3.7. Matières en suspension (MES)	31
3.8. Calcium (Ca^{+2})	32
3.9. Chlorure (Cl^-)	32
3.10. Phosphate (PO_4^{-3})	33
3.11. Fer (Fe^{+2}).....	33
3.12. Magnésium (Mg^{+2}).....	34
3.13. Ammonium (NH_4^+).....	34
3.14. Sulfate (SO_4^{-2})	35
3.15. Sodium (Na^+)	35
3.16. Potassium (K^+).....	36
3.17. Bicarbonate (HCO_3^-)	36
Conclusion générale et perspectives	38
Bibliographie.....	40
Annexe	45
Résumé	

Introduction générale

Introduction générale

L'eau est essentielle pour la survie des êtres vivants car elle permet le transport de l'oxygène et des nutriments vers les cellules, elle est nécessaire à la respiration aérobie et à l'activité enzymatique, elle assure l'élimination des déchets et joue un rôle prépondérant dans la régulation de la température corporelle des vertébrés (**Christophe, 2014**).

Une eau est considérée comme potable pour la consommation humaine, lorsqu'elle ne contient aucun élément chimique nuisible pour la santé. Donc la mauvaise qualité de l'eau et à une hygiène défectueuse est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux (**Aouissi, 2013**).

Environ 97% des eaux douces continentales liquides sont constituées d'eaux souterraines, qui constituent une ressource vitale et fragile dont la présence et la qualité sont cruciales pour la survie de l'homme dans de nombreuses régions du monde. En effet, entre 75% à 90% de la population mondiale dépendent de l'eau souterraine pour leur consommation d'eau (**Aït boughrous, 2007**).

En circulant sous terre, les eaux phréatiques absorbent divers éléments chimiques solubles provenant des différentes couches géologiques qu'elles traversent. Ces éléments peuvent être de nature anthropique ou géologique. Elles ont une capacité d'altérer la qualité des eaux souterraines (**Aït boughrous, 2007**), Les eaux ont des valeurs de pH, des taux de salinité, des charges en particules et en composés dissous différents (**Amira, 2008**).

La qualité de l'eau est cruciale pour la santé publique car elle peut causer des dommages importants au sol, à l'organisme humain, et même affecter la santé d'une communauté entière. Dans ce cadre, Notre objectif est d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau des sources utilisées comme eau de boisson au niveau dans les régions de Sellaoua Announa et d'Ain makhoulouf. En outre, il s'agit de déterminer l'aptitude à la consommation et la possibilité d'utilisation.

Ce manuscrit est divisé en trois parties :

- **La première partie** : est consacrée à l'étude bibliographique du l'eau, les différentes sources, ainsi que, les facteurs influençant la qualité de leurs paramètres physico-chimiques

Introduction générale

- **La deuxième partie** : échantillonnage de l'eau dans les deux zones rurales, et les protocoles de traitement des eaux.
- **La dernière partie** : les résultats obtenus, et leur discussion

Enfin, nous tirons une conclusion et nous proposons quelques perspectives.

Chapitre I :
ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur l'eau

L'eau douce est une ressource essentielle à la vie, et sa disponibilité a toujours été utilisée pour de nombreuses fonctions biologiques, écologiques et alimentaires. Elle se trouve sous forme des mers, des océans, des nappes souterraines...

L'eau est très présente sur notre planète, ainsi vue de l'espace, la terre apparaît bleue car les océans recouvrent près des trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur terre représente un volume de 1,4 milliard de km³ sous forme liquide, solide ou gazeuse. Cependant, la majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme (Ayad, 2017).

2. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est le mouvement continu de l'eau autour de la Terre. Il est également connu sous le nom de cycle hydrologique. C'est le processus du cycle naturel de déplacement de l'eau entre les réservoirs d'eau tels que les océans, l'atmosphère, les lacs, les rivières, les eaux souterraines et les glaciers. Son état change constamment de liquide à vapeur à glace et vice versa. Le cycle de l'eau comporte quatre phases (Fig.1) : évaporation, condensation, précipitation et ruissellement (Laura et al., 2014).

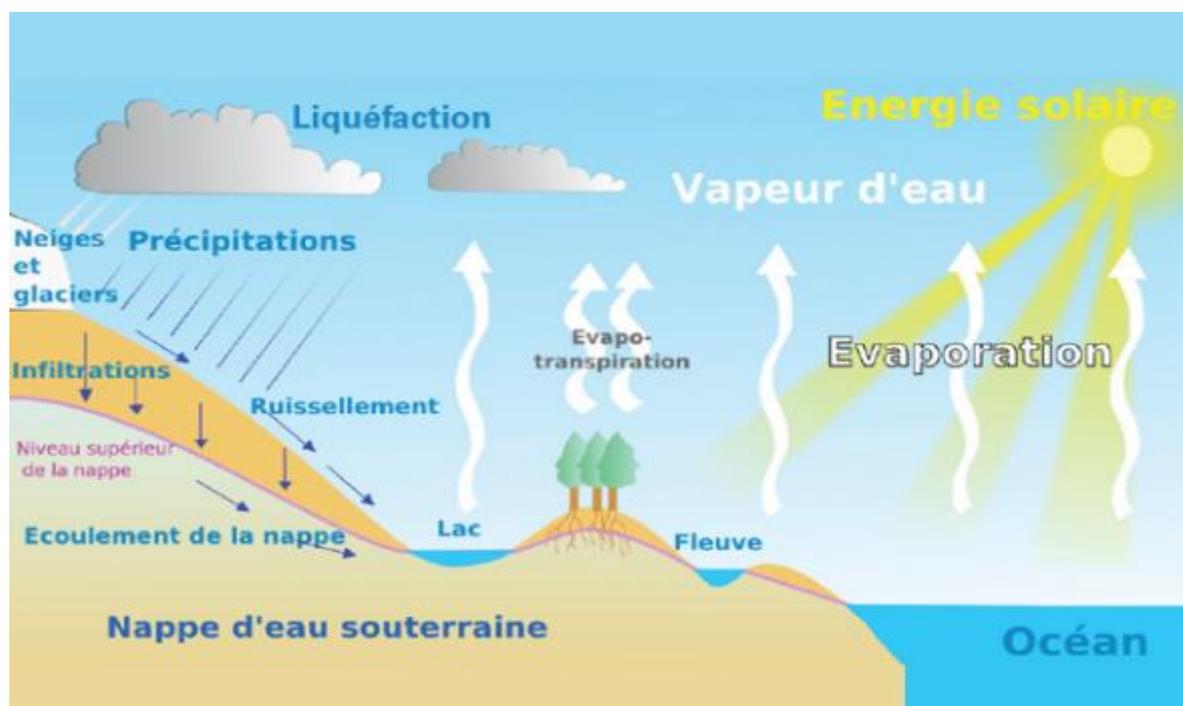


Figure 1 : cycle de l'eau. [1]

3. Les sources naturelles de l'eau

3.1. Les eaux de pluie

L'eau de pluie est une eau de haute qualité pour la consommation humaine. Ils sont saturés d'oxygène et d'azote et ne contiennent pas de sels dissous. Comme les sels de magnésium et de calcium ; Dans les zones industrialisées, l'eau de pluie peut être polluée par les poussières présentes dans l'atmosphère (**Desjardins, 1997**).

3.2. L'eau de surface

Les eaux de surface sont référence à toutes les masses d'eau douce, saumâtre, salée, courantes ou stagnantes (les lacs, les mers, les océans...) qui sont en contact direct avec l'air et sont distinctes des eaux souterraines (**CIE, 2013**). En raison des déchets rejetés dans ces eaux et de leur importante surface de contact avec le milieu extérieur, la plupart d'entre elles présentent une prolifération de vie microbienne. En conséquence, ces eaux nécessitent souvent un traitement avant d'être considérées comme potables (**Bouzit, 2012**).

3.3. L'eau souterraine

Ce sont les eaux des nappes phréatiques qui correspondent à 22 % des réserves d'eaux douces, soit environ 1000 milliards de m³ Leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol (**Aissaoui, 2013**).

Les eaux souterraines enfouies ne sont généralement pas affectées par les sources de contamination. Comme les propriétés de ces eaux changent très peu avec le temps (**Desjardins, 1997**).

4. Evaluer la qualité des eaux souterraines

L'évaluation de la qualité des eaux souterraines est une étape importante dans la gestion et la protection des ressources en eau (**Fernandez et al., 2018**). Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour évaluer la qualité des eaux souterraines, notamment les méthodes physico-chimiques et biologiques. Les méthodes physico-chimiques sont les plus couramment utilisées pour évaluer la qualité des eaux souterraines (**Tiwari et al., 2020**). Les paramètres physico-chimiques mesurés comprennent le pH, la conductivité, la température, l'oxygène dissous, les ions majeurs et mineurs, les éléments traces, les métaux lourds, les pesticides et les hydrocarbures (**Nas et al., 2018**).

Il est important de noter que l'évaluation de la qualité des eaux souterraines doit être effectuée régulièrement pour assurer la protection et la gestion efficace des ressources en eau (Wang *et al.*, 2019).

5. Facteurs influençant la qualité des eaux souterraines

La qualité des eaux souterraines peut être influencée par différents facteurs, tels que la géologie, la topographie, les activités humaines et les conditions climatiques.

Les formations géologiques riches en minéraux peuvent augmenter la concentration des ions majeurs tels que le calcium, le magnésium et le bicarbonate dans les eaux souterraines. De même, les formations géologiques contenant des sulfates peuvent contribuer à la présence de sulfates dans les eaux souterraines. Par exemple, les roches calcaires peuvent dissoudre des minéraux tels que le calcium et le magnésium, ce qui peut affecter la dureté de l'eau souterraine (Ravikumar *et al.*, 2019).

En ce qui concerne les activités humaines, Des études ont montré que l'activité humaine est l'un des facteurs les plus importants qui influencent la qualité des eaux souterraines (Aghazadeh *et al.*, 2018), l'utilisation des pesticides, des engrais et des produits chimiques dans l'agriculture, l'industrie et les zones urbaines peut contaminer les eaux souterraines en augmentant la concentration des nitrates, des métaux lourds et des produits chimiques toxiques. De plus, les activités minières peuvent entraîner l'accumulation de métaux lourds tels que le plomb et le cuivre dans les eaux souterraines, ce qui peut affecter leur qualité. Les pratiques d'élimination des déchets tels que les décharges et les stations d'épuration des eaux usées peuvent également contaminer les eaux souterraines en libérant des contaminants dans le sol qui peuvent se déplacer vers les nappes phréatiques.

Les conditions climatiques telles que les précipitations, la température et les changements climatiques peuvent également influencer la qualité des eaux souterraines. Les précipitations peuvent entraîner une infiltration rapide des contaminants dans le sol, ce qui peut affecter la qualité des eaux souterraines, ils peuvent entraîner une augmentation de la concentration de contaminants dans les eaux souterraines en raison de l'écoulement des eaux de surface vers les eaux souterraines (Nouiri *et al.*, 2020). De même, les variations de température peuvent affecter la solubilité des minéraux, ce qui peut influencer la qualité des eaux souterraines. Les changements climatiques, tels que l'augmentation des températures et la diminution des précipitations, peuvent également affecter la qualité des eaux souterraines en modifiant les processus hydrologiques.

6. Paramètres de qualité des eaux

Pour dire de l'eau qu'elle est potable, ses normes doivent être conformes aux normes fixées par l'OMS. Il prend bien soin de la santé consommateur. C'est pourquoi des valeurs limites sont fixées pour les normes organoleptiques, physiques et chimiques à ne pas dépasser.

6.1. Paramètres organoleptiques

6.1.1. Couleur

La coloration de l'eau est habituellement causée par la présence d'impuretés minérales telles que le fer et manganèse ainsi qu'à la présence de matières organiques comme les substances humiques issues de la décomposition de la matière végétale. De plus, une coloration variable peut également être causée par la pigmentation des algues (**Degremont, 2005**).

6.1.2. Odeur et goût

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition (**Rodier et al., 2009**).

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilités chimiques communes perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche (**Rodier et al., 2009**).

Selon les physiologistes, il y a uniquement quatre goûts fondamentaux : salée, sucrée, aigre et amère. Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau de substances relativement volatiles.

6.2. Paramètre physique

6.2.1. La température

C'est un paramètre physique et un facteur écologique majeur. La température maximale dans l'eau potable est de 15°C, car il est reconnu que l'eau doit être rafraîchissante. Dans les eaux naturelles et au-dessus de 15°C, la température aide à une croissance rapide de micro-organismes et d'algues (**Maïga, 2005**).

6.2.2. La turbidité

La turbidité traduit la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau et éveille la méfiance et la répugnance du consommateur. En outre, elle nuit au taux de filtration et risque de diminuer l'efficacité de la désinfection, le contact entre les germes pathogènes et l'agent désinfectant étant défavorisé (Maïga, 2005).

6.2.3. La conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre l'évolution (Rodier *et al.*, 2009).

6.2.4. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH joue un rôle important dans l'épuration d'un effluent et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se fait qu'à des valeurs de pH comprises entre 7,5 et 9 (Metahri, 2012).

Pour l'eau destinée à la consommation humaine, l'OMS ne fixe pas de valeur mais précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et un pH élevé entraîner des problèmes de goût (Rodier *et al.*, 2009).

6.2.5. Solides dissous totaux (TDS)

Les solides dissous totaux sont une mesure de la somme de toutes les substances inorganiques et organiques dans un liquide. Les TDS se trouvent normalement dans tous les systèmes d'eau douce [2].

6.3. Qualité chimique

6.3.1. Nitrates

Les nitrates, dont on constate une augmentation générale de la concentration dans les eaux brutes, doivent être éliminés car leur nuisance a été reconnue lorsqu'ils sont présents en grande concentration dans l'eau de consommation. Ils sont à l'origine de la méthémoglobinémie des nourrissons (Degremont, 1989).

6.3.2. Nitrites

En l'absence de pollution, il n'y a pas ou très peu de nitrites dans les eaux et dans les zones où l'autoépuration est active, les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (de l'ordre de 0,01 mg/L) (Rodier *et al.*, 2009).

6.3.3. La dureté total (TH)

Le TH est le titre hydrotimétrique et représente la dureté de l'eau. Il correspond approximativement à la somme de Ca^{+2} et Mg^{+2} (**Dambrine et al., 1999**).

6.3.4. Titre Alcalimétrique (TA) / Titre Alcalimétrique complet (TAC)

Ces deux valeurs permettent de mesurer la teneur d'hydrogénocarbonate, de carbonates et d'hydroxydes (**UAE, 2013**).

6.3.5. Matières organiques (MO)

La matière organique contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections des organismes vivants). Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration [3].

6.3.6. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc (**Rodier, 1984**).

6.3.7. Calcium

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorures, etc (**Rodier et al., 2009**).

6.3.8. Magnésium

D'un point de vue chimique, le magnésium s'apparente au calcium. Les minéraux magnésiens sont moins solubles que les minéraux contenant du calcium (**Benmarce, 2015**).

6.3.9. Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (**Makhoukh et al., 2011**).

6.3.10. Phosphates

L'origine des phosphates dans les eaux serait liée aux rejets urbains ou à la dissolution des engrais chimiques (Touati et al., 2018).

6.3.11. Le fer

Peuvent provoquer une coloration et sont à l'origine de dépôts dans les réseaux. Des corrosions peuvent en résulter. Par ailleurs, ils affectent les qualités organoleptiques de l'eau (Degremont, 1989).

6.3.12. Ammonium

Il n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur, mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution.

L'ammonium doit être éliminé dans les eaux de consommation, car c'est un aliment qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution (Degremont, 1989).

6.3.13. Sulfates

Les sulfates proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.) (Belghiti et al., 2013).

6.3.14. Le sodium

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, la concentration peut être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà (Aouissi, 2010).

6.3.15. Potassium

Bien que dans les roches ignées la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium, sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/L (Rodier et al., 2009).

6.3.16. Bicarbonates

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique (Aouissi, 2010).

Chapitre II :
MATERIELS ET
METHODES

Description de site

1. Présentation de la zone d'étude

La wilaya de Guelma se situe au Nord-est du pays et constitue, du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba – Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa) (Fig.2).

Sur une superficie de 3.686,84 Km² et abrite une population (Estimée à fin 2009) de 494079 Habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du Chef-Lieu de Wilaya [4].

Elle est limitrophe des wilayas telles que :

- La Wilaya d'Annaba, au Nord.
- La Wilaya de Skikda, au Nord-ouest.
- La Wilaya de Constantine, à l'Ouest.
- La Wilaya d'Oum-El-Bouaghi, au Sud.
- La Wilaya de Souk-Ahras, à l'est.
- La Wilaya d'El-Tarf, au Nord-est [4].

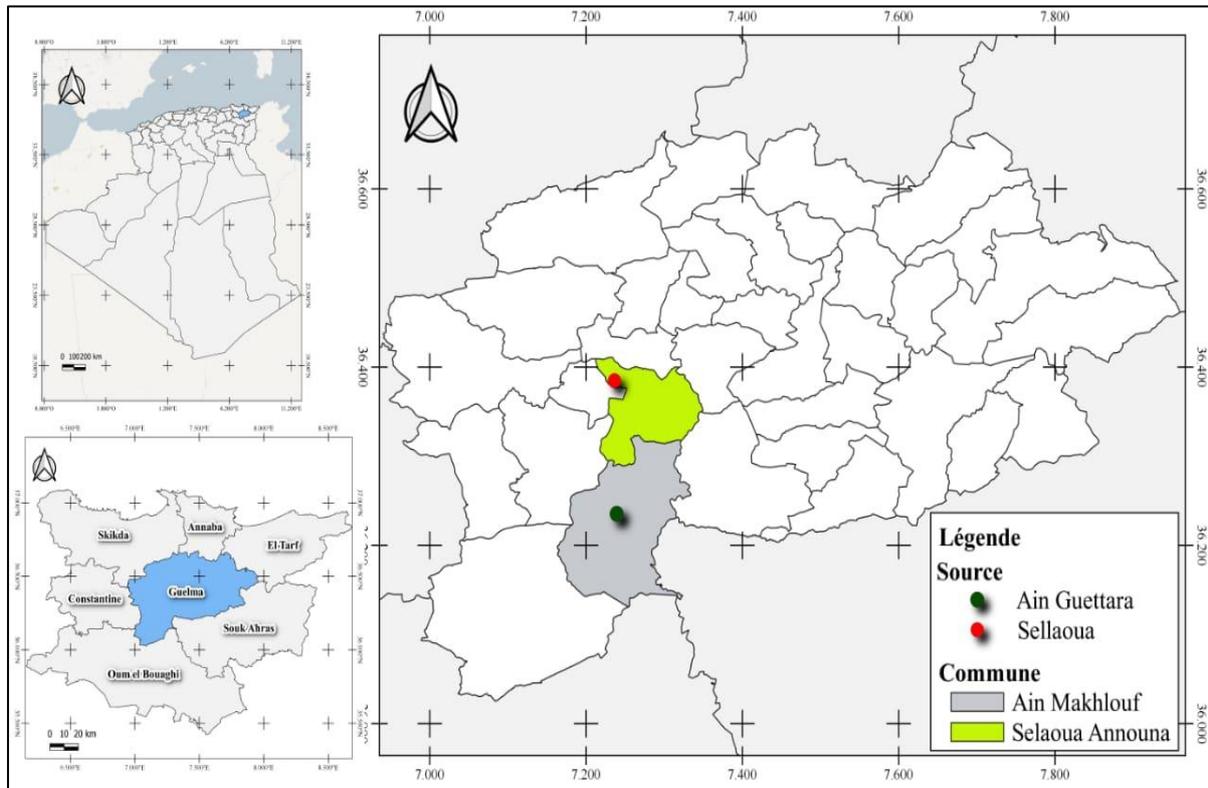


Figure 2 : Situation géographique des sources étudiées. (Photo personnel)

2. Méthode de travail

Notre travail consiste essentiellement à l'étude des eaux souterraines. Nous devons donc effectuer des analyses physico-chimiques des sources d'eau consommées par la population.

Ces analyses ont été réalisées dans le laboratoire de la station de traitement des eaux à Hammam Debagh.

3. Les sources étudiées

Nous avons choisi deux sources de communautés différentes de la Wilaya de Guelma. (Tab.1).

Tableau 1 : Position géographique des sources échantillonnées.

Les sources	Coordonnées Est	Coordonnées Nord	Altitude	Agglomération
Source Sellaoua	7° 14 10,77	36° 23 05,05	710 m	Sellaoua Announa
Ain Guettara	7° 09 10,10	36° 13 23,69	335 m	Ain Makhoulouf

4. Représentation des sources étudiées

Ces sources utilisées quotidiennement car elles sont situées sur les principaux axes routiers et distribuées aux habitants de la région (Fig.3). D'où la nécessité d'étudiées et suivi leur qualité physico-chimique.



Figure 3 : Photos des sources étudiées. (Photo personnel)

5. Mode prélèvement

- Pour les analyses physico-chimiques, il est recommandé d'utiliser des flacons plastiques.
- Il est préférable de réaliser les dosages des éléments chimiques dès que possible car certains éléments, tel que les nitrates, peuvent subir des modifications.
- L'eau de source doit être prélevée, les flacons doivent être d'abord rincés avec l'eau à analyser, puis remplis jusqu'au bord, bouchonnés, étiquetés et immédiatement conservés dans une glacière à 4° C.

6. Périodes de prélèvement des échantillons

La période d'étude s'est étendue sur 4 mois, de Janvier à Avril, comme indiqué dans le tableau 2.

Tableau 2 : Périodes de prélèvement.

Nom de source	Date de prélèvement
Source Sellaoua Ain Guettara	23/01/2023 24/01/2023
Source Sellaoua Ain Guettara	12/02/2023 14/02/2023
Source Sellaoua Ain Guettara	12/03/2023 13/03/2023
Source Sellaoua Ain Guettara	10/04/2023 11/04/2023

Méthode de travail

1. Analyse physique

1.1. Mesure de la température

❖ Matériel

- Bécher
- Appareil multi-paramètre (Fig.4)

❖ Mode opératoire :

- Pour mesurer la température de l'eau, on prélève un volume de la solution à analyser dans un bécher puis on plongeait l'électrode dans quelques centimètres d'eau.
- Nous attendons que la valeur se stabilise avant de lire le résultat.
- Finalement, nous avons nettoyé le bécher et l'électrode pour terminer la mesure suivante



Figure 4 : Multi-paramètre WTW LF 197.

1.2. Mesure de la turbidité

❖ Matériel

- Bécher
- Turbidimètre (Fig.5)

❖ Mode opératoire

- D'abord calibrer le turbidimètre.
- Puis remplir une cuvette propre jusqu'au trait (30 ml) avec de l'eau à analyser en évitant la formation de bulle d'air.
- Tenir la cuvette par le bouchon et l'essuyer avec mouchoir doux sans peluches pour retirer les gouttes d'eau et les traces de doigts.
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot.
- Presser la touche READ ; Lire et noter le résultat affiché (Coulibaly, 2005).



Figure 5 : Turbidimètres série TL2300.

1.3. Mesure de la conductivité

❖ Matériel

- Bécher
- Conductimètre (Fig.6)

❖ Mode opératoire

- La conductivité mesurée par l'appareil conductimètre avec la même méthode de la température.



Figure 6 : conductimètre HQ14D.

1.4. Mesure le potentiel d'Hydrogène

❖ Matériel

- Bécher
- Appareil pH-mètre

❖ Mode opératoire

- Appuyer sur le bouton on/off pour allumer le pH mètre.
- Mettez l'eau qui analyser dans le bécher.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser et lire directement la valeur du pH.

- Après chaque mesure de pH, retirer l'électrode et la rincer à l'eau distillée en fin d'expérience.



Figure 7 : pH-mètre.

1.5. Mesure de TDS

❖ Mode opératoire

- Le TDS mesure avec multi-paramètre, avec les mêmes étapes de mesure la température.

2. Analyse chimique

2.1. Dosage de nitrate

❖ Matériel

- Fiole jaugée
- Poire
- Pipette graduée
- Spectrophotomètre (fig.8)



Figure 8 : Spectrophotomètre HACH DR6000.

❖ Réactifs

- Solution de salicylate de sodium.
- Solution d'hydroxyde de sodium.
- H₂SO₄ concentré.
- Tartrate double de sodium et de potassium.

❖ Mode opératoire

- Prélever un échantillon de 10 ml de l'eau analysé.
- Ajouter 2-3 gouttes de NaOH à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium et évaporer à sec au bain-marie ou à l'étuve à 75-88°C. (Ne surchargez pas ou ne surchauffez pas pendant une longue période) Laissez-le refroidir.
- Reconstituer le résidu avec 2 ml de H₂SO₄, laisser reposer 10 minutes et ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à 415 nm. Le résultat est donné directement par mg/l

2.2. Dosage de nitrite**❖ Réactifs**

- Solution du réactif
- Solution d'acide phosphorique
- Solution standard de 100 mg/l

❖ Mode opératoire

- Dans une fiole jaugée, on introduit 50 ml d'eau analysé.
- A l'aide de pipette, on ajoute 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 min.
- L'apparition de la coloration rose qui montre la présence du NO₂⁻.
- Passer au spectrophotomètre à 543nm. Pour lire directement le résultat qui donné par mg/l.

2.3. Dosage de la dureté totale (TH)

❖ Matériel

- Bécher 50 ml.
- Burette.
- Support burette.
- Pipette graduée a 5 ml.

❖ Réactifs

- Solution tampon K10.
- Solution d'EDTA.
- Indicateur noir l'ériochrome T (NET).

❖ Mode opératoire

- Dans un bécher, on met 50 ml d'échantillon.
- Ajouter 4 ml de la solution NH_4OH .
- Ajouter une pincée d'indicateur noir et vérifiez le pH pour qu'il atteigne 10.
- Titrer par la solution d'EDTA goutte à goutte lorsque observée la couleur bleue.

$$1 \text{ } ^\circ f = 10 \text{ mg/l}$$

$$TH \text{ } ^\circ f = V_{\text{titre}} \times 10$$

2.4. Dosage de TA/TAC

❖ Réactifs

- Solution alcoolique de la phénolphtaléine.
- Acide chlorhydrique.
- Solution de Méthyle orange.

❖ Mode opératoire de TA

- La méthode consiste à verser 100 ml de l'eau analysé dans un erlenmeyer
- Puis ajouter deux gouttes de solution alcoolique de phénolphtaléine et à agiter.

Selon deux cas possibles :

- La coloration rose est absente, donc $\text{TA}=0$.
- Si une coloration rose apparaît, cela indique que l'eau est alcaline, alors on détermine le TA

Pour ce faire :

- Nous s'ajoutons goutte à goutte de l'acide chlorhydrique N/10, en agitant constamment, jusqu'à décoloration complète de la solution.

- Soit "n" le volume d'acide versé en ml.
- Les résultats peuvent être exprimés sous la forme

$$TA = n \times c \times 5 \text{ (en } ^\circ\text{f)}$$

n : le volume versé de l'acide.

c : le facteur de correction de la concentration de l'acide.

❖ Mode opératoire de TAC

- Ajouter 2 gouttes d'hélianthine au contenu initial qui a permis de déterminer le TA s'il n'y a pas eu coloration.
- La couleur de solution prend alors la couleur jaune.
- Ajuster la burette au zéro et titrer à nouveau avec la même solution acide jusqu'à l'apparition d'une couleur jaune orangé.
- Donc n' le volume de l'acide en ml.

$$TAC = (n' - 0,1) \times c \times 5 \text{ (en } ^\circ\text{f)}$$

n': Le volume de l'acide.

c : Le facteur de correction de la concentration de l'acide.

2.5. Détermination des matières organiques (MO)

- Solution de permanganate de potassium N/80.
- Solution d'acide oxalique N/80.
- Solution de d'acide sulfurique 50%.

❖ Mode opératoire

- Mettre 100 ml d'eau analysé et 10 ml d'acide sulfurique dans un erlenmeyer.
- Ajouter 10 ml de solution de permanganate de potassium.
- Chauffer le mélange jusqu'à ébullition pour observer une rupture à la surface du liquide.
- Introduire ensuite 10 ml d'acide oxalique pour décolorer la solution.
- Ajouter du permanganate de potassium goutte à goutte jusqu'à ce qu'une teinte rose persistante apparaisse.

$$MO \text{ mg/l} = \text{le nombre de ml } KMnO_4$$

2.6. Détermination des matières en suspension (MES)

❖ Matériel

- Membranes de filtration.
- Etuve réglable.
- Dessiccateur en verre.
- Balance de précision (0,0001g-220g).

❖ Mode opératoire

- Les membranes filtrantes doivent être placées dans une étuve à une température de 105°C pendant 20 min, puis refroidies dans un dessiccateur.
- Ensuite, Le poids des membranes avant la filtration : p_1 doit être noté.
- Placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- Sécher pendant 20 min.
- Faire une 2ème pesé du filtre soit p_2 .

$$MES = (p_2 - p_1) / (V \text{ filtré en l})$$

V : volume de l'eau filtré en l

P_1 : Poids des membranes avant filtration

P_2 : Poids des membranes après filtration

2.7. Dosage des ions calcium

❖ Réactifs

- Indicateur colore : Murénidé.
- Solution d'EDTA N/50.
- Solution d'hydroxyde de sodium à 2N.

❖ Mode opératoire

- Prendre 50 ml de l'eau analyser dans erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde et quelques graines d'indicateur coloré.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet.

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = \frac{V_1 \times C_{EDTA} \times F \times M_{Ca^{2+}}}{P.E}$$

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

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

$M_{Ca^{2+}}$: Masse molaire du calcium en g.

P.E: Prise d'essai.

F : Facteur de dilution.

2.8. Dosage des ions magnésium

❖ Réactifs

- Solution de NH_4OH .
- Solution d'EDTA.
- Indicateur coloré : noir ériochrome T.

❖ Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de solution de NH_4OH .
- Une pincée de noir ériochrome T.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur bleu V2.

$$Mg^{2+} = \frac{V_2 - V_1 \times C_{EDTA} \times F \times M(Mg^{2+})}{P.E}$$

V_1 : Volume titré de calcium.

V_2 : Volume titré du calcium et du magnésium.

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

$M_{Mg^{2+}}$: Masse molaire du magnésium en g.

P.E: Volume de l'échantillon.

F : Facteur de dilution.

2.9. Dosage des ions chlorure

❖ Réactifs

- Solution de chromate de potassium à 10%.
- Solution de nitrate d'argent N/10.

❖ Mode opératoire

- Dans un erlenmeyer de 250 ml, verser 25 ml de l'échantillon d'eau analysé.
- Ajouter 3 gouttes de la solution de chromate de potassium à 10%.
- Verser à l'aide d'une burette, la solution de nitrate d'argent N/10 jusqu'à ce qu'une teinte rougeâtre apparaisse, qui devrait de nitrate d'argent N/10 ajouté.

2.10. Dosage des ions phosphate

❖ Réactifs

A-Réactif-mélange

- a) 13g d'heptamolybdate d'ammonium
- b) 0,35g de tartrate d'antimoine
- c) 150 ml d'acide sulfurique concentré

Mélanger (a+c) + b = 500ml

B-Acide ascorbique

❖ Mode opératoire

- Ajouter 40 ml d'eau analysé.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- 2 ml du réactif-mélange.
- Attendre 10 min
- La présence de phosphate est signalée par la coloration bleue.
- Passer au spectrophotomètre à 700 ou 880 nm.

2.11. Dosage de fer

❖ Réactifs

- Solution phénantroline
- Chlorhydrate d'hydroxylamine
- Tampon acétate

❖ Mode opératoire

- Prélever 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml de chlorhydrate d'hydroxylamine
- Ajouter 2 ml d'acétate et 2 ml de solution phénantroline tout en agitant la préparation.
- Attendre 15 min dans l'obscurité pour que la réaction se produise.
- Le résultat de l'analyse est exprimé en mg/l

2.12. Dosage de l'ammonium

❖ Réactifs

- Réactif coloré (Réactif I).
- Dichloroisocyanurate de sodium (Réactif II).

❖ Mode opératoire

- Dans une fiole de 50 ml prendre 40 ml d'échantillon.
- Ajouter 4 ml de réactif I.
- Ajouter 4 ml de la solution de réactif II.
- Compléter la fiole par l'eau distillée jusqu'à la jauge.
- Attendre 1h30min et si la couleur devient verte, cela indique la présence d'ammonium.
- La lecture doit être effectuée à 655 nm.

2.13. Dosage des ions sulfate

❖ Réactifs

- Solution-mère de sulfate à 1 g/l à partir de Na_2SO_4 .
- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum.

❖ Mode opératoire

- Prendre 20 ml d'eau à analyser et ajouter de l'eau distillée jusqu'à atteindre un volume total de 100 ml.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante et 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter rigoureusement pendant une minute.
- Passer au spectrophotomètre à $\lambda = 420 \text{ nm}$.

2.14. Dosage de sodium et de potassium

❖ Mode opératoire

- Appareil Dr. LANGE (JENWAY)

Il faut le suivre étape par étape :

- Allumer l'appareil à l'aide du bouton vert (Power).
- Ouvrir le robinet de la bouteille du gaz.
- Allumer la flamme à l'aide du bouton noir "IGNITION" sans lâcher le doigt jusqu'à l'affichage "FLM" en rouge sur l'écran.
- Pipeter de l'eau distillée remplie dans une cuvette.

- Optimiser la flamme si elle est jaune à l'aide du bouton "fuel" jusqu'à ce que la couleur devienne bleu violacé.
- Optimiser à zéro à l'aide du bouton "Blank".
- Laisser se stabiliser 5 à 10 minutes.
- Une fois qu'elle se stabilise à zéro, activer la cuvette d'eau distillée et la remplacer par une autre cuvette remplie par une solution étalon de Na^+ ou de K^+ à 10 mg/l.
- Optimiser à 10 mg/l à l'aide du bouton "FINE"
- Retirer la cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et la remplacer par une cuvette remplie d'eau distillée et vérifier si l'écran affiche zéro (0.000).
- Retirer la cuvette remplie par l'eau distillée et la remplacer par une cuvette remplie par une solution étalon de " Na^+ " ou de " K^+ " à 10 mg/l et vérifier si l'écran affiche (10).
- Retirer la cuvette et la remplacer par une autre cuvette remplie d'eau distillée.
- A la fin, passer aux échantillons inconnus jusqu'à ce que la valeur affichée sur l'écran soit stable (3 essais pour chaque échantillon).

A la fin du dosage et par mise de la sécurité, il faut toujours fermer la bouteille de gaz propane en premier lieu ensuite l'appareil et la pompe.

2.15. Dosage de Bicarbonate

Nous calculons la concentration de bicarbonate par :

$$V_{TAC} \text{ (mg/l)} \times 12,2 = V_{\text{HCO}_3^-}$$

Chapitre III :
RESULTATS ET
DISCUSSION

1. Les résultats des paramètres physico-chimiques

Dans le tableau suivant nous présentons les paramètres physico-chimiques des échantillons d'eau prélevée entre les mois Janvier et Avril.

Tableau 3 : Les Résultats des paramètres physico-chimiques.

Paramètres physico-chimiques	Janvier		Février		Mars		Avril	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
T°	15,3	15	14,5	12,9	14	12,6	13,4	12,1
Turb	0,28	0,17	0,49	0,37	0,53	0,23	0,18	0,74
Cd	712	640	752	800	663	838	750	930
pH	7,72	8,53	8,18	7,68	7,79	7,35	7,85	7,87
TDS	355	302	355	420	312	393	352	438
NO ₃ ⁻	4,573	12,575	7,475	24,625	8,407	32,835	7,931	0,672
NO ₂ ⁻	0,004	0,002	0,002	0,002	0,001	00	00	00
TH	346	388	354	428	320	368	336	442
TA	00	00	00	00	00	00	00	00
TAC	257	262	242	279	233	245	214	237
MO	1,5	2,5	0,3	3,4	00	1,2	0,8	0,6
MES	00	00	00	1	00	00	00	00
Ca ⁺²	118,54	136,97	116,94	141,77	96,12	132,96	113,74	148,18
Cl ⁻	28,4	56,8	56,8	71	42,6	99,4	42,6	71
PO ₄ ⁻³	0,040	0,027	0,041	0,001	00	0,041	0,011	0,001
Fe ⁺²	00	0,01	00	00	0,04	0,03	00	0,04
Mg ⁺²	12,15	11,18	15,06	17,98	19,44	8,74	12,63	17,49
NH ₄ ⁺	00	00	00	00	0,016	00	00	0,014
SO ₄ ⁻²	112,5	88	4,5	95,5	25,5	24	25,5	30
Na ⁺	18	21	22	20	20	19	35	27
K ⁺	0,4	0,6	0,4	0,6	0,3	0,6	0,5	0,8
HCO ₃ ⁻	307,44	319,64	295,24	340,38	284,26	298,9	267,18	289,14

2. Les paramètres physiques

2.1. La température

Dans les sources d'étude, les résultats obtenus ont montré que la température a convergé dans les périodes d'étude s'étendant de Janvier à Avril (Fig.9). Elle ne diffère pas non plus beaucoup d'une source à l'autre. La valeur maximale est 15,3 °C dans Source Sellaoua durant le mois d'Avril, et la valeur minimale 12,1 °C dans Ain Guettara de mois Janvier, les valeurs de la température sont dépassées pas la norme de Journal Officiel République Algérienne (J.O.R.A) (25°C).

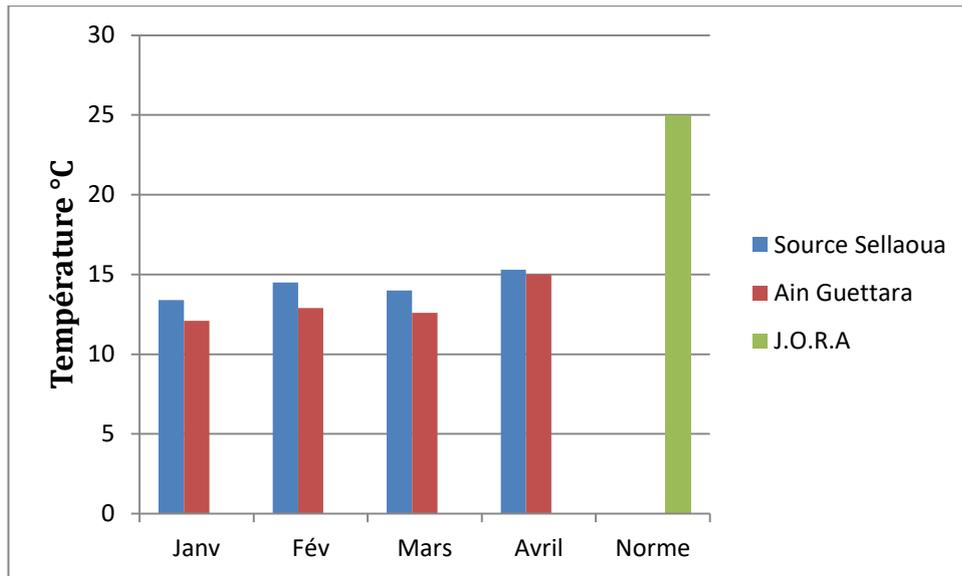


Figure 9 : Variation de la température des eaux étudiées.

2.2. La turbidité

La valeur minimale de la turbidité (0,17 NTU) a été enregistrée pour la source d'Ain Guettara dans le mois de Janvier, et la valeur maximale est (0,74) dans la même source Durant le mois d'avril, les valeurs enregistrées sont inférieures à la norme (5 NTU) exigée par l'OMS et J.O.R.A (Fig.10).

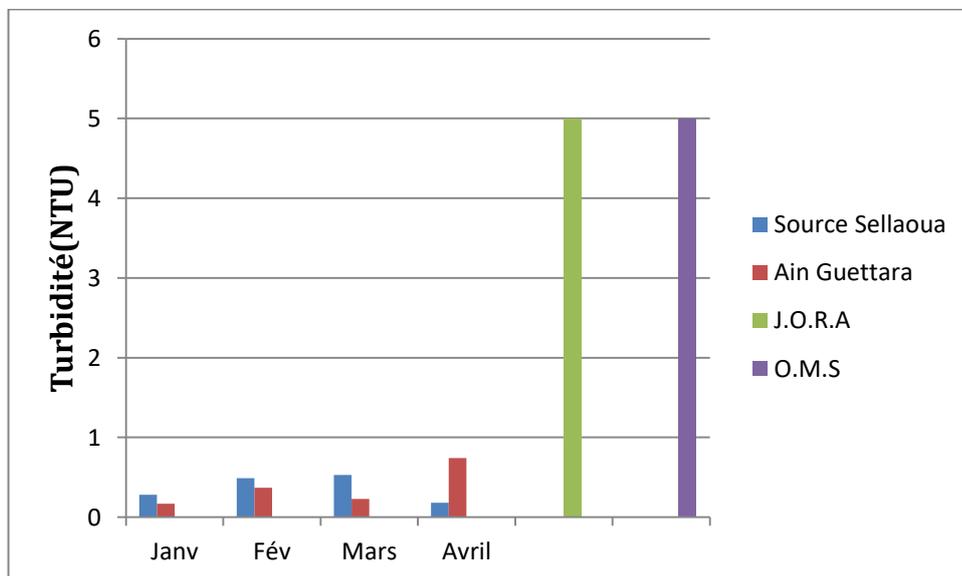


Figure 10 : Variation de la turbidité des eaux étudiées.

2.3. La conductivité

La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre (Metahri, 2012).

Les valeurs de ce paramètre varient de 640 à 930 $\mu\text{S}/\text{cm}$, qui inférieure à la valeur fixée soit de l'O.M.S (2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) soit de la norme J.O.R.A (2800 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

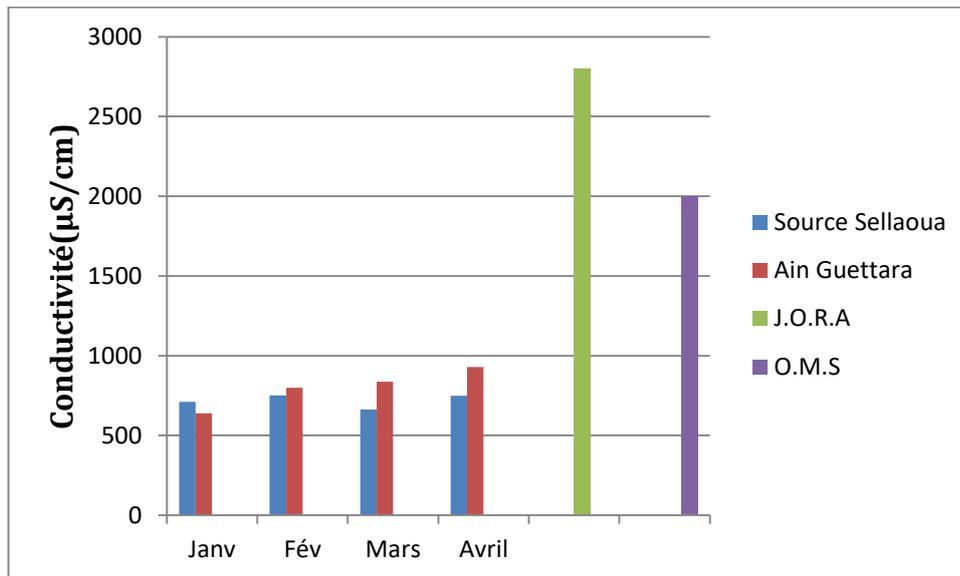


Figure 11 : Variation de la conductivité des eaux étudiées.

2.4. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs de pH sont proches dans les deux sources dans toutes les périodes étudiées (Fig.12). D'après les résultats, la valeur minimale est 7,3 et maximale 8,53. Ces résultats sont cohérents avec la valeur spécifiée de ($6,5 < \text{pH} < 9$) par J.O.R.A.

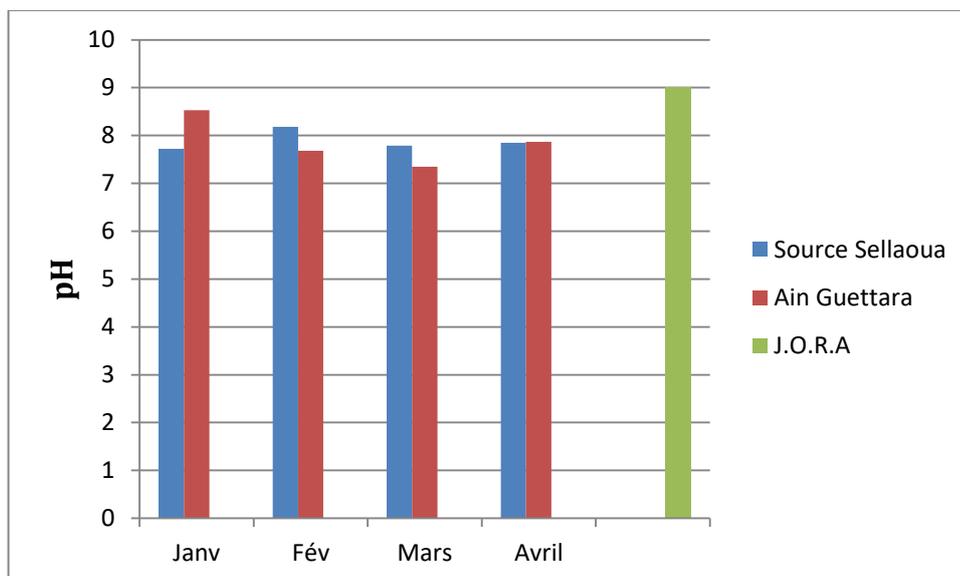


Figure 12 : Variation du pH des eaux étudiées.

2.5. Solides dissous totaux (TDS)

Dans notre secteur d'étude, les valeurs de TDS enregistrées sont situées dans la fourchette des normes O.M.S de l'eau potable (TDS < 600 mg/l). Les résultats variaient entre 302 mg/l comme une valeur minimale et 438 mg/l comme valeur maximale (Fig.13).

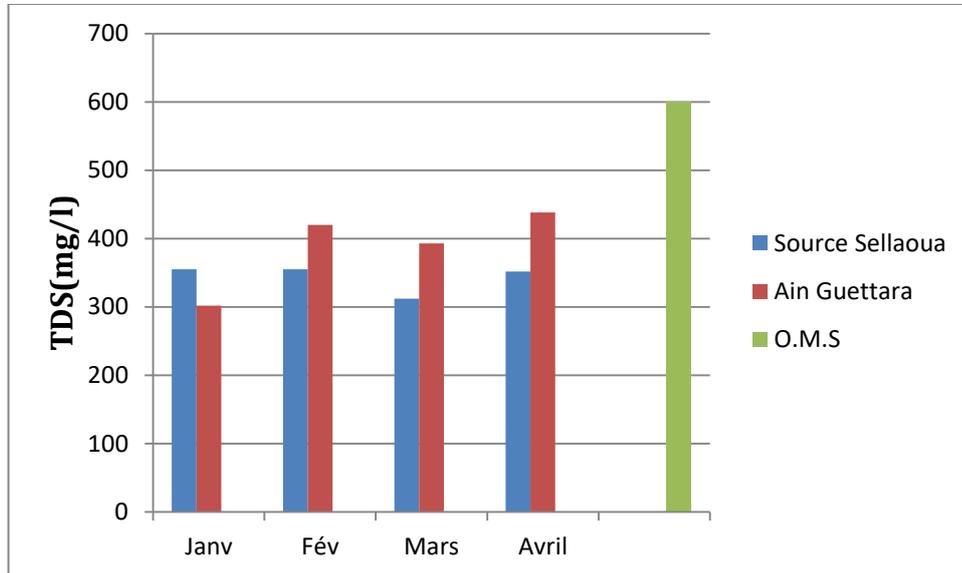


Figure 13 : Variation de TDS des eaux étudiées.

3. Les paramètres chimiques

3.1. Nitrates (NO_3^-)

Pendant les périodes d'étude, la concentration de nitrates dans les échantillons des eaux étudiées est comprise entre 4,573 mg/l (Source Sellaoua en mois de Janvier) et 32,835 mg/l (Ain Guettara en mois de Mars) (Fig.14). Les résultats sont faibles par rapport aux valeurs spécifiées par l'O.M.S et J.O.R.A (50 mg/l).

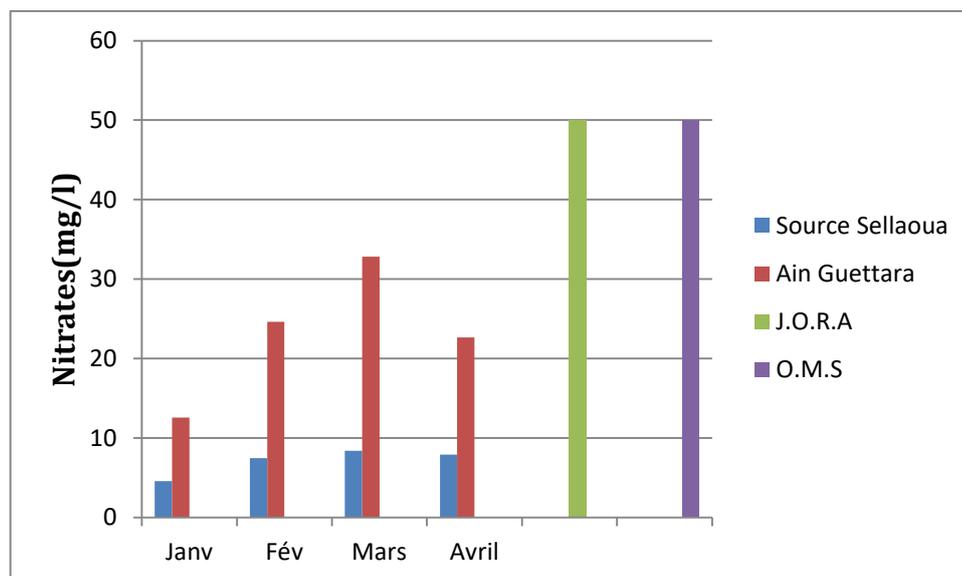


Figure 14 : Variation de la teneur en nitrates des eaux étudiées.

3.2. Nitrites (NO_2^-)

La présence de nitrites dans l'eau à un taux élevé est un indicateur direct de pollution. On retrouve dans les valeurs relevées pour les échantillons étudiés (Fig.15) la valeur minimale de (NO_2^-) est 0,00 mg/l et la valeur maximale 0,004 mg/l. qui n'a pas dépassé la norme algérienne requise pour les eaux de consommation (0,5mg/l) ainsi que la norme de l'OMS (0,2 mg/l).

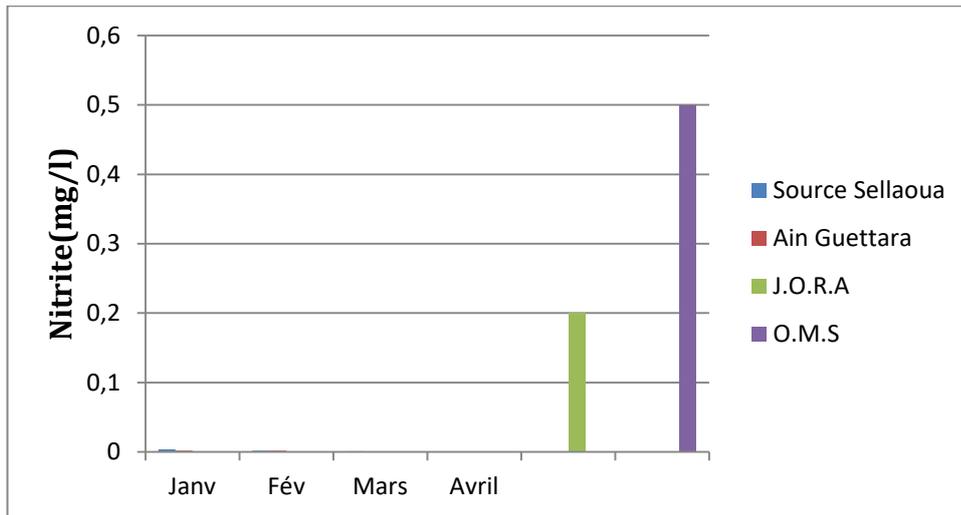


Figure 15 : Variation de la teneur en nitrites des eaux étudiées.

3.3. La dureté totale (TH)

La valeur minimale de la dureté totale (320 mg/l) a été enregistrée pour la source de Sellaoua durant le mois de Mars, et la valeur maximale est (442 mg/l) pour Ain Guettara dans le mois d'Avril (Fig.16). Les résultats obtenus sont comparés aux normes de l'OMS et les normes algériennes, où n'a pas dépassé la valeur spécifique maximale (500 mg/l). Donc on peut classer ces eaux comme des eaux très douces.

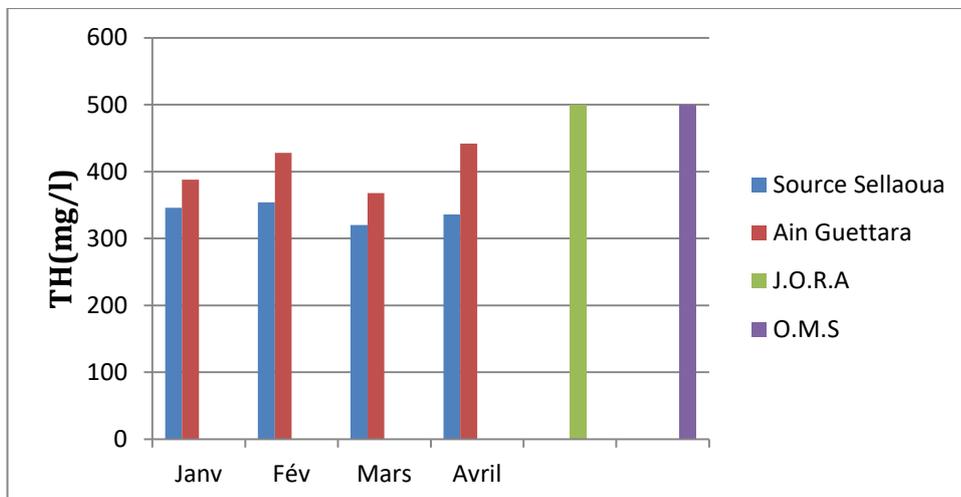


Figure 16 : Variation du TH des eaux étudiées.

3.4. Titre Alcalimétrique (TA)

D'après les résultats du (Tab.03) et (Fig.17) on remarque une absence totale de TA dans l'eau des deux sources étudiées de Janvier jusqu'à Avril. Le manque de TA dans les échantillons ça veut dire les valeurs sont accord avec les normes OMS <15 mg/l et les normes algériennes <5 mg/l.

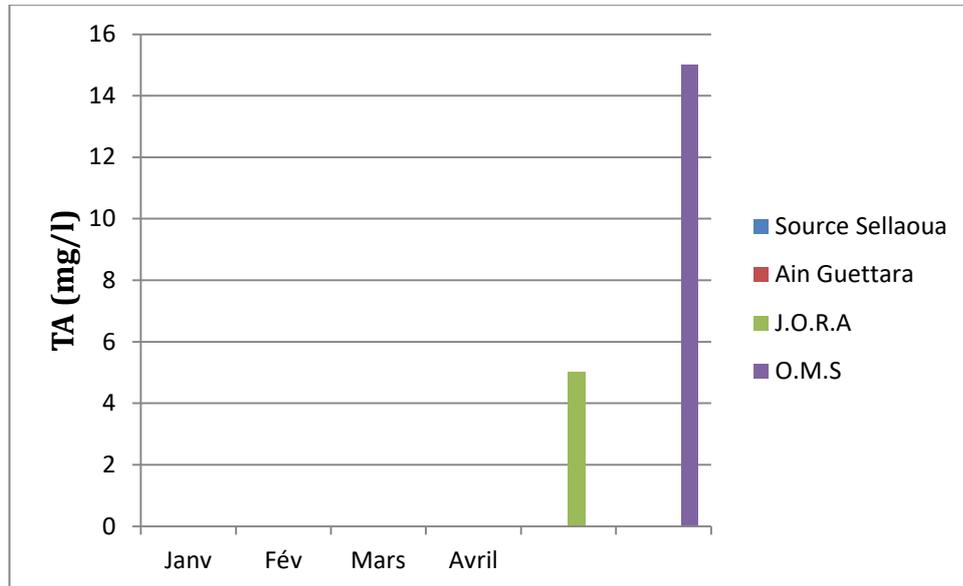


Figure 17 : Variation du TA des eaux étudiées.

3.5. Titre Alcalimétrique complet (TAC)

Les valeurs de TAC trouvés au niveau des eaux prélevées sont comprises entre 214 et 279 mg/l. Ces valeurs sont conformes à la norme algérienne 500 mg/l (Fig.18).

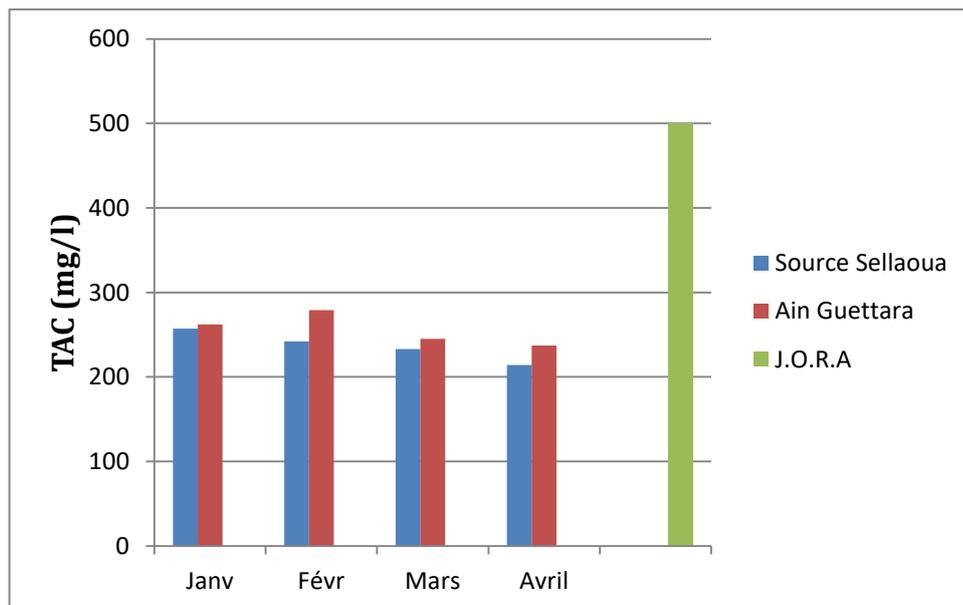


Figure 18 : Variation du TAC des eaux étudiées.

3.6. Matière organique (MO)

La valeur minimale de la matière organique (00 mg/l) a été enregistrée pour la source de Sellaoua durant le mois de Mars, et la valeur maximale est (3,4 mg/l) pour Ain Guettara dans le mois de Février (Fig.19). Les résultats obtenus des échantillons sont comparés à la norme de l’OMS, où n’a pas dépassé la valeur spécifique maximale (5 mg/l).

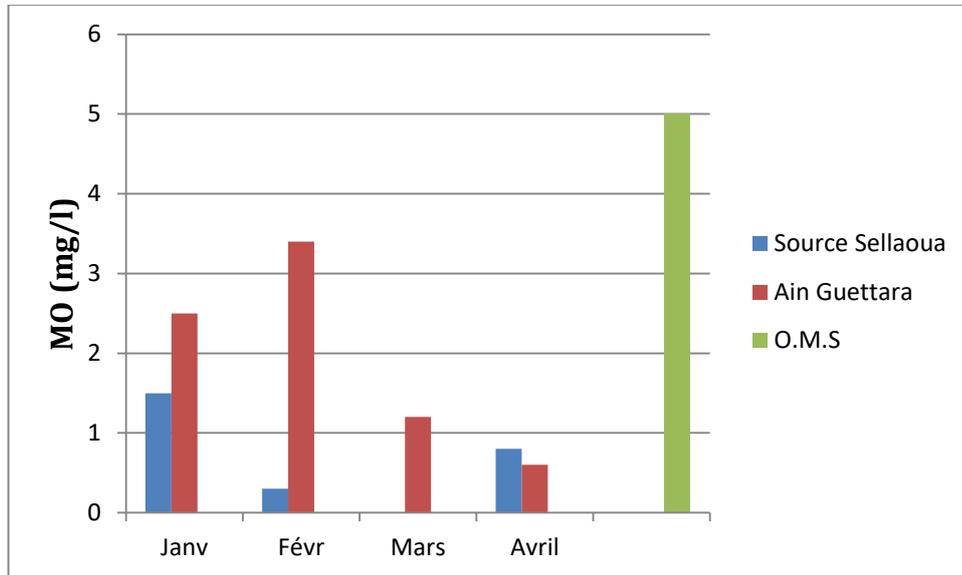


Figure 19 : Variation du MO des eaux étudiées.

3.7. Matières en suspension (MES)

Dans les zones d’étude, les valeurs des matières en suspension enregistrées sont inexistantes presque tous les mois d’étude (Fig.20), nous avons enregistré une valeur de 1 mg/l au mois de Février à Ain Guettara seulement. Est cette valeur ne dépasse pas la norme de l’OMS (2 mg/l).

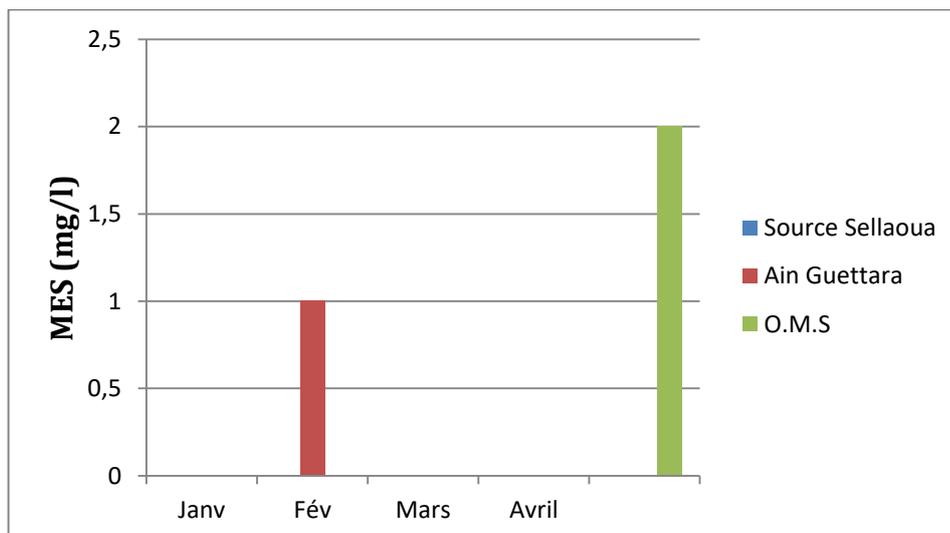


Figure 20 : Variation du MES des eaux étudiées.

3.8. Calcium (Ca^{+2})

Selon les normes d'O.M.S et J.O.R.A de l'eau potable pour le calcium, fixées à 200mg/l. Donc les résultats obtenus sont bons et se situent entre 96,12 mg/l et 148,18 mg/l, ces valeurs de calcium sont considérées normales étant donné que les normes (Fig.21).

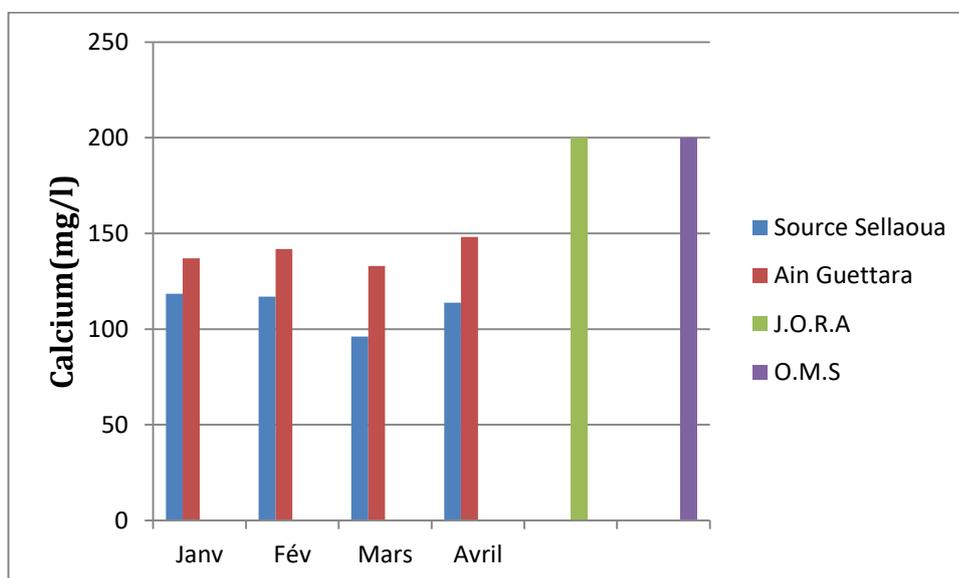


Figure 21 : Variation de la teneur en calcium des eaux étudiées.

3.9. Chlorure (Cl^-)

Les valeurs des chlorures trouvés au niveau des échantillons d'eau, sont comprises entre 28,4 mg/l et 99,4 mg/l (Fig.22), qui n'ont pas dépassé la norme algérienne requise pour les eaux de consommation (500 mg/l) ainsi que la norme de l'O.M.S (250 mg/l).

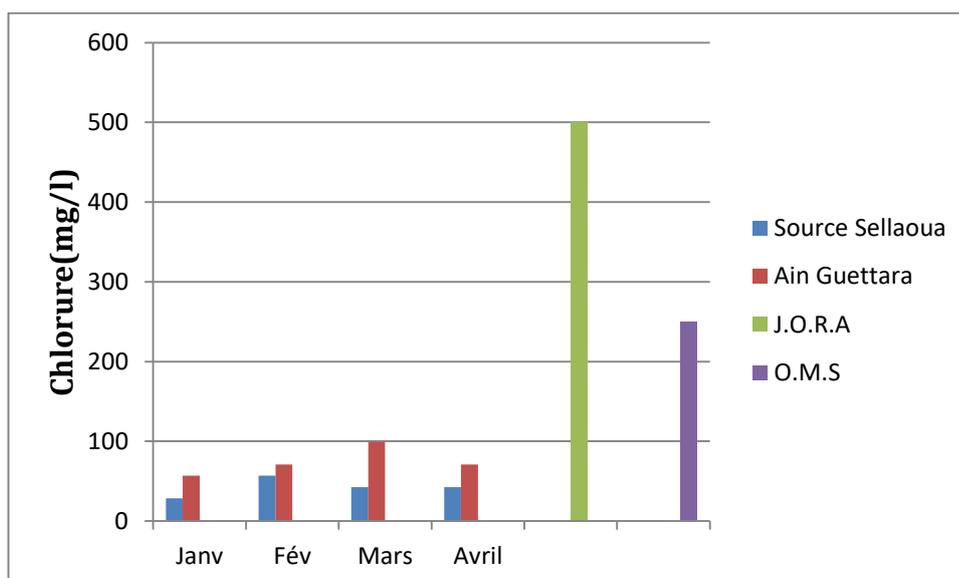


Figure 22 : Variation de la teneur en chlorure des eaux étudiées.

3.10. Phosphate (PO_4^{-3})

D'une manière générale, la concentration du phosphate dans les eaux souterraines qui étudiées varient entre 0,00 mg/l à Source Sellaoua durant le mois de Mars et 0,041 mg/l à Source Sellaoua durant le mois de Février et à Ain Guettara durant le mois de Mars (Fig.23). Les résultats obtenus des échantillons sont comparés à la norme de l'O.M.S (0,5 mg/l) et la norme de J.O.R.A (5 mg/l).

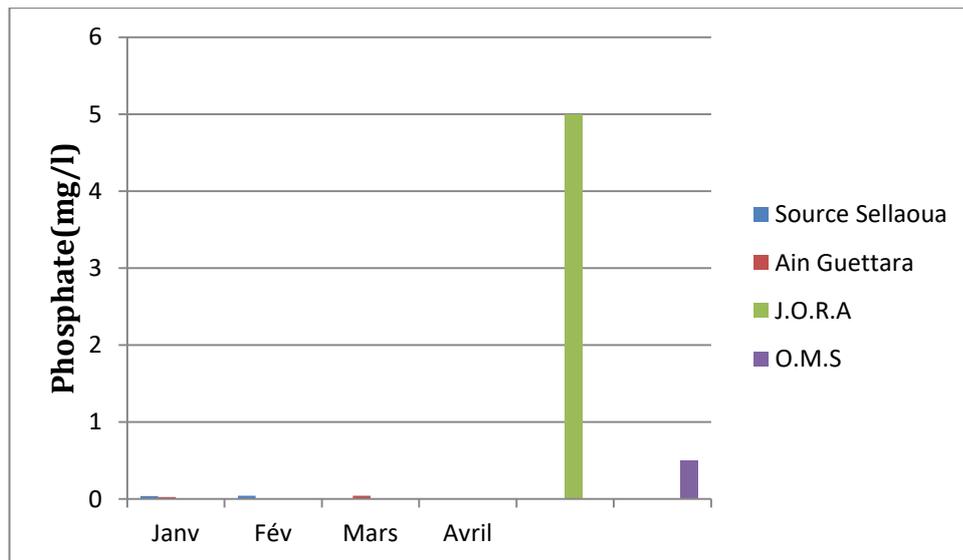


Figure 23 : Variation de la teneur en phosphate des eaux étudiées.

3.11. Fer (Fe^{+2})

A travers les échantillons, nous avons remarqué que la variation des niveaux de fer était faible à inexistante entre les deux sources au cours des quatre mois (Fig.24), alors la valeur minimale est 0,00 mg/l et la valeur maximale est 0,04 mg/l. Donc les résultats ne dépassent pas les normes OMS et JORA (0,3 mg/l).

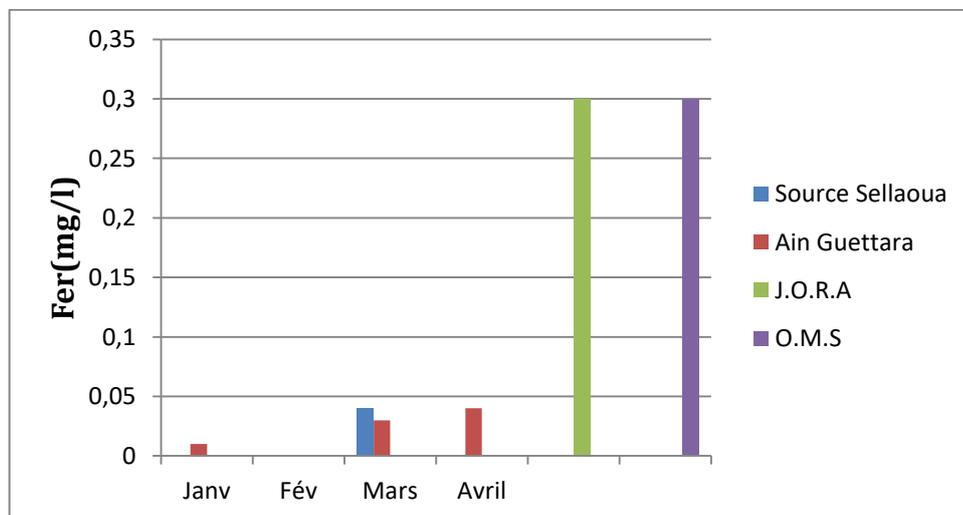


Figure 24 : Variation de la teneur en fer des eaux étudiées.

3.12. Magnésium (Mg²⁺)

D'après les normes d'Organisation Mondial de la Santé de potabilité pour le magnésium, fixée à 150 mg/l, les échantillons étudiés présentent des teneurs au-dessous de Mg²⁺ qui sont supérieures à la norme. Les concentrations varient entre 8,74 mg/l (Mars, Ain Guettara) à 19,44 mg/l (Mars, Source Sellaoua) (Fig.25).

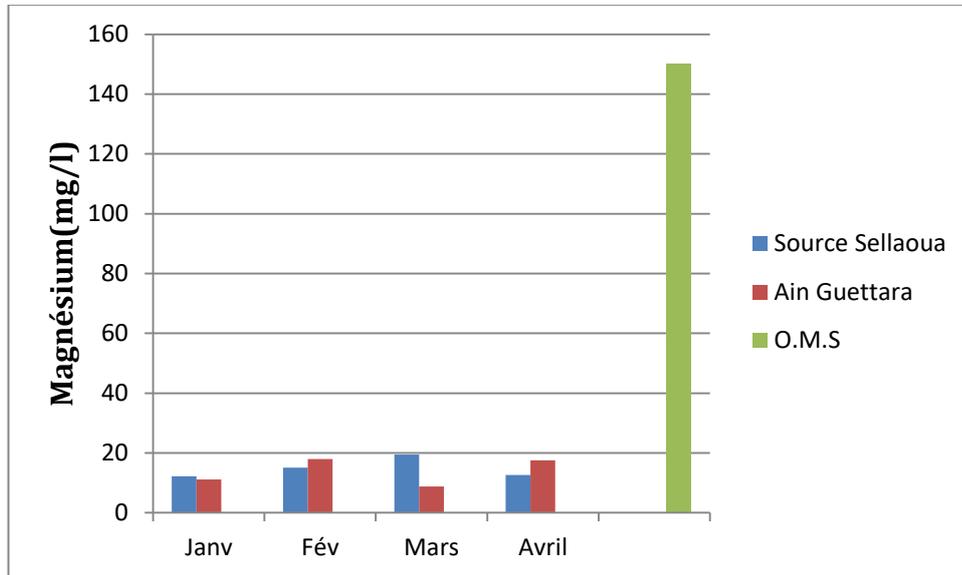


Figure 25 : Variation de la teneur en magnésium des eaux étudiées.

3.13. Ammonium (NH₄⁺)

Les valeurs d'ammonium trouvé au niveau des échantillons d'eau (Fig.26), sont comprises entre 00,0 mg/l et 0,016 mg/l, qui n'ont pas dépassé la norme algérienne requise pour les eaux de consommation et la norme de l'OMS (0,5 mg/l).

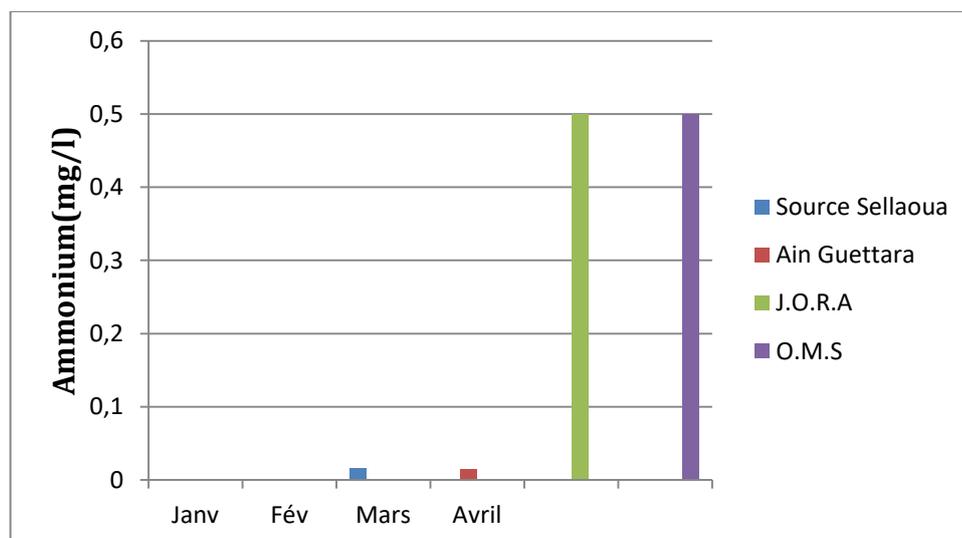


Figure 26 : Variation de la teneur en ammonium des eaux étudiées.

3.14. Sulfate (SO_4^{-2})

Pendant les périodes d'étude, la concentration de sulfate dans les eaux étudiées est comprise entre 4,5 mg/l (Ain Sellaoua en mois de Février) et 112,5 mg/l (Source Sellaoua en mois de Janvier). Les résultats sont faibles par rapport aux valeurs spécifiées (Fig.27) soit par l'OMS (250 mg/l) soit par J.O.R.A (400 mg/l).

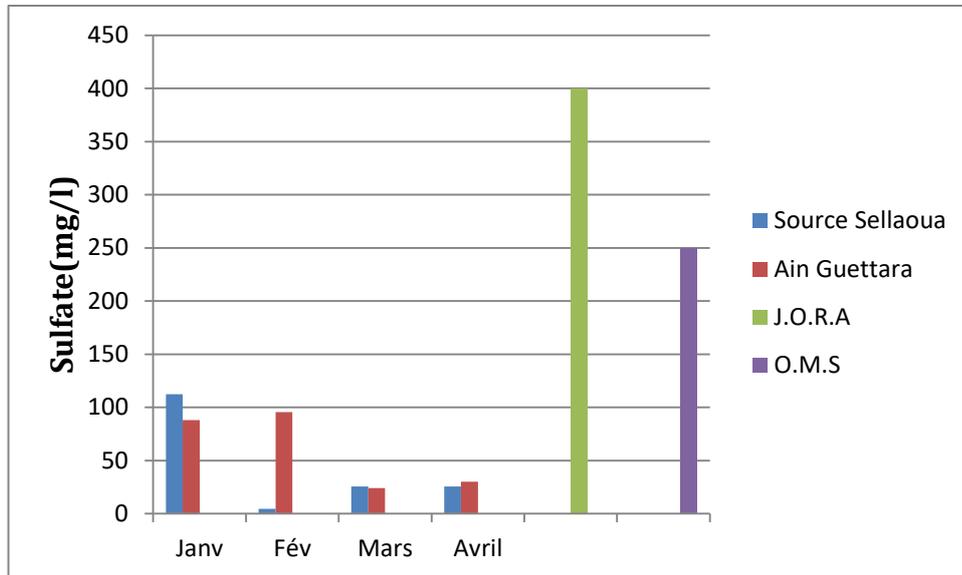


Figure 27 : Variation de la teneur en sulfate des eaux étudiées.

3.15. Sodium (Na^+)

D'une manière générale, la concentration du sodium dans les eaux souterraines qui étudiées varient entre 18 mg/l à Ain Sellaoua durant le mois de Janvier et 35 mg/l à Source Sellaoua durant le mois de Avril (Fig.28). Les résultats obtenus des échantillons sont comparés à la norme de l'OMS et la norme de J.O.R.A (200 mg/l).

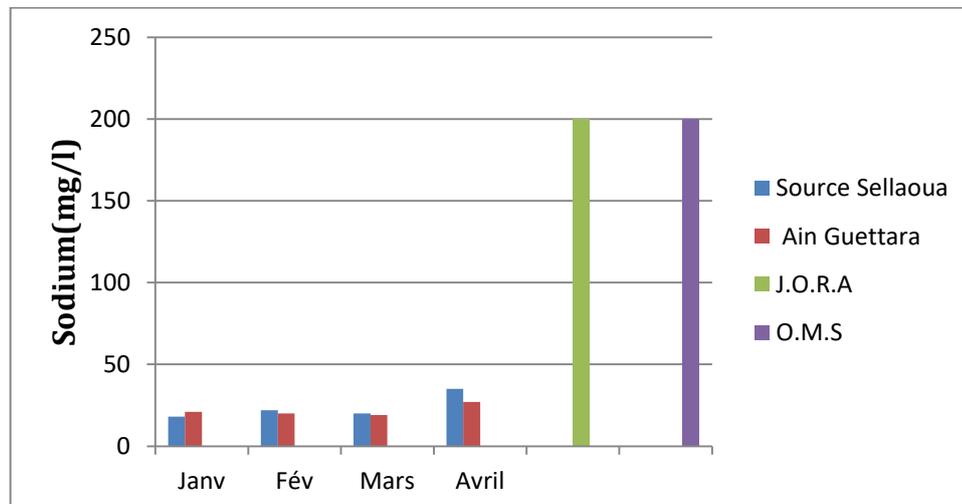


Figure 28 : Variation de la teneur en sodium des eaux étudiées.

3.16. Potassium (K⁺)

Les concentrations de potassium dans les eaux étudiées est comprise entre (0,3 mg/l ≤ K⁺ ≤ 0,8 mg/l), nous avons remarqué que les résultats obtenus sont normaux et ne dépassent pas les normes algériennes qui est recommandée pour le potassium 12 mg/l dans une eau destinée à la consommation (Fig.29).

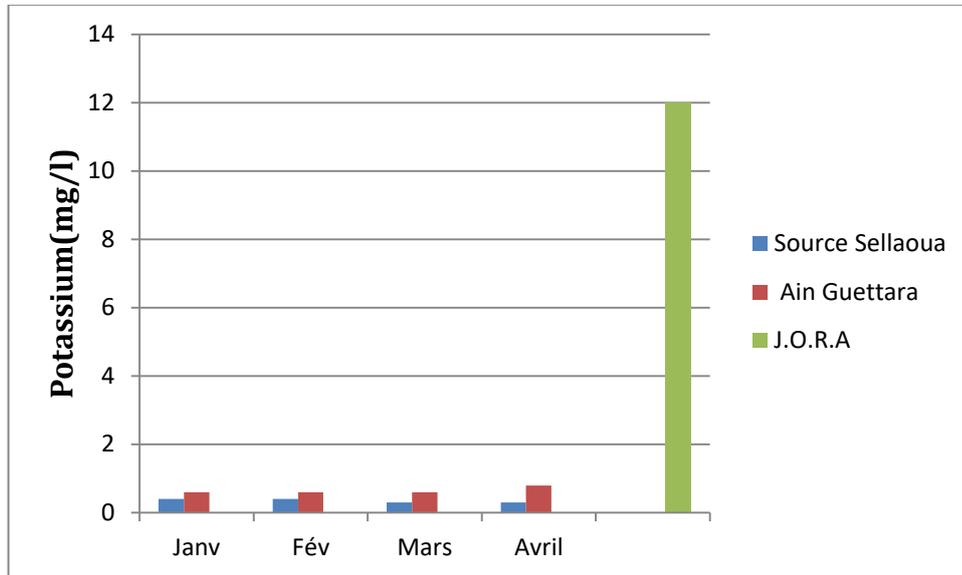


Figure 29 : Variation de la teneur en potassium des eaux étudiées.

3.17. Bicarbonate (HCO₃⁻)

D’une manière générale, la concentration du bicarbonate dans les eaux souterraines qui étudiées varient entre 267,18 mg/l à Source Sellaoua durant le mois de Avril et 340,38 mg/l à Ain Guettara durant le mois de Février (Fig.30).

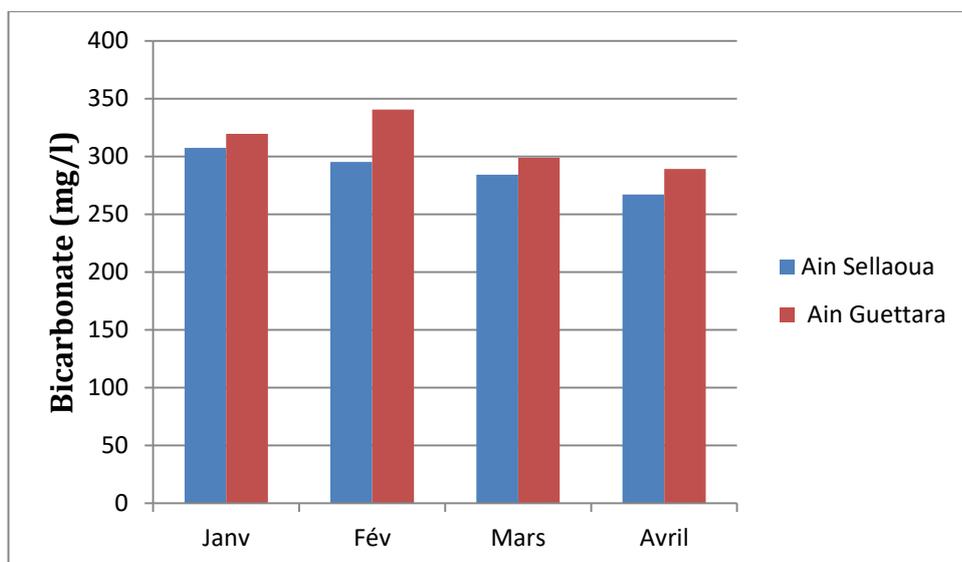


Figure 30 : Variation de la teneur en bicarbonate des eaux étudiées.

Conclusion générale et perspectives

Conclusion générale et perspectives

L'eau est essentielle à la vie et aucune vie ne serait possible sur terre sans elle. L'eau potable est une eau qui peut être consommée ou utilisée à des fins domestiques sans présenter de risques pour la santé. Pour pouvoir être consommée en toute sécurité, elle doit répondre aux normes nationales et internationales de potabilité. Dans ce travail, nous avons choisi d'étudier la qualité de l'eau dans les zones rurales de la région de Guelma qui est connue par ces ressources en eaux souterraines. Nous avons prélevé des échantillons d'eau de deux sources puis les avons fait analyser physico-chimiquement à la station d'épuration de Hammam Debagh afin de déterminer sa potabilité et soit conforme aux normes.

Cette étude nous a permis d'obtenir aux résultats suivants :

- Les paramètres organoleptiques (la couleur, l'odeur et le goût) indiquent que les eaux analysées sont claires.
- Les caractéristiques physico-chimiques naturelles de l'eau, comme la température, le pH, la turbidité, le calcium, le magnésium, les chlorures, le sodium et les sulfites, respectent les normes algériennes en vigueur.
- Les valeurs mesurées pour les paramètres indésirables tels que le nitrate, le nitrite, l'ammonium et le phosphate se situent dans les normes de l'eau potable, ce qui indique que les sources étudiées ne sont pas contaminées.

Comme un résultat global, notre étude montre que la qualité de l'eau des différentes sources étudiées est de bonne qualité et répondent aux normes de potabilité nationale et internationale. Ainsi que les concentrations et niveaux de substances polluantes sont faibles et n'ont pas été considérés comme dangereux pour la santé des consommateurs.

Comme perspectives, nous souhaitons améliorer notre étude en menant une étude approfondie comme suit :

- Effectuer une analyse physico-chimique et bactériologique sur les eaux souterraines (nappes superficielles et profondes) et les eaux superficielles (torrents, rivières, lacs).
- Effectuer une analyse sur l'eau durant les quatre saisons pour déterminer l'impact des différents facteurs naturels sur la qualité de l'eau.
- Réaliser une analyse à la fin de chaque étape de potabilisation de l'eau, de la source au consommateur pour connaître l'impact de chaque étape sur la qualité de l'eau.

Bibliographie

Bibliographie

- Aghazadeh N., Moghaddam A. A., Ardestani M., (2018).** Anthropogenic impacts on groundwater quality: a review of challenges and solutions. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 16(1), 1-15.
- Aissaoui A., (2013).** Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région d'Oued Athmania (wilaya de Mila) par les activités agricoles. Mémoire de Magister, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- Aît Boughrous A., (2007).** Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc : le Tafilalet et la région de Marrakech. Thèse de Doctorat, Université de CADI AYYAD, Marrakech, Fac, Sci, P. 5-44.
- Aouissi A., (2010).** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie). Mémoire de Magister, Université du 08 Mai 1945 de Guelma, Algérie.
- Amira W., (2008).** Degré de contamination de l'eau de la mare Redjla (Taher) par les nitrates : Détermination de la qualité physicochimique et microbiologique de l'eau. Mémoire de Magister, Université de Jijel. 6 p.
- Ayad W., (2017).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : Cas des puits de la région d'El-Harrouch (wilaya de Skikda). Thèse de Doctorat, Université de Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie.
- Belghiti M.L., Chahlaoui A.1, Bengoumi D., El Moustaine R., (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de MEKNÈS (MAROC), *Larhyss Journal*, N° 14, PP : 21-36.
- Benmarce K., (2015).** Caractérisation physico-chimique des eaux souterraines dans la région de Guelma, Nord-Est Algérien. Thèse de Doctorat, Université de Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie.
- Bouzit F., (2012).** Etude d'un mécanisme de traitement des eaux superficielles à base des plantes végétales. Mémoire de Magister, Université du 08 Mai 1945 de Guelma, Algérie.
- Centre d'information sur l'Eau (CIE)., (2013).** Les eaux de surface, le mercredi 7 août 2013.
- Christophe L., (2014).** L'eau sur la Terre, propriétés physicochimiques et fonctions biologique, Ed. ISTE, London, 165 p.

Bibliographie

- Coulibaly K., (2005).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, 55 p.
- Degremont G., (1989).** Mémento technique de l'eau. Tome 1, 9^{ème} édition, Ed. Lavoisier, Paris.
- Degremont G., (2005).** Mémento technique de l'eau, 10^{ème} édition, Ed. Lavoisier, Paris.
- Desjardins R., (1997).** Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2^{ème} édition, Québec, Canada.
- Étienne D., Party J.-P., Benoît P., Nicolai M., Probst A., Rozin Ch., Duc M., (1999).** Acidification des eaux de source et saturnisme dans le Massif vosgien. Revue forestière française, 51 (2), pp.173-183.
- Fernández P.L., García A.B., Vega M.M. Tarquis A.M., (2018).** Groundwater quality assessment: A clustering approach. Journal of environmental Management, 222, pp. 292-301.
- Laura S., Philippe B., Warner S., (2014).** Chimie des milieux aquatiques, 5^{ème} édition, Ed. Dunod, Paris, 2 p.
- Maiga A., (2005).** Qualité Organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDM.SA dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de Doctorat en Pharmacie, Université de Bamako, Bamako, Mali.
- Makhoukh M., Sbaa M., Berrahou A., Van Clooster M., (2011).** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued moulouya (maroc oriental), Larhyss Journal, N° 09, pp : 149-169.
- Metahri M., (2012).** Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse de Doctorat, Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Algérie.
- Nas B., Berktaç A., Gulseven R., Karahan F. Dadaser-Celik F., (2018).** Groundwater quality assessment using GIS-based DRASTIC model and nitrate vulnerability index in the Kazan Basin (Ankara, Turkey). Environmental Earth Sciences, 77(4), p. 138.
- Nouiri I., Saidi S., El Baghdadi M., Karim A., (2020).** Hydrogeochemical assessment of groundwater quality in the semi-arid region of Nefzaoua (Southern Tunisia). Environmental Monitoring and Assessment, 192(3), 1-17.

Bibliographie

- Ravikumar P., Nagendran R., Gajalakshmi S., Selvakumar R., (2019).** Hydrogeochemical characterization of groundwater in an agricultural dominated coastal region of India. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100239.
- Rodier J., (1984).** L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 7^{ème} Edition. Bordas, Paris. 1334 p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., (2009).** L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Ed. Dundo, Paris,
- Tiwari A.K., Ravindranathan P., Dubey S.K. Singh A.K., (2020).** Groundwater quality assessment using water quality index and multivariate statistical techniques: A case study of the upper Yamuna River basin, India. *Environmental Earth Sciences*, 79(2), p. 91.
- Touati M., Benhamza M., Bouhafs F., (2018).** Impact de la pollution agricole sur la qualité des eaux souterraines dans le périmètre irrigué Guelma-Boucheougouf (Nord Est Algérien)., vol. 37, 103-112.
- Union française des professionnels du traitement de l'eau (UAE)., (2013).** Différences entre pH, TH, et TAC, l'octobre 2013.
- Wang L., Wang P., Zhang Y. Fan X., (2019).** Groundwater quality assessment and influencing factors analysis: A case study in North China Plain. *Water*, 11(1), p. 107.

Webographie

- [1] <https://fr.scribd.com/document/488084202/g1110>, Consulter le 05/03/2023.
- [2] https://iccontrols.com/wp-content/uploads/artv1400001_total_dissolved_solids_measurement.pdf, Consulter le 06/03/2023.
- [3] <https://cpepesc.org/6-nature-et-pollutions/2-eaux-et-milieus-aquatiques-sources-de-pollutions-et-atteintes/2-qualite-des-eaux-pollutions-etat-des-cours-deau/2-bonne-qualite-ou-pollution-des-eaux/parametres-physiques-et-chimiques-de-leau-indicateurs-des-pollutions/les-differents-parametres-physiques-et-chimiques-des-eaux-et-commentaires/>
Consulter le 06/03/2023.
- [4] <https://www.dcwguelma.dz/fr/index.php/10-menu-principal/44-situation-geographique>
Consulter le 11/04/2023.

Annexe

Annexe : Journal Officiel de la République Algérienne n° 13 9 mars 2014 paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine.

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		15
ANNEXE				
Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine				
Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites				
GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES	
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2	
	Ammonium	mg/l	0,5	
	Baryum	mg/l	0,7	
	Bore	mg/l	- Eaux conventionnelles : 1 - Eaux désalées ou déminéralisées : 1,3	
	Fluorures	mg/l	1,5	
	Nitrates	mg/l	50	
	Nitrites	mg/l	0,2	
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5	
	Acrylamide	µg/l	0,5	
	Antimoine	µg/l	20	
	Argent	µg/l	100	
	Arsenic	µg/l	10	
	Cadmium	µg/l	3	
	Chrome total	µg/l	50	
Cuivre	mg/l	2		

7 Jomada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		17
Tableau 2				
Paramètres avec valeurs indicatives				
GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES	
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15	
	Turbidité	NTU	5	
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4	
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4	
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux désalées ou déminéralisées (valeur minimale)	
	Calcium	mg/l	200	
	Chlorure	mg/l	500	
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9	
	Conductivité à 20 °C	µS/cm	2800	
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500	
	Fer total	mg/l	0,3	
	Manganèse	µg/l	50	
	Phosphore	mg/l	5	
	Potassium	mg/l	12	
	Sodium	mg/l	200	
	Sulfates	mg/l	400	
Température	°C	25		

Résumé

L'eau est une ressource naturelle et essentielle à la vie et sa potabilité exige qu'elle réponde aux normes nationales et internationales de potabilité. Dans cette étude, nous avons choisi d'évaluer la qualité des eaux souterraines dans les zones rurales de la région de Guelma. L'objectif de cette étude était de contrôler et étudier la qualité physique et chimique de l'eau de ces sources afin de protéger la santé publique. Pour cela, nous avons prélevé des échantillons d'eau de deux sources durant les mois Janvier jusqu'à Avril ; puis nous avons analysés à la station d'épuration de Hammam Debagh. Les résultats obtenus indiquent que l'eau de ces sources destinée à la consommation humaine est de bonne qualité, et les teneurs des paramètres analysées répondent aux normes de potabilité nationale et internationale.

Mots clés : Eau, Qualité, Physico-chimique, Source Sellaoua, Ain Guettara, Guelma.

Abstract

Water is a natural resource and essential for life, its potability requires that it meets national and international standards of potability. In this study, we chose to assess the quality of groundwater in rural areas of Guelma region. The objective of this study was to control and study the physical and chemical quality of water from these sources in order to protect public health. For this, we collected water samples from two sources during the months January to April; and we analyzed them at the Hammam Debagh purification station. The obtained results indicate that the water from these sources intended for human consumption is of good quality, and the contents of the parameters analyzed meet national and international drinking water standards.

Key words: Water, Quality, Physico-chemical, Source Sellaoua, Ain Guettara, Guelma.

ملخص

الماء مورد طبيعي وضروري للحياة وتتطلب صلاحيته للشرب أن يفي بالمعايير الوطنية والدولية لصلاحية الشرب. في هذه الدراسة، اخترنا تقييم جودة المياه الجوفية في المناطق الريفية بمنطقة قالمة. الهدف من هذه الدراسة هو مراقبة ودراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية لمياه هذه الينابيع من أجل حماية الصحة العامة. لهذا الغرض، أخذنا عينات مياه من منبعين خلال شهري جانفي الى افريل، ثم قمنا بتحليلها في محطة معالجة مياه الصرف الصحي في حمام الدباغ. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن المياه من هذه المصادر المخصصة للاستهلاك البشري ذات نوعية جيدة، وأن محتويات المعايير التي تم تحليلها تتوافق مع معايير مياه الشرب الوطنية والدولية.

الكلمات المفتاحية: الماء، الجودة، الفيزيو - كيميائية، منبع سلاوة، عين قطارة، قالمة.