



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : M^{elle} CHEIFA IBTISSAM

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRE

**OPTION : SCIENCES AGROALIMENTAIRE ET CONTROLE DE
QUALITE**

Thème

**Impact du type de milieu de stockage sur la qualité
physicochimique et bactériologie de quelques eaux potables de la
région de Laghouat wilaya de Laghouat – Algérie**

Jury de soutenance :

Soutenu le : 29 Juin 2019

Nom et Prénom	Grade	qualité
M ^{elle} . HOUYOU Zohra	MCB	Présidente
Mr. BENCHETTOUH Ahmed	MAA	Examineur
Mr. ROUGHY Tahar	MAA	Rapporteur

Promotion : Juin - 2019

عنوان المذكرة : تأثير نوع التخزين على الجودة الفيزيائية والبكتريولوجية لبعض مياه الشرب في الأغواط بولاية الأغواط - الجزائر

اللقب: شافية

الاسم: ابتسام

المؤطر: استاذ رويغي الطاهر

ملخص: الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير نوع الوسيط التخزيني على الجودة الفيزيائية والبكتريولوجية لبعض مياه الشرب في ولاية الأغواط بولاية الأغواط – الجزائر. طبقنا أساليب موحدة تستخدمها المختبرات الجزائرية لمياه الأغواط. تمت مقارنة نتائجنا بمعايير منظمة الصحة العالمية والمعايير الجزائرية. أجريت التحاليل على عينات من المياه الطبيعية والمياه المعدنية المخزنة في زجاجات من الزجاج والبلاستيك والطين من خلال قياس العوامل الفيزيائية والكيميائية التالية: درجة الحموضة ، درجة الحرارة (T °) ، الموصلية الكهربائية (EC) ، التعكر ، الصلابة الكلية ، الكالسيوم (Ca^{+2}) ، المغنيسيوم (Mg^{+2}) ، الصوديوم (Na^{+}) ، البوتاسيوم (K^{+}) ، كبريتات (SO_4^{-}) ، بيكربونات (HCO_3^{-}) ، كلوريد (Cl^{-}) ، النترات (NO_3^{-}) ، النتريت (NO_2^{-}) ، الأمونيوم (NH_4^{+}) ، الفوسفات (PO_4^{-}) وربما تبحث عن الجراثيم غير المرغوب فيها: مجموع الجراثيم ، القولونيات الكلية ، القولونيات البرازية ، العقديات البرازية. معظم المياه المخزنة التي تم تحليلها على مستويات قريبة من جودة المياه ، خاصة بالنسبة للمعايير الفيزيائية والكيميائية. من وجهة نظر البكتيريا ، تثبت النتائج التي تم الحصول عليها الجودة البكتريولوجية الجيدة للمياه المعدنية والطبيعية المخزنة. لا تشكل خطرا على الاستهلاك البشري. نوصي بتحليل جميع المياه الطبيعية والمعدنية ، ووضعها في زجاجات زجاجية لأنها أكثر أمانًا لأن الزجاج يحتفظ بخصائصه الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: المياه الطبيعية ، المياه المعدنية ، التخزين ، الزجاج ، البلاستيك ، الطين

Memory title: Impact of the type of storage medium on the physicochemical quality and bacteriology of some drinking water in Laghouat wilaya Laghouat - Algeria

Name: Cheifa

First name: Ibtissam

Directed by: Mr. Rouighi Tahar

Abstract: The objective of this work is to study the Impact of the type of storage medium on the physicochemical quality and bacteriology of some drinking water in Laghouat wilaya region of Laghouat - Algeria .We applied standardized methods used by the Algerian laboratories of ADE Laghouat. Our results were compared to WHO standards and Algerian standards. The analyzes were carried out on samples of natural waters and mineral waters stored in glass, plastic and clay bottles by measuring the following physicochemical parameters: Temperature, pH, temperature (T °), electrical conductivity (EC), turbidity, total hardness, calcium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), sodium (Na^{+}), potassium (K^{+}), sulfate (SO_4^{-}), bicarbonate (HCO_3^{-}), chlorides (Cl^{-}), nitrate (NO_3^{-}), nitrites (NO_2^{-}), ammonium (NH_4^{+}), phosphate (PO_4^{-}) and possibly looking for undesirable germs: Total germs, total coliforms, faecal coliforms, faecal streptococci. Most of the stored waters analyzed have levels close to the water quality, particularly for physicochemical parameters. From the bacteriological point of view, the results obtained prove the good bacteriological quality of the mineral and natural waters stored. It does not present a risk for human consumption , all analyzes of natural and mineral waters stored, we recommend placing the water in glass bottles because it is safer for others because the glass retains its chemical properties.

Key words: Natural waters, Mineral waters, storage, Glass, Plastic, Clay.

Titre du mémoire : Impact du type de milieu de stockage sur la qualité physicochimique et bactériologie de quelques eaux potables de la région de Laghouat wilaya de Laghouat – Algérie

Nom: Cheifa

Prénom: Ibtissam

Encadreur: Mr.Rouighi Tahar

Résumé : L'objectif de ce travail est d'étudier l'impact du type de milieu de stockage sur la qualité physicochimique et bactériologie de quelques eaux potables de la région de Laghouat wilaya de Laghouat – Algérie. Nous avons appliqué des méthodes normalisées utilisées par les laboratoires de l'Algérienne des eaux de Laghouat. Nos résultats ont été comparés aux normes de l'OMS et les normes algériennes. Les analyses ont été effectuées sur des échantillons des eaux naturelles et eaux minérales stockées dans des bouteilles en verre, en plastique et en argile en mesurant les paramètres physicochimiques suivants : le pH, la température (T°), la conductivité électrique (CE), la turbidité, la dureté totale, calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), sodium (Na^{+}), potassium (K^{+}), sulfate (SO_4^{-}), Bicarbonate (HCO_3^{-}), les chlorures (Cl^{-}), les nitrates (NO_3^{-}), les nitrites (NO_2^{-}), ammonium (NH_4), phosphate (PO_4^{-}) et en recherchant éventuellement les germes indésirables : Germes totaux, Coliformes totaux, Coliformes fécaux, Streptocoques fécaux. La plupart des eaux stockées analysées ont des teneurs à proximité de la potabilité des eaux, notamment pour les paramètres physicochimiques. Du point de vue bactériologique les résultats obtenus prouvent la bonne qualité bactériologique des eaux minérales et naturelles stockées. Elle ne présente aucun risque pour la consommation humaine. Toutes les analyses des eaux naturelles et minérales stockées, nous recommandons de placer l'eau dans des bouteilles en verre parce qu'elle est plus sûre pour les autres car le verre conserve ses propriétés chimiques.

Mots clés : Eaux naturelles, Eaux minérales, stockages, Verre, Plastique, Argile.

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

Mes chers parents : Tahar et Fouzia.

Mon grand frère : Soufiane

Mes soeurs: Iman et Amel

Ma petite ange Taline

ma soeur, à qui ma mère n'a pas donné naissance :Djihane

Mes chères amies : Batoul, Nafissa, Khadidja, Nassima.

A tous les étudiants de notre promotion

Master « Agroalimentaire et contrôle de qualité ».

Merci.

Remerciements

Avant tout, je remercie ALLAH tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Je tenais à remercier Mr. Rouighi Tahar d'avoir accepté de m'encadrer sur ce thème, de m'avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de m'apporter son attention tout au long de ce travail.

Je tenais également à remercier M^{elle}. Houyou Zohra D'avoir accepté de présider le jury.

Je remercie Mr. Benchattouh Ahmed qui j'ai honoré pour examiner mon travail.

Mes remerciements vont également à toute les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, et notamment à :

Taleb Ahmed (directeur de l'A.D.E)

Machraoui Abd-allh (chef de laboratoire de l'A.D.E)

Monsieur Hnaiche Ahmad (chef service de laboratoire de l'A.D.E)

Et tout les travailleurs de l'A.D.E

Finalement Je tiens à remercier tous mes enseignants durant les 5 ans d'études.

Résumé	
Dédicaces	I
Remerciements	II
Sommaire	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Liste des abréviations	VI
Introduction	1

Partie bibliographique

CHAPITRE I : Généralité sur l'eau

I.1 Définition	3
I.2 Cycle de l'eau	3
I.3 Répartition de l'eau sur la terre.....	3
I.4 La réserve naturelle en eau douce	4
I.4.1 Réserve d'eau douce en volume	5
I.4.2 Réserves d'eau totale	5
I.5 Types de l'eau consommée	5
I.5.1 L'eau distribuée via les réseaux publics	5
I.5.1.1 Les eaux conditionnées	6
I.5.1.2 - Les eaux de puits	6
I.6 Evaluation des ressources hydrique en Algérie	6
I.7 - Importance de l'eau	7

Chapitre II : L'eau potable

I. Définition.....	8
II. Cycle de consommation	8
III. Type de l'eau.....	9
III.1 - L'eau du robinet.....	9

III.2 - Les eaux minérales naturelles	9
III.3. Les eaux de source	9
IV. Paramètres de potabilité de l'eau	9
IV.1. Paramètres organoleptique	9
IV.1.1. La couleur	10
IV.1.2. La turbidité	10
IV.1.3. Les goûts et odeurs.....	10
IV.2. Paramètres physicochimiques de l'eau	10
IV.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH »	10
IV.2.2. Température	10
IV.2.3. Conductivité	10
IV.2.4. Minéralisation globale.....	11
IV.2.5. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH).....	11
IV.3. Sels Minéraux Dissous.....	11
IV.3.1. Ions calcium (Ca^{2+})	11
IV.3.2. Ions Magnésium (Mg^{2+}).....	12
IV.3.3. Ions de Sodium (Na^{2+})	12
IV.3.4. Ions de Potassium (K^{+}).....	12
IV.3.5. Ion Bicarbonates (HCO_3^{-})	12
IV.3.6. Ions Chlorures (Cl^{-}).....	13
IV.3.7. Ions Sulfates : SO_4^{-2}	13
IV.4. Les paramètres des pollutions des eaux	13
IV.4.1. Ions Phosphates (PO_4^{-3})	13
IV.4.2. Ions Ammonium (NH_4^{+})	13
IV.4.3. Ions nitrates (NO_3^{-}).....	13
IV.4.4. Nitrites (NO_2^{-}).....	14
IV.5. Paramètres bactériologique	15

V. Description des milieux de stockage de l'eau	16
La description de l'argile.....	16
La description du verre.....	17
La description du plastique	18
La structure du plastique	18

Partie expérimentale

Matériel et Méthodes

1 - Présentation de la zone d'étude	19
1.1 - Situation Géographique	19
1.2 - Caractéristiques géomorphologique et pédologique de la région d'étude.....	20
1.2.1. Caractéristiques géologiques.....	20
1.3 - L'étude climatologique	23
1.3.1 - La température	24
1.3.2 - La précipitation	25
1.3.2 - L'humidité.....	26
Travail expérimental	28
I. Travail de terrain.....	28
I.2. Stockage :.....	29
II. Travail au laboratoire.....	29
II.1. Analyses physico-chimiques	29
II.2 Méthode Analyses bactériologiques	38
II.2.1 Dénombrement des germes totaux	38
II.2.2 Le dénombrement des coliformes totaux.....	39
II.2.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.....	43

Résultats et discussion

I. Résultats de l'analyse des paramètres physicochimiques	44
I.1. Paramètre physique	44

I.1.1. Le Potentiel en Hydrogène « pH »	44
I.1.2. Température :	44
I.1.3. La conductivité électrique et salinité des eaux.....	45
I.1.4. Taux des sels dissouts (TDS).....	46
I.1.5. La turbidité.....	46
I.1.6. La couleur	47
Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)	47
I.2. Paramètres chimiques	49
I. 2.1. La teneurs en Ions calcium : Ca^{2+}	49
I.2.2. La teneurs en Ions Magnésium: Mg^{2+}	50
I.2.3. La teneurs en Ions de Sodium : Na^{2+}	51
I.2.4. Le teneur en Ions de Potassium : K^{+}	52
I.2.5. La teneur en Ion Bicarbonates HCO_3^{-}	53
I.2.6. La teneur en Ions Chlorures : Cl^{-}	54
I.2.7. Le teneur en Ions Sulfates : SO_4^{-2}	55
I.3. Les paramètres des pollutions	57
I.3.1. La teneur en Ions nitrate : NO_3	57
I.3.2. La teneur en Ions nitrite : NO_2^{-}	58
I.3.3. La teneur en Ions Phosphates : PO_4^{-3}	58
I.3.4. La teneur en Ions Ammonium : NH_4^{+}	59
II. Classification des eaux	60
II.1. Classification des eaux d'après les formules caractéristiques	60
II.1.1. Eau naturelle de la region de l'assafia :	60
II.1.2. Eau naturelle hassi khira (Sidi Makhoulf)	61
II.1.3. Eau naturelle station Mekheneth (HAMDA).....	62
II.1.4. Eau naturelle de Bourdj Snoussi (Laghout)	63
II.1.5. Eau minérale de Lalla Khedidja	64

II.1.6. Eau minérale de Bouglez	65
II.1.7. Eau minérale de EL Goléa.....	66
II.1.8. Eau minérale Defezgia.....	67
II.2. Présentation graphique des analyses d'eaux	68
II.2.1. Diagramme de Piper	68
II.2.2. Diagramme de type Stabler	70
II.2.2.1. Présentation graphique des eaux naturelles analysées sur le diagramme de Stabler	70
II.2.2.2. Présentation graphique des eaux minérales analysées sur le diagramme de Stabler	72
III. Paramètres bactériologiques	74
III.1. Les germes totaux :	74
III.2. Les coliformes	74
III.2.1. Les coliformes totaux :.....	74
III.2.2. Les coliformes fécaux (<i>E .coli</i>) :	75
III.3. Les Streptocoques fécaux.....	75
Conclusion	77
Références bibliographiques	79
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1: classification des eaux en fonction de dureté	11
Tableau 2: Les normes de qualité organoleptique et physico- chimique de l'eau potable.	15
Tableau 3 : Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Laghouat (2008 - 2018)	24
Tableau 4: Détermination de la conductivité et classée en eau de qualité.....	30
Tableau 5: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.....	31
Tableau 6: pH mesurée des eaux analysées.	44
Tableau 7: température mesurée des eaux analysées.....	45
Tableau 8: Turbidité mesurée des eaux analysée.	46
Tableau 9: couleur mesurée des eaux analysé	47
Tableau 10: les teneurs en NO ₂ ⁻ mesurée des eaux analysées.	58
Tableau 11: PO ₄ ⁻³ mesurée des eaux analysées.	58
Tableau 12: NH ₄ ⁺ mesurée des eaux analysées.....	59
Tableau 13: tableau représentatif du changement des faciès des eaux naturelles analysées. ...	70
Tableau 14: tableau représentatif du changement des faciès des eaux minérales analysées	72
Tableau 15: Variation des Germes totaux dans les eaux potable étudiés	74
Tableau 16: variation de coliformes totaux dans les eaux potables étudiés.	75
Tableau 17: variation de Streptocoques fécaux dans les eaux analysées... ..	76

Liste des figures

Figure 1: Cycle de l'eau	3
Figure 2: Répartition de l'eau sur la terre	4
Figure 3 : le cycle de consommation de l'eau potable.....	8
Figure 4: Structure des argiles	17
Figure 5: Situation Géographique de la région d'étude.....	19
Figure 6: Cadre structural du Nord de l'Algérie, montrant les principales structures del'Atlas saharien(d'après Wildi).....	21
Figure 7: Log stratigraphique de la région de Laghouat	22
Figure 8: Température moyenne mensuelles de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).	24
Figure 9: Hauteurs moyenne interannuelle de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).	25
Figure 10: Précipitation moyenne mensuelles de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).	26
Figure 11: Humidité moyenne mensuelles de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).	26
Figure 12 : Diagramme d'Ombrothermique de Gaussen de la région de Laghouat (2008-2018).....	27
Figure 13: Les points de positionnements des eaux naturelles.....	28
Figure 14: pH mètre.....	29
Figure 15: appareil multi paramètre	30
Figure 16: Dosage de la dureté total.....	31
Figure 17: dosage de calcium	32
Figure 18: Oxydation de l'azote ammoniacal.....	33
Figure 19: spectrophotomètre à émission de flammes	34
Figure 20: L'étuve utilisée pour sécher la solution	36
Figure 21: Spectrophotomètre UV visible utilisé pour la détermination du taux des nitrates	36
Figure 22: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Germes totaux.....	38
Figure 23: photo présente milieu BCPL pour dénombrement des coliformes	39
Figure 24: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Coliformes totaux avec identification d'E. coli.....	41

Figure 25: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux.	43
Figure 26 : variation de conductivité dans les eaux analysées.	45
Figure 27 : variation de TDS dans les eaux analysées.	46
Figure 28 : variation de TH dans les eaux potables naturelles analysées.	48
Figure 29 : variation de TH dans les eaux minérales analysées	48
Figure 30 : Teneur en calcium Ca^{2+} des eaux naturelle analysées (en mg/l).	49
Figure 31 : Teneur en calcium Ca^{2+} des eaux minérale analysées (en mg/l).	49
Figure 32 : Teneur en Magnésium Mg^{2+} des eaux naturelle analysées.....	50
Figure 33 : Teneur en Magnésium Mg^{2+} des eaux minérale analysées.....	50
Figure 34 : le teneur en Na^{2+} dans les eaux naturelle analysées.	51
Figure 35 : le teneur en Na^{2+} dans les eaux minérale analysées	52
Figure 36 : le teneur en Potassium K^{+} dans les eaux potables naturelle analysées.	52
Figure 37 : le teneur en k^{+} dans les eaux potables minérale analysées.....	53
Figure 38 : le teneur en HCO_3^{-} dans les eaux potables naturelle analysées.	53
Figure 39 : le teneur en HCO_3^{-} dans les eaux minérales analysées.	54
Figure 40 : le teneur de chlorure Cl^{-} dans les eaux naturelle analysées.....	54
Figure 41 : le teneur de chlorure Cl^{-} dans les eaux minérales analysées.	55
Figure 42 : teneur en anions de SO_4^{2-} dans les eaux naturelles analysées.....	56
Figure 43 : teneur en anions de SO_4^{2-} dans les eaux minérales analysées.....	56
Figure 44 : le teneur de nitrate NO_3 dans les eaux naturelle analysées.....	57
Figure 45 : le teneur de nitrate NO_3 dans les eaux minérale analysées.....	57
Figure 46 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les déférents milieux de stockage au niveau de la région de Assafia	60
Figure 47 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les déférents milieux de stockage au niveau de hassi khira (sidi makhlouf).	61
Figure 48 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les déférents milieux de stockage au niveau de station Mekheneth (Hamda)	62
Figure 49 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les déférents milieux de stockage au niveau de bourdj Snouci (Laghouat).....	63
Figure 50 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les déférents milieux de stockage au l'eau minérales dite Lalla Khdidja.....	64
Figure 51 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les déférents milieux de stockage au l'eau minérales dite Bouglez.....	65

Figure 52 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au l'eau minérales dite EL Gouléa.	66
Figure 53 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au l'eau minérales dite Fezgia.	67
Figure 54 : Représentation graphique des eaux naturelles analysées dans la région de Laghouat	68
Figure 55 : Représentation graphique des eaux minérales analysées dans la région de Laghouat	69
Figure 56 : Présentation graphique des eaux naturelles analysées	71
Figure 587 : Présentation graphique des eaux minérales analysées	73

Liste des abréviations

ADE : Algériennes des eaux.
as : Assafia
bs : Bourdj Snouci
C° : Degré Celsius.
cm: centimètre.
D/C : Double Concentration.
F°: Degré Français.
g: Gramme.
h: Heure.
kh : Hassi Khira
Km: kilomètre.
lalla kh: Lalla Khedidja
mg.L-1: Milligramme par litre.
mg/l: milligramme par litre
mkh : Station Mekheneth
mm: millimètre.
NPP : Nombre Plus Probable.
NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique
OMS : Organisation mondiale de la santé.
OMS : Organisation Mondiale de la Santé.
pH : Potentiel d'hydrogène.
S/C: Simple Concentration.
T°: Température.
TDS : Solide totaux dissous.
TGEA : La gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure.
UFC : Unité Formant Colonie.
µs/cm : Micro-siémens par centimètre.

Introduction

Les possibilités d'utilisation des ressources en eau, d'une région, dépendent de leurs capacités à satisfaire les besoins en quantité, mais aussi d'une large part de leurs qualités; c'est-à-dire de leur physicochimie. Donc, la connaissance de leurs caractères et de leurs évolutions dans le temps et dans l'espace est primordiale pour toute la planification. La qualité exigée d'une eau sera fonction de son utilisation (agricole, industrielle et alimentation en eau potable). (Hannachi.A, 1981).

Une eau destinée à la consommation humaine est potable lorsqu'elle est exemptée d'éléments chimiques et biologiques susceptibles à plus ou moins long terme à la santé des individus (John et Donald, 2010).

Par conséquent, l'eau potable doit être propre à la consommation d'un point de vue microbiologique, chimique et physique. Elle doit satisfaire aux exigences sanitaires et microbiologiques fixées par la loi et être conforme aux valeurs de tolérance et valeurs limites fixées par l'ordonnance sur les substances étrangères et les composants des denrées alimentaires. Elle doit, en outre, être irréprochable quant à son goût, son odeur et son aspect. (L. A. Hütter et al ,1988).

Ainsi, le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car celle-ci est susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur le sol, sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population. (Roux, 1987)

Vue cette importance majeure de cette ressource, nous avons essayé dans ce modeste travail d'étudier l'impact du type de milieu de stockage sur la qualité physicochimique et bactériologie de quelques eaux potables.

Notre région d'étude fait partie de la wilaya de Laghouat, elle est répartie sur les trois communes de : sidi makhlouf, el assafia et Laghouat.

Nous avons structuré notre démarche de travail en trois chapitres interdépendants :

- Premier chapitre, une étude bibliographique purement théorique rassemble d'une part des généralités sur l'eau ciblée par notre étude.
- Le deuxième chapitre, une étude expérimentale consacrée à la présentation du matériel et la méthodologie suivie pour la réalisation des analyses bactériologique et physicochimiques effectuées durant ce travail ;

- Le troisième chapitre, consiste à présenter les essentiels de nos différents résultats obtenus au cours de notre étude pratique sous formes des tableaux et des graphes explicatifs de l'évolution spatiotemporelle des paramètres de la qualité physico chimiques et bactériologique des eaux potables stockées ainsi que l'évaluation de ces résultats obtenus.
- A la fin, on clôture par une conclusion qui porte les perspectives et recommandations à tenir.

I. Généralité sur l'eau

I.1 Définition

L'eau est un corps incolore, inodore et insipide (Duval, 1971).

Une molécule d'eau est constituée d'un atome d'oxygène (O) et deux atomes d'hydrogène (H) : sa formule chimique est donc H_2O . C'est un composé qui se trouve particulièrement à l'état liquide.

I.2 Cycle de l'eau

L'eau qui ruisselle pénètre dans le sol où elle s'infiltre et va remplir les nappes souterraines. Elle traverse des couches de plus en plus profondes du sol et va abandonner dans son cheminement la quasi-totalité des impuretés dont elle s'était chargée (Bouziani, 2000). Les eaux souterraines circulent elles aussi, une partie se jetant directement dans la mer et le reste venant alimenter les rivières à leur source ou par le biais d'un affluent. Enfin, l'eau peut revenir directement à sa phase liquide dans l'atmosphère par la transpiration des végétaux qui éliminent ainsi une partie de l'eau contenue dans le sol et conservent une partie de l'eau de pluie dans leur feuillage (Valverde, 2008) (Fig.1).

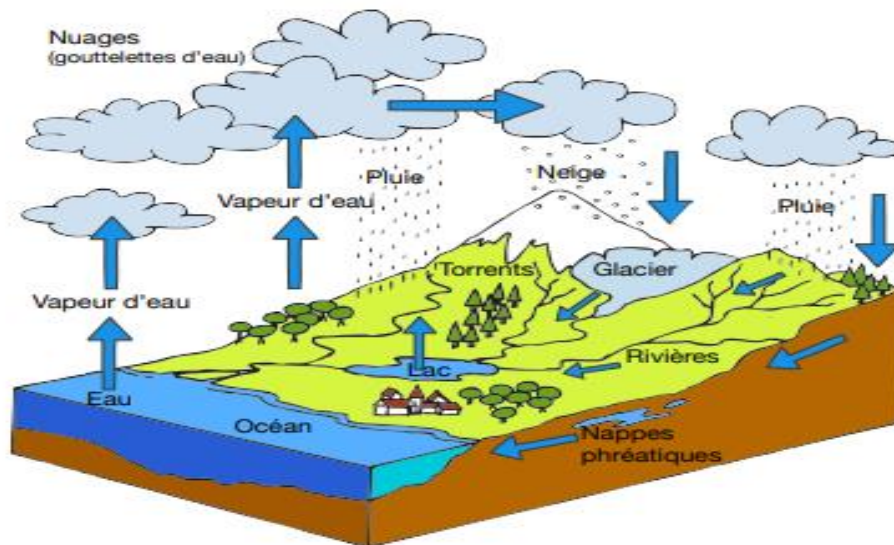


Fig 1: Cycle de l'eau

I.3 Répartition de l'eau sur la terre

L'eau est très présente sur notre planète. Ainsi, vue de l'espace, la Terre apparaît bleue, les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur Terre représente un volume d'environ 1,4 milliard de km^3 , disponible sous forme liquide,

solide ou gazeuse. Cependant, la majeure partie de l'eau (97 %) est contenue dans les océans, contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable par l'Homme. L'eau douce ne représente que 3% de l'eau sur Terre, et concerne : pour la majeure partie, les glaciers de montagne, et les inlandis du Groenland et de l'Antarctique (près de 2 %) ; les eaux douces souterraines (moins de 1 %, toutes les eaux souterraines ne sont pas douces, la majorité est salée) ; les eaux de surface (cours d'eau, sols gelés, marécages et lacs d'eau douce : 0,03 %) ; l'atmosphère (0,001%) ; les êtres vivants (0,0001%).

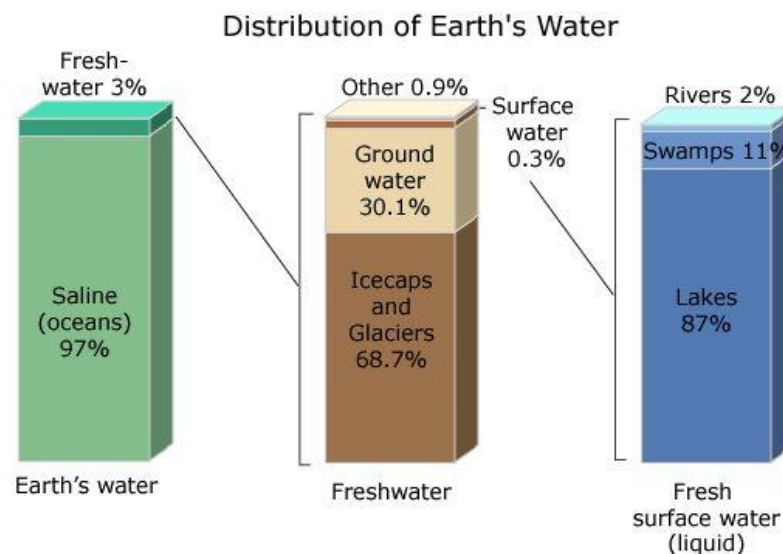


Fig 2: Répartition de l'eau sur la terre

La moitié de cette eau représente l'eau douce disponible pour l'usage humain c'est à dire seulement 0,3% du volume d'eau de la planète, soit 4 millions de km³. Cette eau est accessible dans différentes ressources naturelles comme par exemple les cours d'eau, les nappes peu profondes, ou encore les lacs (Rocard, 2017)

I.4 La réserve naturelle en eau douce

Dans le monde les ressources naturelles en eau sont issues à 97% de la mer. Cette eau est donc salée et il est nécessaire de mettre en place divers procédés afin de la rendre potable. L'eau douce, quant à elle, ne représente qu'1% des ressources naturelles. Cette eau douce est principalement issue des précipitations, des rivières ou des lacs mais aussi des nappes phréatiques. Pour ce dernier cas il faudra donc effectuer des forages afin d'en extraire l'eau douce.

I.4.1 Réserve d'eau douce en volume

Glaciers : 24 000 ,000 Km³ (soit 59,85%)

Eaux souterraines : 16 000 ,000 Km³ (39,9 %)

Lacs et cours d'eau 92 000 Km³ (0,22 %)

Le reste de l'eau étant dans l'atmosphère (moins de 1%). L'eau douce ne représente que 2,9% des réserves d'eau totales. La plus grande partie d'eau douce naturelle se trouve en Antarctique mais celle-ci se présente sous forme de glace ce qui la rend inutilisable pour l'Homme. La Russie, la Chine ou encore le Canada bénéficie eux aussi de réserves naturelles en eau douce en quantité largement suffisante. A contrario, certains pays n'ont pas cette chance comme la Lybie ou Chypre. En France, les réserves naturelles prennent généralement la forme de rivières ou de lacs comme celui d'Hourtin, situé en Gironde, et qui est le plus grand lac d'eau douce de ce pays.

I.4.2 Réserves d'eau totale

Océans : 1 340 000 .000 Km³ (94%)

Eaux souterraines : 60 000 .000 Km³ (4,2%)

Glaciers : 24 000 .000 Km³ (soit 1,7%)

Autres (lacs, cours d'eau, atmosphère) : moins de 1%

L'eau douce est une ressource épuisable et fragile. C'est pour cela qu'il est essentiel de protéger les ressources existantes à ce jour car sans elles nous ne pourrions pas consommer d'eau potable. Protéger ces réserves est obligatoire mais il est aussi nécessaire d'en créer de nouvelles au sein de pays manquant d'eau potable comme c'est le cas pour le continent Africain. (Anonyme., 2014)

I.5 Types de l'eau consommée

I.5.1 L'eau distribuée via les réseaux publics

Elle provient de ressources souterraines et / ou superficielles ; elle subit a un certain nombre de traitements avant sa livraison au robinet du consommateur.

I.5.1.1 Les eaux conditionnées

Une eau minérale est une eau d'origine souterraine, exempte de bactérie ou de virus et dotée, par les éléments minéraux ou les gaz qu'elle contient, de propriétés thérapeutiques ou de qualités hygiéniques utilisables. La plupart dépassent donc les exigences de qualité imposées aux eaux destinées à la consommation humaine et leur consommation doit correspondre à des préconisations médicales. L'eau minérale est soumise à une réglementation spéciale.

Une eau de source est également une eau d'origine souterraine, exempte de bactérie ou virus, mais cette fois-ci peu chargée en minéraux. Elle est apte à la consommation humaine, en général sans traitement ni addition de produits. L'eau de source est soumise à la même réglementation que l'eau de distribution publique.

I.5.1.2 - Les eaux de puits

Dans certains secteurs, il existe des puits captant des eaux souterraines en général peu profondes. Lorsque l'on possède un puits dans son jardin, il faut éviter de l'utiliser à des fins alimentaires car des pollutions ponctuelles sont toujours possibles. Elle peut en revanche être utilisée pour arroser le jardin, remplir la piscine, ... Cependant, des précautions doivent être prises afin d'éviter toute contamination du réseau public par des retours d'eau du puits. Pour cela, une séparation physique stricte des réseaux est nécessaire. Il est possible de connaître la qualité de l'eau de son puits en la faisant analyser. (Anonyme.1996)

I.6 Evaluation des ressources hydrique en Algérie

L'Algérie dispose de ressources en eau très limitées. Tout au moins au nord où vivent les trois quarts de la population. Sur les 100 milliards de m³ que constituent les précipitations, nous concédons 85% à l'évaporation alors que sur les 12,5 milliards de m³ qui ruissellent 50% partent à la mer ou dans les chotts. Au nord, seuls 3,5 milliards de m³ sont « régularisables » (Kehal, 2007).

La pluviométrie est le paramètre le plus important dans l'évaluation des ressources en eau. Elle varie de plus de 900 mm/an sur les hauts reliefs en bordure de la mer méditerranéenne et à moins de 100 mm/an au nord de Sahara (Kehal, 2007).

I.7 - Importance de l'eau

L'eau est le principal constituant du corps humain. La quantité moyenne d'eau contenue dans un organisme adulte est de 65 %, ce qui correspond à environ 45 litres d'eau pour une personne de 70 kilogrammes.

L'organisme élimine en permanence de l'eau. En fin de digestion la plus grande part de l'eau traverse les parois de l'intestin pour aller rejoindre le sang et la lymphe, qui la transportent dans tout l'organisme, notamment vers les reins, la peau et les poumons ; elle sera ensuite éliminée de diverses manières (urine, sueur, expiration).

L'homme doit donc chaque jour subvenir à ses besoins en eau, en buvant, mais aussi en mangeant car les aliments en contiennent beaucoup. Pour maintenir l'organisme en bonne santé, les pertes en eau doivent toujours être compensées par les apports. La soif est d'ailleurs un mécanisme par lequel l'organisme " avertit " qu'il est en état de déshydratation. (Hagimant,2009).

I. Définition

L'eau potable est une eau qui ne porte pas atteinte à la santé, et qui répond à un certain confort et plaisir de boire.

L'eau n'est pas seulement un ensemble de molécules H_2O (deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène). Elle contient en réalité naturellement une très grande variété de matières dissoutes, inertes ou vivantes : des gaz, des substances minérales ou organiques, des micro-organismes (bactéries, virus, plancton), ainsi que des particules en suspension (fines particules d'argiles, limons et déchets végétaux). (l'ORE.,2016)

II. Cycle de consommation

L'eau brute destinée à la consommation humaine est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eaux souterraines. Elle est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable où elle subit divers traitements physiques, chimiques et biologiques. Rendue potable, elle est distribuée aux consommateurs. Après usage, elle est recueillie pour être conduite vers les usines de dépollution des eaux usées, avant d'être enfin rendue à la nature.

Ce cycle subi par l'eau du fait de son usage par les sociétés humaines se décompose en cinq grandes étapes : le captage, le transport, la production d'eau potable, la distribution, puis la collecte et la dépollution des eaux usées.(CNRS.,2004)



Fig 3 : le cycle de consommation de l'eau potable

La consommation domestique en eau varie de quelques litres par jour dans les pays sans adduction publique et à faible confort ménager jusqu'à plusieurs centaines de litres dans

les pays très développés. Même si ce n'est qu'une petite quantité qui va être bu, jamais ces eaux ne sont distribuées qu'après traitement, trois facteurs déterminent le choix d'un traitement:

La quantité : La source doit couvrir la demande, en toute circonstance.

La qualité : La qualité de l'eau brute dont on dispose doit être compatible avec la législation en vigueur.

L'économie : Le coût d'investissement et de fonctionnement du procédé de traitement relatif à chacune des ressources disponibles est déterminant lors de la prise d'une décision.

Il faut signaler que les établissements distributeurs des eaux de consommation sont responsables de la conformité de ces eaux aux normes jusqu'à leurs arrivées au consommateur. (CNRS.,2004)

III. Type de l'eau

III.1 - L'eau du robinet

Provient d'eaux de surface (rivières, canaux, lacs...) et d'eaux souterraines. Elle est traitée afin de respecter une soixantaine de paramètres fixés par la loi.

III.2 - Les eaux minérales naturelles

Les eaux minérales naturelles proviennent d'une ressource profonde, microbiologiquement saine et présentant une composition minérale constante. Selon leur composition, elles peuvent avoir des effets sur la santé : les eaux sulfatées ont, par exemple, un effet laxatif, celles très faibles en minéraux sont recommandées pour la préparation des biberons. D'autres améliorent l'apport en magnésium (type Hépar) et peuvent être conseillées en cas de constipation passagère notamment chez les femmes enceintes, les enfants et les séniors. (Nicolas E., 2015).

III.3. Les eaux de source

Les eaux de source microbiologiquement saines, peuvent aussi parfois être recommandées pour la préparation des biberons.(Annett S.,2019)

IV. Paramètres de potabilité de l'eau

IV.1. Paramètres organoleptique

Il s'agit de la saveur, de la couleur, de l'odeur et de la transparence de l'eau. Ils n'ont pas de signification sanitaire mais par leur dégradation, ils peuvent indiquer une pollution ou

un mauvais fonctionnement des installations de traitement ou de distribution. Ils permettent au consommateur de porter un jugement succinct sur la qualité de l'eau.

IV.1.1. La couleur

Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UCV. Elle peut être due à certaines impuretés minérales (fer) mais également à certaines matières organiques acides humiques, fulviques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire (Alpha, 2005).

IV.1.2. La turbidité

La turbidité est la mesure de l'aspect trouble de l'eau. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES), comme les argiles, les limons et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale (Anonyme)

IV.1.3. Les goûts et odeurs

Les eaux de consommation doivent posséder un goût et une odeur agréable. La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur. Ces deux propriétés, purement organoleptiques, sont extrêmement subjectives et il n'existe aucun appareil pour les mesurer. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère (Monique, 1991).

IV.2. Paramètres physicochimiques de l'eau

IV.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH »

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966) ; (Bermond et Vuichard, 1973)

IV.2.2. Température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD, 2006)

IV.2.3. Conductivité

La conductivité montre une corrélation importante avec dix paramètres tels que la température et le pH. Valeur, alcalinité, dureté totale, calcium, total des solides, total des

solides solubles, produit chimique Demande d'oxygène, de chlorure et de fer dans l'eau. (Navneet et al ,2010)

IV.2.4. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous (DEGREMONT G., 1990). La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles.

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (RODIER J., 2005).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (RODIER J., 2009).

IV.2.5. Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca^{+2} et Mg^{+2} et une dureté non carbonatée produite par les autres sels.

Tableau 1: classification des eaux en fonction de dureté

Valeurs de TH	Nature d'eau
0 à 5°F	Eau très douce
5 à 15°F	Eau douce
15 à 25°F	Eau moyennement dure
25 à 35°F	Eau dure
> 35°F	Eau très dure

IV.3. Sels Minéraux Dissous

IV.3.1. Ions calcium (Ca^{2+})

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (Benamar et al., 2011). C'est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure...etc (Rodier et al., 2005).

Le calcium est aussi fréquent dans les roches sédimentaires. Il peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) qui sont facilement solubles (Sedraty, 2011). Le calcium ne pose pas des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage (Gaujour, 1995).

IV.3.2. Ions Magnésium (Mg^{2+})

Il constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (Rodier et al., 2009). La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riches en Mg^{++} (Dib, 2009). Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes (SEVESC, 2013).

IV.3.3. Ions de Sodium (Na^{2+})

Il est mesuré à l'aide d'un photomètre à flamme. L'instrument est normalisé avec la concentration connue en ion sodium (1 à 100 mg / litre). Les échantillons ayant une concentration plus élevée sont convenablement dilués avec de l'eau distillée et le facteur de dilution est appliqué aux valeurs observées.

IV.3.4. Ions de Potassium (K^+)

Il est également mesuré à l'aide d'un photomètre à flamme. L'instrument est normalisé avec une concentration connue de solution de potassium comprise entre 1 et 5 mg / litre. L'échantillon ayant la concentration la plus élevée est convenablement dilué avec de l'eau distillée et le facteur de dilution est appliqué aux valeurs observées.

mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (Rodier et al., 2005).

IV.3.5. Ion Bicarbonates (HCO_3^-)

Chaque fois que le pH atteint 8,3, la présence de carbonates est indiquée. Il est mesuré par titrage avec de l'acide chlorhydrique standardisé en utilisant la phénolphthaléine comme indicateur. En dessous de pH 8,3, les carbonates sont convertis en quantité équivalente de bicarbonates.

Il est également mesuré par titrage avec de l'acide chlorhydrique standardisé en utilisant du méthyl orange comme indicateur. Le méthyl orange devient jaune en dessous de pH 4,0. À ce pH, l'acide carbonique se décompose pour donner du dioxyde de carbone et de l'eau.

IV.3.6. Ions Chlorures (Cl⁻)

Les chlorures existent dans la quasi-totalité des eaux à des concentrations très variables. La présence des chlorures en concentrations élevées dans l'eau contenant du sodium donne un goût salé. Par ailleurs, les chlorures sont indispensables aux régimes alimentaires. Les effluents des industries de conserve des viandes et certains légumes sont connus par une forte teneur en sels et particulièrement en chlorure. Dans des travaux antérieurs ont constaté que la salinité des eaux usées constitue un handicap majeur pour les eaux réutilisées en agriculture.

IV.3.7. Ions Sulfates : SO₄⁻²

Proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2006).

IV.4. Les paramètres des pollutions des eaux

IV.4.1. Ions Phosphates (PO₄⁻³)

L'absorption quotidienne recommandée de phosphate va de 240 mg pour les nourrissons à 120 mg pour les femmes qui allaitent. Les eaux naturelles n'en contiennent pratiquement pas. Bien que non toxiques, les phosphates présents dans l'eau peuvent occasionner des troubles digestifs à cause de leur effet tampon. Le taux limite est de 5 mg/L en

IV.4.2. Ions Ammonium (NH₄⁺)

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH₄⁺) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniacque (NH₃) (Gaujour D, 1995).

En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniacque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniacque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du PH et de la température (Rodier, 1996).

IV.4.3. Ions nitrates (NO₃⁻)

Le nitrate, sel de l'acide nitrique, a pour formule chimique NO₃⁻. Pour se former, il a donc besoin d'azote (N) et d'oxygène (O). Les nitrates sont naturellement présents dans l'eau mais selon les milieux, leur concentration varie de 0,1 à 1 mg.L⁻¹ pour l'eau souterraine. L'apport de nitrates dans le sol, puis dans les eaux, est donc fortement lié à la

quantité de matières organiques présente et aux conditions de milieu. Les actions anthropiques sont donc importantes : utilisation d'engrais azotés et de lisier. De même, les rejets de stations d'épuration ou plus simplement de latrines et fosses septiques représentent un apport en matières organiques susceptibles de produire des nitrates (Demdoun, 2010).

IV.4.4. Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantités relativement faibles. Ils résultent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Ils peuvent aussi provenir de l'étape de traitement des eaux en cas de gestion inadéquate des filtres à sable, des filtres à charbon actif ou des étapes de nitrification-dénitrification biologique. Toutefois, une eau renfermant une quantité élevée de nitrites est considérée comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (Bouziani, 2000 ; Savary, 2010).

Les normes internationales de l'eau potable

Tableau 2: Les normes de qualité organoleptique et physico- chimique de l'eau potable

Paramètre	OMS	Unités	normes Algériennes	Unités
Paramètres organoleptiques				
couleur			25	mg/1 pt-Co
Turbidité	5	FTU	1-2	NTU
Température	-	°C	25	°C
Paramètres physico-chimiques				
pH	6.5 à 8.5	Un. pH	6.5 - 8.5	-
Conductivité	-	µs/cm	2800	µs/cm
Chlorures	250	Mg/l	200-500	mg/l
Sulfates	400	Mg/l	200 - 400	mg/
Calcium	-	Mg/l	75 - 200	mg/l
Magnésium	200	Mg/l	150	mg/l
Sodium	200	Mg/l	200	mg/l
Potassium	-	Mg/l	20	mg/l
Nitrates	44	Mg/l	50	mg/l
Nitrites	3	mg/l	0.1	mg/l
Ammonium	-	-	0.05-0.5	mg/l
Dureté totale	0.1	°F		
Minéralisation	50	Mg/l	-	

Source : Document de l'ANRH

IV.5. Paramètres bactériologique

C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau potable. Elle se mesure par la présence d'organismes indicateurs de pollution : les Germes totaux et les Coliformes qui vivent normalement dans les intestins humains et animaux. Les bactéries indicatrices de contamination fécale sont les Coliformes connus sous le nom d'*Escherichia coli* (*E.coli*), les Streptocoques fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs. Elles se multiplient très facilement et sont utilisées généralement comme germes tests de contamination fécale (Ahonon, 2011).

Eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique et être la cause d'une épidémie. Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries aérobies, c'est-à-dire celles qui pourraient se développer en présence d'oxygène. Cette analyse est surtout significative pour l'étude de la protection des nappes phréatiques.

V. La description des milieux de stockages de l'eau

La description de l'argile

L'origine des argiles peut être reliée à différents processus, tels que l'altération physique et/ou chimique (i.e. transformation primaire d'autres matériaux), la déposition in situ (i.e. redéposition après le transport de "détritus") et les processus hydrothermal et/ou diagénèse. La figure I-1, présente les degrés d'altération des divers silicates. On remarque que si la plupart des minéraux sont attaqués, le quartz est particulièrement résistant et ne sera que très peu touché par l'altération. Il est également à signaler que les minéraux tels que le quartz, la muscovite, le feldspath, la biotite, l'amphibole et les plagioclases sont les principaux constituants du granité, tandis que le basalte est constitué par le pyroxène, l'olivine et le plagioclase calcique. Voilà pourquoi le granité résiste mieux que le basalte aux différents processus d'altération (Anonyme.1999).

Structure des argiles

A l'exception du groupe relativement peu important des argiles dites fibreuses, les minéraux argileux sont constitués d'un empilement de feuillets de structure bien définie, séparés par des intervalles désignés sous le nom d'espace interfoliaire (Jouenne, 1975 ; Ben Hadj-Amara et al., 1987 ; Duchaufour, 1988)

Quatre ions principaux forment la structure des feuillets: les ions Si^{4+} ; Al^{3+} , O_2^- et OH^- . De plus, selon le type d'argile, d'autres ions sont également rencontrés tels que: Fe^{3+} Ca^{2+} , Mg^{2+} (Caillère et al. 1982).

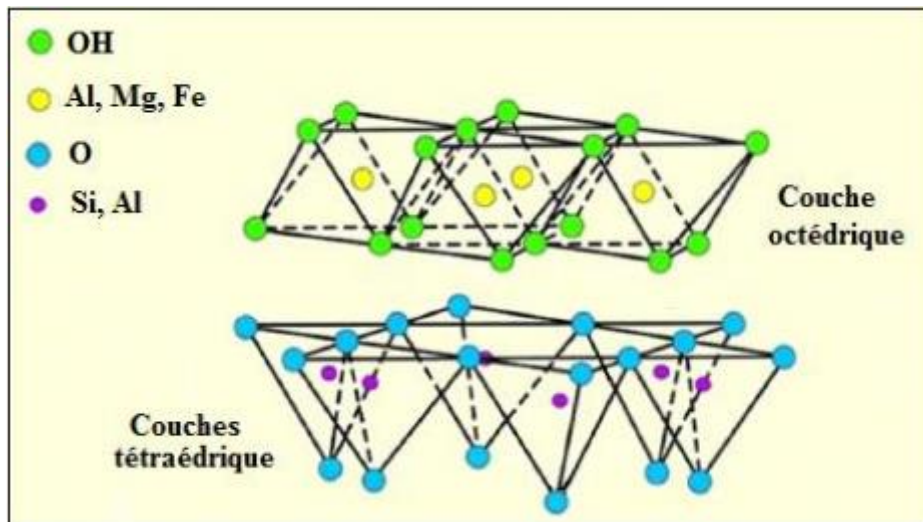


Fig 4: Structure des argiles

En agroalimentaire

L'argile capte et élimine 81% des microcystine-LR hépatotoxines (pouvant provoquer une nécrose hépatique) présentes dans l'eau à l'état naturel. Elle peut donc être utilisée pour filtrer l'eau dans le but d'un approvisionnement en eau potable. L'alimentation des animaux d'élevage est enrichie d'argile pour absorber les aflatoxines (molécules cancérigènes) synthétisées par une mycobactérie retrouvée dans les arachides. (Schell et al, 1993) (Phillips et al, 1995) Une étude prouve la non toxicité de la consommation d'argile sur le court terme. (Wang, 2005) (Halsted, 1968) Des essais cliniques ont été réalisés pour assurer que l'argile offre une réelle protection chez l'homme contre une exposition

La description du verre

Le verre est en effet composé de trois matières naturelles : le sable, le carbonate de sodium et le calcaire. Sa température de fusion est de 1 500°C. Il possède la propriété remarquable d'être inerte, c'est-à-dire qu'il ne réagit pas aux substances étrangères et ne les absorbe pas. C'est pourquoi, depuis toujours, le verre est sans danger pour l'environnement et la santé humaine.

La majorité des verres fabriqués industriellement sont des verres d'oxydes. L'aptitude à la vitrification qui désigne la tendance de la solution liquide des constituants à vitrifier au cours du refroidissement dépend : De la proportion des oxydes formateurs et modificateurs dans la «composition». La plupart des éléments chimiques existent à l'état naturel (roches) sous forme d'oxyde ou bien sont fournis par l'industrie sous forme d'oxydes ou de composés susceptibles de se transformer en oxydes au cours de la fusion (David, 2018).

La description du plastique

La matière plastique utilisée par les industrielles sous plusieurs nuances et noms elle est constituée principalement d'un polymère, un adjuvant et un additif. Ces différents composés sont introduits dans le polymère de base pour améliorer les propriétés mécanique, physiques, chimiques et thermique (résistance aux chocs, résistance au courant électrique, résistance au vieillissement, résistance aux hydrocarbures). Les dosages des différents composants doivent être précis. L'action de la chaleur assure la transformation vers la matière première définitive. (Saidi et al.)

On entend par « matière plastique » le composé macromoléculaire organique obtenu par polymérisation ,polycondensation , polyaddition ou autre procédé similaire à Partir de molécules de poids moléculaires inférieurs ou par modifications chimiques de macromolécules naturelle, sont considérées également comme matières plastiques les silicones et autres composés macromoléculaire linéaires (Anonyme LNE, 2009).

L'agroalimentaire absorbe 65 % des emballages plastiques (réciproquement, 50 % des aliments sont emballés dans du plastique).

La structure du plastique

Les polymères sont des matériaux composés de très longues chaînes (macromolécules), elles mêmes formées de molécules élémentaires (monomères) assemblées entre elles. Ces chaînes sont principalement constituées d'atomes de carbone sur lesquels sont fixés des éléments comme l'hydrogène ou l'oxygène. D'autres éléments, notamment le chlore, l'azote ou le fluor, peuvent encore intervenir dans la composition de la chaîne. Trois grandes familles de polymères peuvent être distinguées : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères (Anonyme, 1999).

1 - Présentation de la zone d'étude

1.1 - Situation Géographique

La wilaya de Laghouat, est l'une des neuf wilayas du sud algérien. Elle comporte 24 communes

Elle est limitée par les wilayas suivantes:

Au Nord : Wilaya de Tiaret

Au Sud : Wilaya de Ghardaïa

A l'Est : Wilaya de Djelfa

A l'Ouest : Wilaya d'El-Bayadh

Elle située à 400 km au sud de la capitale Alger. Elle s'étend sur une superficie de 25 052 km². Le Chef lieu de la wilaya est la commune de Laghouat,

Notre région d'étude fait partie de La wilaya de Laghouat, elle est répartie sur les trois communes de : Sidi Makhlouf, El Assafia et Laghouat.

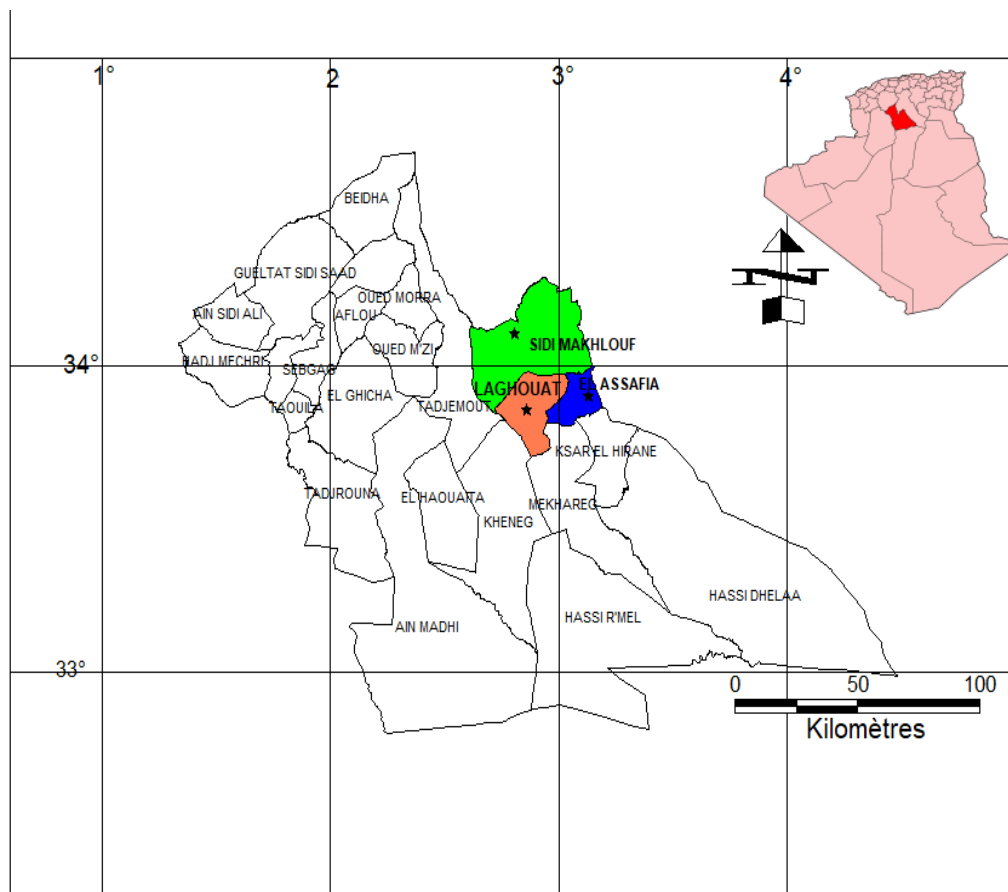


Fig 05: Situation Géographique de la région d'étude.

1.2 - Caractéristiques géomorphologique et pédologique de la région d'étude

D'après KHADRAOUI (2004), la région de Laghouat se distingue principalement par trois grands ensembles, l'un est atlasique se caractérise par les piémonts de l'Atlas saharien central, le second par les plaines alluviales et la troisième par un plateau (pays des dayas) à surface plane avec une charge caillouteuse en surface.

Dans notre zone d'étude, les sols sont peu évolués occupent une superficie assez importante. Cette catégorie de sols se localise à des divers endroits de la plaine alluviale, soit à proximité du lit majeur de l'oued M'zi, soit autour des chenaux Ils constituent les dépôts récents.

Les sols de notre région d'étude sont en majeure partie d'apport alluvial typique sur une croute calcaire évoluée, à texture légère, à teneur faible en matière organique présentant ainsi des contraintes pour l'agriculture (CMF, 2011).

Ces types de sols ont en commun des caractères particuliers tels que :

- Absence de différenciation du profil.
- Texture hétérogène.
- Perméabilité variable selon le type d'alluvionnement,
- Structure peu développée.
- pH est généralement neutre à alcalin.

Les sols d'alluvions récents ne montrent qu'un début de pédogenèse. Celle-ci se traduit par l'incorporation en surface de matières organiques, fournies par la végétation naturelle. Ceci a donné lieu à un horizon superficiel humifère structuré et peu développé. Le taux de matière organique dans l'horizon de surface pour la classification des sols, nous a conduits à faire la distinction entre les sols à minéraux bruts et les sols peu évolués.

1.2.1. Caractéristiques géologiques

1.2.1.1. Aperçu sur la géologie régionale et locale

La région de Laghouat appartient à la zone de transition Atlas saharien _ plateforme saharienne. Notre région d'étude se trouve plus précisément au Nord-est de Laghouat

L'Atlas Saharien est une chaîne intracratonique qui doit son origine à un plissement de faible intensité, elle prend naissance au Maroc (Ritter 1901), c'est un sillon mésozoïque

qui s'est à la périphérie sud de la plate forme épi-hercynienne (Wildi 1983), sa structure tectonique actuel est due au plissement alpin.

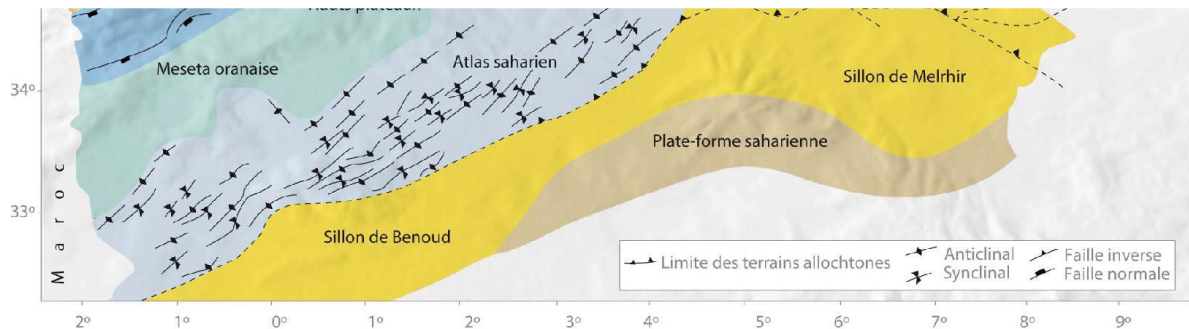


Fig 06: Cadre structural du Nord de l'Algérie, montrant les principales structures de l'Atlas saharien (d'après Wildi).

1.2.1.2. Stratigraphie de la région d'étude

Les séries sédimentaires affleurant dans la région sont formées essentiellement par des terrains méso-cénozoïques décrits par différents auteurs : HARKET (1982); ABED (1982).

La série affleurant dans notre secteur d'étude présente des formations allant du crétacé jusqu'au quaternaire.

1.2.1.2.1. Le Crétacé

Il est représenté par des formations allant du vallanginien jusqu'au Maastrichtien, dont l'épaisseur à l'affleurement est estimée à 2800m et une épaisseur réelle moyenne de 2000m, la faune est plutôt rare, voire absente. On y observe la succession suivante:

a- Le vallanginien-barrémien

Repose sur la discontinuité complexe du passage jurassique-crétacé (zone de transition), c'est une formation fluviatile représentée par une épaisse série continentale de grés grossiers à dragée de quartz (grés inférieurs) intercalés de minces niveaux argileux souvent rouges.

b- L'Aptien

Dans la série crétacée du Milok à Laghouat, il apparaît sous forme d'une combe argileuse (argile vertes à gypses) avec intercalation de quelques bancs gréseux à géodes de gypse. Il correspond à une phase de transgression marine, qui entraîne une rétrogradation du delta.

c- L'Albien Inférieur

Le régime deltaïque reprend avec une formation fluviatile détritique de grès à dragées de quartz (grès supérieurs) à grandes stratifications obliques et slumps liés à une instabilité du substratum.

d- L'Albien Supérieur

Il est représenté par une formation essentiellement marneuse où s'intercalent des bancs calcaires fins, parfois dolomitiques à laminations algaires de type stromatolithes.

e- Le Cénomanién

C'est une combe marneuse qui débute par un niveau calcaire dolomitique correspondant à un intervalle transgressif puis viennent les marnes à gypse caractéristique du Cénomanién.

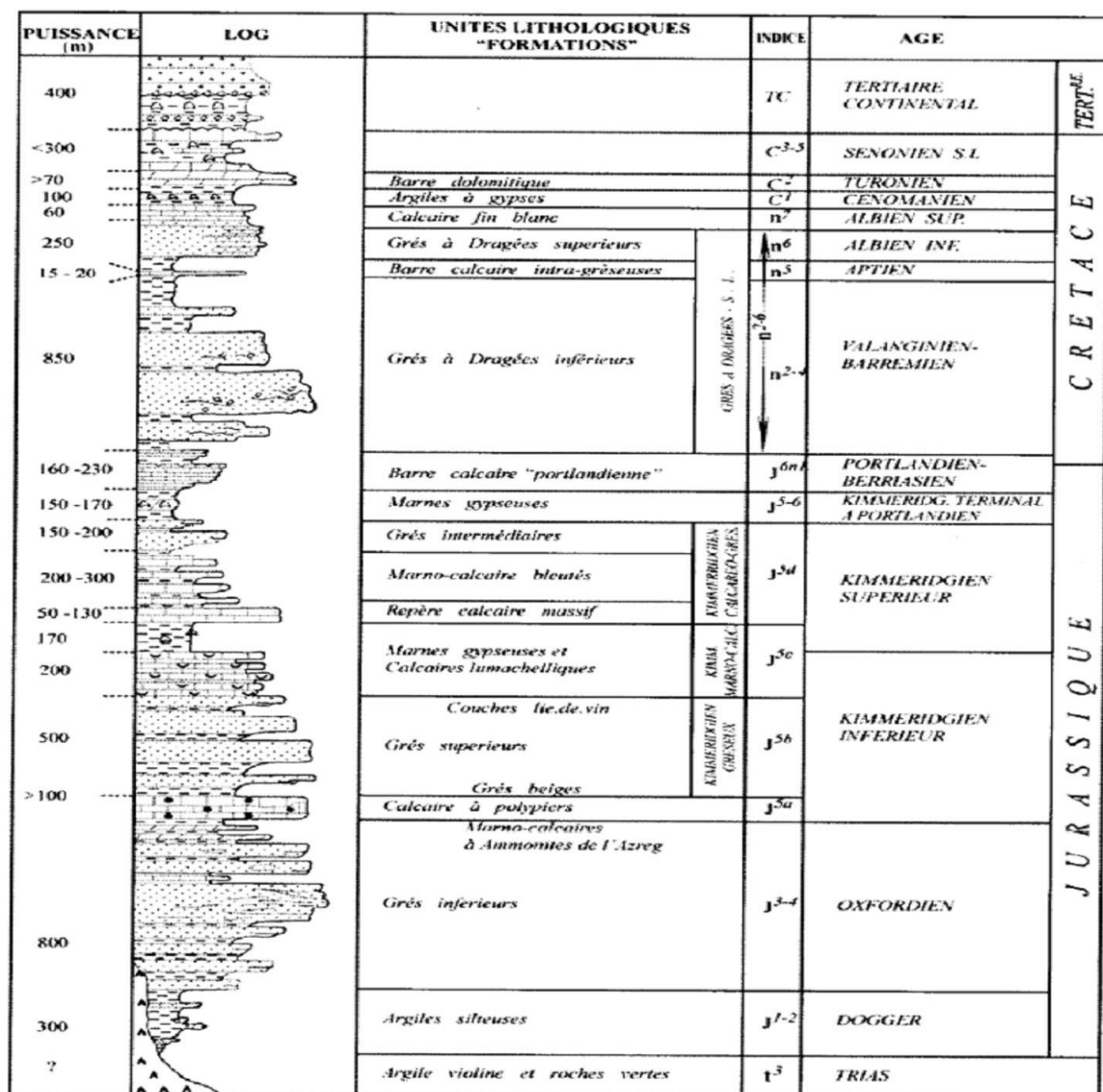


Fig 07: Log stratigraphique de la région de Laghouat.

f- Le Turonien

La barre dolomitique du Turonien constitue la corniche sommitale des synclinaux perchés. Cette formation carbonatée dolomitisée d'une puissance d'environ 130 m, comporte deux barres importantes d'une vingtaine de mètres de calcaires séparées par un ensemble constitué de calcaires en plaquettes centimétriques à décimétriques à nombreux rognons de silex.

g- Le Sénonien

La subsidence est plus faible, elle entraîne des dépôts marno-calcaires à faunes benthiques. Dans la série du MILOK, le Sénonien est discordant sur le turonien et correspond aux termes marneux à gypse qui se terminent par quelques mètres de bancs calcaires lacustres blancs qui restent mal datés et pourraient appartenir à l'Eocène.

1.2.1.2.2 - Le Tertiaire Continentale

Il correspond aux terrains d'âge Eocène -Oligocène essentiellement continentaux avec des argiles rouges, des grés et des conglomérats, dans lesquels s'intercalent des bancs de calcaires lacustres.

1.2.1.2.3 - Le Quaternaire

Les terrains quaternaires couvrent une importante superficie dans l'atlas saharien au sens large, constitués principalement de dépôts alluviaux parfois très épais (plusieurs dizaines de mètres)

1.3 - L'étude climatologique

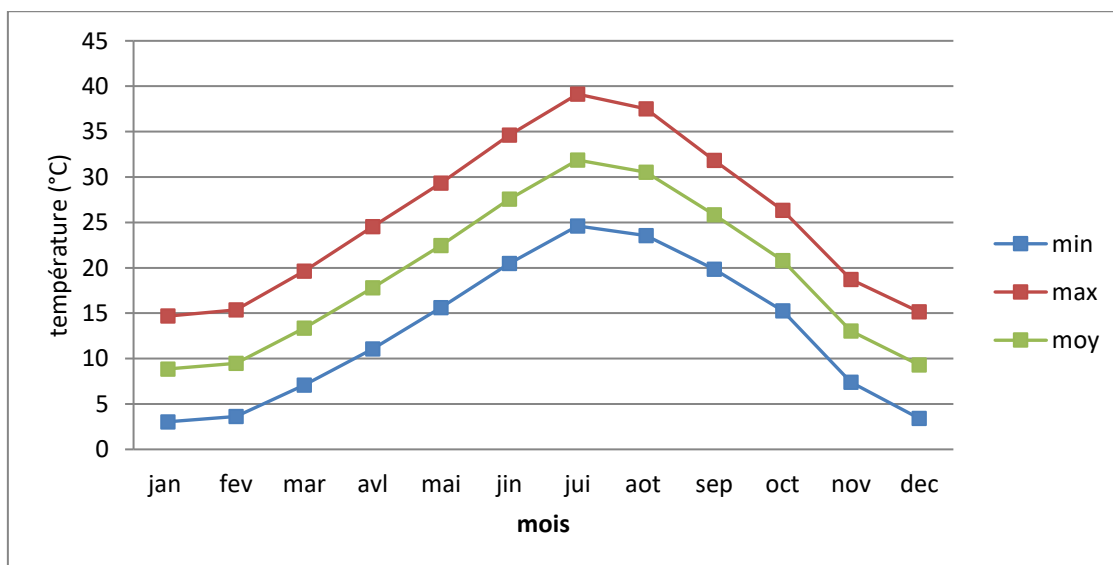
L'étude climatologique est nécessaire pour toute étude hydrogéologique car elle facilite la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux superficielles et souterraines. L'évaluation du bilan hydrique exige la connaissance des paramètres suivants : Les températures, les précipitations, l'humidité relative et les vents. La connaissance de ces caractéristiques climatiques conditionne le développement des végétaux, et assure la bonne production (Nechem, 2009).

Tableau03: Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Laghouat (2008 - 2018)

Mois	T° moyenne annuelle (c°)			Précipitation (mm)	Humidité Relative (%)	Vitesse Moyenne (m/sec)
	Min	Max	Moy			
Janvier	3,04	14.68	8,86	7.43	57,8	3,08
Février	3,62	15.35	9,48	8.29	51,3	3,69
Mars	7,07	19.64	13,35	5.86	45,2	3,41
Avril	11,05	24.52	17,78	7,19	38,8	3,93
Mai	15,62	29.32	22,47	8.40	33,9	3,82
Juin	20,48	34.62	27.55	5,46	31,1	3,5
Juillet	24,61	39.13	31.87	4.62	22,9	3,15
Aout	23,56	37.51	30.53	8.15	28,2	2,88
Septembre	19,86	31.85	25.85	17.54	38,8	2,9
Octobre	15,25	26.32	20.78	15.98	48,5	2,23
Novembre	7,38	18.72	13.05	12.83	53,4	2,88
Décembre	3,42	15.17	9.29	7,37	58,2	2,54

1.3.1 - La température

En se basant sur les données du tableau ci-dessus. Nous ne constatons que la saison chaude est bien marquée. La température maximale est enregistrée durant le mois d'Juillet où elle atteint 39.13°C et que Janvier est le mois le plus froid avec une température minimale de 3.04°C.

**Fig08 :** Température moyenne mensuelles de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).

Le graphe des courbes de la température maximale et minimale (Fig.08) montre que le plus grand écart s'observe au mois de juillet avec un maximum de 39.13 °C et un minimum de 4.66 °C, par contre le plus faible écart s'observe en décembre avec un maximum de 14,54°C et un minimum de 2,9°C avec 11,64 °C.

1.3.2 - La précipitation

les précipitations et la température représentent les facteurs les plus importants du climat (Faurie *et al.*, 1983). Le terme précipitation désigne tout type d'eau qui tombe du ciel, sous forme liquide ou solide. Cela inclut la pluie, la neige, la grêle...etc. (Dajoz, 2000)

La pluie est un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, elle joue un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines.

Précipitation interannuelle

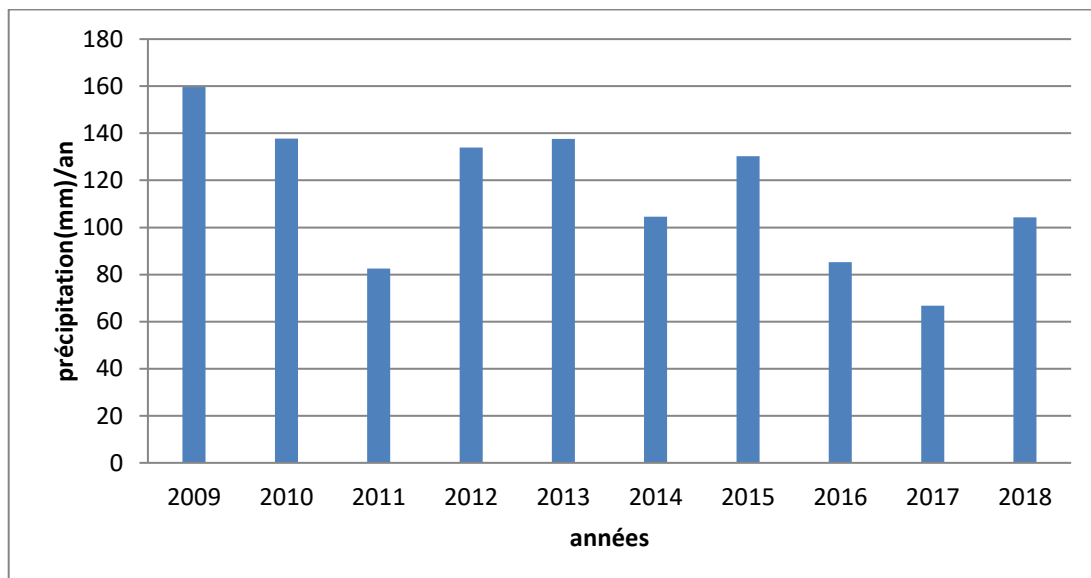


Fig9 : Hauteurs moyenne interannuelle de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).

D'après figure qui représente La variation de la précipitation interannuelle, nous constatons que la précipitation moyenne oscille entre 66.8 mm pour l'année 2017 et 159.7 mm pour l'année 2009.

Donc la précipitation interannuelle dans la région de Laghouat est variable avec une période pas stable qui est changée à chaque 3 ans.

D'après les données climatiques fournies, nous constatons que le mois septembre est le mois le plus pluvieux 17.54 mm ; et le mois de juillet est le mois le plus sec avec une précipitation moyenne de 4.62 mm.

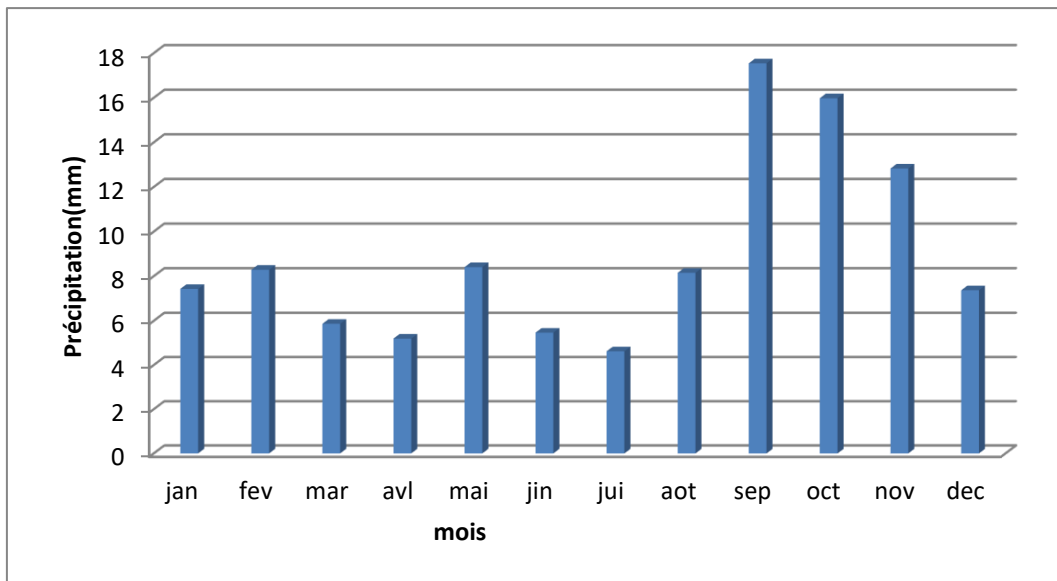


Fig10 : Précipitation moyenne mensuelles de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).

1.3.2 - L'humidité

L'humidité relative de l'air est la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère par rapport à la qualité maximale qui peut être fixée à une température considérée.

L'humidité est élevée et pratiquement constante le long de l'année. Nous notons un maximum au cours du mois Décembre avec une valeur de 69% et un minimum de 29.9% pendant le mois de Juillet.

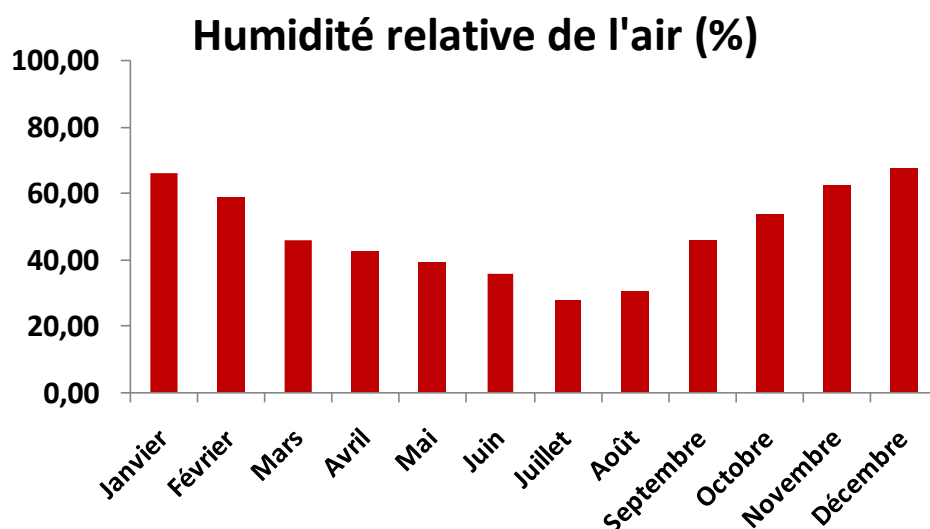


Fig11: Humidité moyenne mensuelles de la région de Laghouat durant la période (2008-2018).

1.3.2.1 - Le diagramme OMBROTHERMIQUE de BAGNOULS et GAUSSEN:

Pour Gausсен, un mois est sec si le quotient des précipitations mensuelles exprimées en mm, par la température moyenne T exprimée en $^{\circ}\text{C}$, est inférieur à 2 ($T < 2P$). La présentation sur un même graphique des températures et des précipitations moyennes mensuelles avec en abscisse les mois permet d'obtenir le diagramme Ombro-thermique (Voir figure 12) qui met immédiatement en évidence les périodes sèches et les périodes pluvieuses (Guyot, 1999).

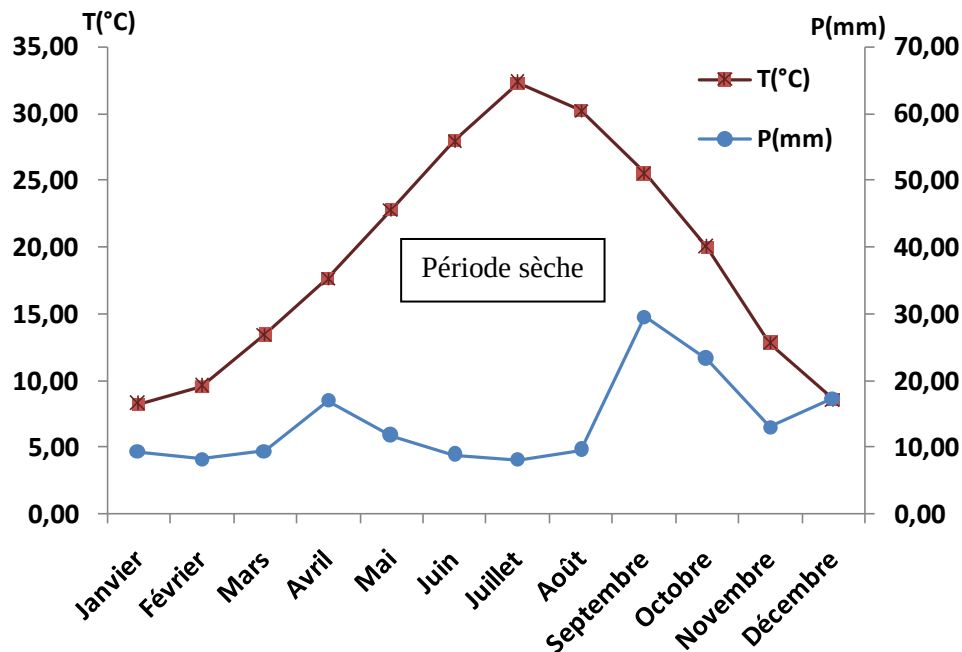


Fig12 : Diagramme d'Ombrothermique de Gausсен de la région de Laghouat (2008-2018).

Indice De Martonne :

-indice annuel :

En 1923, De MARTONNE a défini un indice d'aridité "A" comme suite :

$$A = P/T + 10$$

P : précipitations moyennes annuelles (mm)

T : température moyennes annuelles ($^{\circ}\text{C}$)

$A < 5$: climat hyperaride

$5 < A < 7,5$: climat désertique

$7,5 < A < 10$: climat steppique

$10 < A < 20$: climat semi-aride

$20 < A < 30$: climat tempéré

$A = 3.71$ pour la station de Laghouat donc un climat hyperaride.

Travail expérimental

I. Travail de terrain

I.1. Echantillonnage

Notre échantillonnage a concerné quatre forages d'eau potable existants au niveau de la région de Laghouat. Aussi, quatre échantillons d'eau minérale mises en bouteille dite : Lalla Khedj, Bouglez, El Goléa et Fezgia

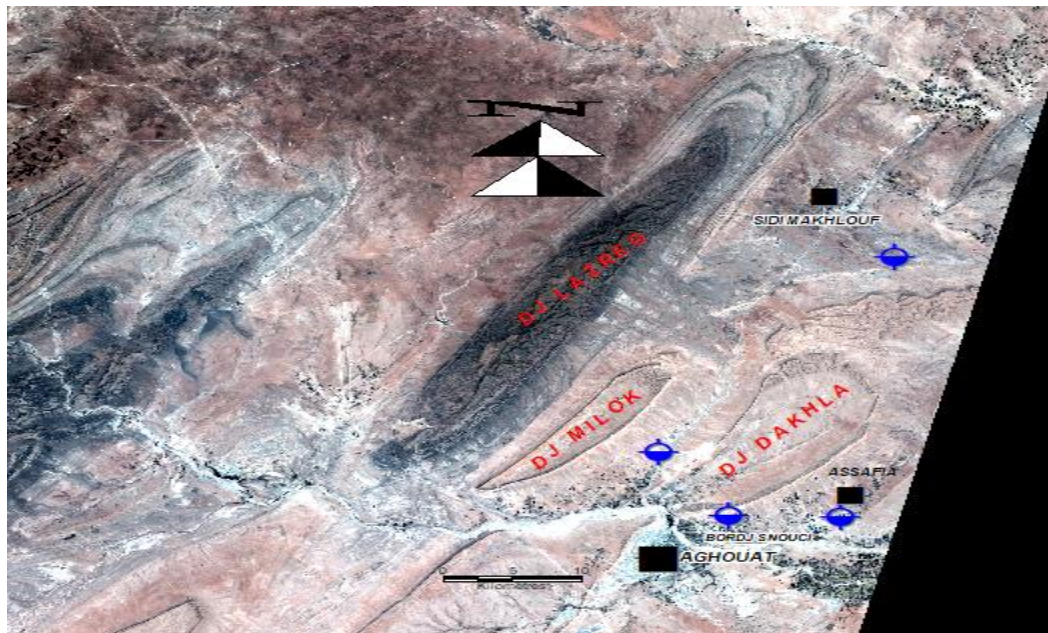


Fig 13: Les points des eaux naturelles échantillonnés dans la région de Laghouat.

Pour les paramètres physicochimiques Les prélèvements d'eau ont été effectués manuellement. On utilisant des flacons, en verre propres et nettoyées. Avant chaque prélèvement, les flacons sont rincés avec de l'eau prélevée et agiter avant chaque prélèvement pour les eaux naturelles.

Et pour à l'eau minérale, nous prenons 5 bouteilles d'eau minérale et les mélangeons dans une bouteille.

Concernons à les échantillons destinés à une analyse bactériologique des eaux potables sont prélevés en flacons stériles, ne les ouvrir qu'au moment du prélèvement, Flambe le point de prélèvement et laisser couler l'eau sous la protection de la flamme avant de prélever.

I.2. Stockage :

Un stockage des eaux collectées a été effectué dans trois milieux (plastique, verre et argile), d'une durée de 15 jours (du 15 Décembre 2018 au 30 Décembre 2018), à température ambiante.

II. Travail au laboratoire

II.1. Analyses physico-chimiques

II.1.1 Analyses physiques

II.1.1.1 pH (potentiel hydrogène)

La mesure du pH donne une indication sur l'alcalinité ou l'acidité des eaux.

Il est important pour la croissance des micro-organismes est donc l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau (Rodier, 1996)

Ceci consiste à faire des mesures à T 25°C en plongeant l'électrode dans l'échantillon puis on laisse le pH-mètre se stabiliser pendant quelque secondes, enfin on lit la valeur du pH.



Fig 14: pH mètre

II.1.1.2 Température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes Répercussions écologiques (leynaud , 1968). Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (W.H.O, 1987). Le Température est mesuré directement à l'aide d'un thermomètre précis multiéléments (Rodier *et al.*, 2005).

II.1.1.3 Conductivité électrique

La conductivité représente la résistance qu'une eau oppose au passage d'un courant électrique. Et est un indicateur direct de sa salinité. La conductivité varie également en fonction de la température. Elle a, la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains lorsqu'il pleut.

Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux. Elle peut également avoir pour origine l'activité humaine causée par les effluents agricoles, industriels ou domestiques qui contiennent des sels contribuant eux aussi à l'accroissement de la conductivité. La mesure de la conductivité électrique a été faite à l'aide d'une conductimètre.

Les résultats affichés sur l'écran de l'appareil (multi-paramètre) et sont exprimés en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (ADE)

Selon la conductivité, l'eau peut être classée en eau de qualité plus ou moins bonne (Tableau 4).

Tableau 04: Détermination de la conductivité et classée en eau de qualité

Conductivité	Nature de l'eau
50-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Eau excellent
400-750	Eau de bonne qualité
750-1500	Eau de moyenne qualité
1500>	Eau médiocre

II.1.1.4 Mesure de la salinité et du taux de sels dissous (TDS)

Les mesures de salinité et du TDS sont effectuées à l'aide d'un appareil multi- paramètre même principe que la mesure de la conductivité. On garde l'électrode de conductivité dans le recepaient qui contient l'eau à examinée puis on appuis une fois sur le bouton de conductivité pour donne le résultat de taux des sels dissous. Et deuxième fois pour donner le résultat de salinité. Les résultats obtenus par lecture directe sont donnés en 0/00 et en mg/l pour la salinité et le taux de sels dissouts respectivement.



Fig 15 : appareil multi paramètre

II.1.1.5 Minéralisation

La minéralisation correspond aux taux de sels dissous. Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. Toutefois, la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité (tableau 05) (Rodier et *al*, 2005).

Tableau 05: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation (mg/L)
< à 50	1,365079x Conductivité
Entre 50 et 166	0,947658 x Conductivité
Entre 166et 333	0,769574 x Conductivité
Entre 333et 833	0,715920 x Conductivité
Entre 833 et 10000	0,758544 x Conductivité
> à 10000	0,850432 x Conductivité

Source : (RODIER, 2009).

II.1.2 Les analyses chimiques

II.1.2.1 Dosage de la dureté totale (TH)

La dureté totale est un indicateur du niveau de calcaire dans l'eau notamment le calcium (Ca^{2+}) et le magnésium (Mg^{2+}). est déterminée par un dosage complexométrique par l'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique).



Fig 16: Dosage de la dureté total

Mode opératoire

- On ajoute 10 gouttes de solution tampon TH (pH 10)
- quelques gouttes de NET dans 10 ml d'eau prélevée
- La solution vire en rouge. et dose la solution par l'EDTA il est terminé quand la solution rouge vire à la bleue. la valeur de la dureté est indiquée par le volume de l'EDTA versé (en °f).

II.1.2.2 Dosage des ions $[Ca^{2+}]$

- On met 10 ml de l'eau à analyser dans un bécher
- on ajoute 3 gouttes de solution d'hydroxyde de sodium (NaOH, pH = 12)
- une pincée de l'indicateur de Ca^{2+} (calcon + NaCl),
- ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rose au bleu



Fig 17 : dosage de calcium

II.1.2.3 Dosage des ions (Mg^{2+})

se fait par calcule comme le suivant :

$$[Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{+2}]$$

II.1.2.4 L'azote ammoniacal (NH_4^+)

Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3) (Gaujour , 1995). En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du pH et de la température (Rodier , 1996).

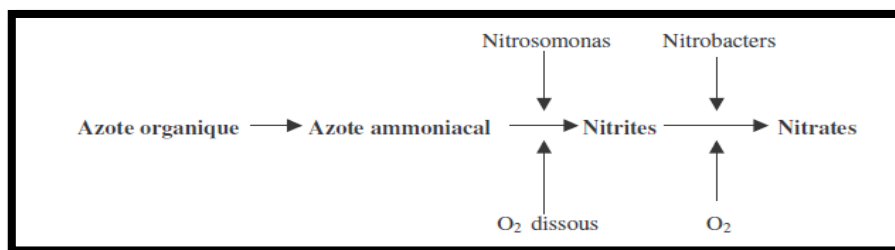


Fig 18 : Oxydation de l'azote ammoniacal

Mode opératoire

- Prélever 40ml de l'eau à analysée dans un bécher,
- On ajout 0,4reactif I
- Et réactif II on vire en couleur vert claire
- Et attendre 1h puis lecture le résultat par spectrophotométrie.

II.1.2.5 Dosages de Sodium et Potassium

La présence de sodium et potassium dans tous les échantillons à des concentrations significatives est liée à la lithologie de la région étant donné que ces éléments entre dans la composition des argiles qui se trouvent dans la majorité des couches géologiques.

Ils peuvent également avoir comme origine le lessivage des engrais sur les sols pauvres en humus. Il est à signaler que l'excès du Potassium et sodium est contrôlé par l'organisme, soit par transpiration ou par élimination urinaire, Or chez les sujets présentant des

complications rénales, le contrôle de cet élément est impératif, sachant qu'une hypercalcémie peut provoquer un arrêt cardiaque.

D'une façon générale, la spectrométrie de flamme est la méthode la plus indiquée pour le dosage de sodium et potassium

Mode opératoire :

- On introduit successivement les solutions tampons des radiations et les échantillons dans une série de tubes de chaque cation Na^+ , K^+
- On agite rigoureusement avant d'effectuer puits on fait la lecture au spectrophotométrie de flamme a longueur d'onde de 585nm pour le sodium et 766,5nm pour le potassium après avoir réglé la maximum de transmittance de l'appareille sur les tubes
- On trace la courbe d'étalonnage et l'on déduit la concentration de l'élément en question
- Les concentrations pour nos échantillons sont déterminées graphiquement grâce à la gamme étalon de potassium.



Fig 19 : spectrophotomètre à émission de flammes

II.1.2.6 Les Chlorures

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (Humbert et Pommier, 1988 in Tarik, 2005) La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé. Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3) en présence de chromate de potassium (K_2CrO_4).

Les ions chlorures réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble et précipitant. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier et *al*, 2005).

Mode opératoire

- On prélève 10ml de l'eau à analyser, dans un bécher.
- Ajoute 1ml de l'indicateur chromate de potassium donnée coloration jaune
- puis fait le titrage avec la solution Nitrate d'argent (0.02N) jusqu'à l'apparition d'une teinte rougeâtre (Rodier et *al*, 2005).

II.1.2.7 Détermination de l'alcalinité (bicarbonates HCO_3^-)

À l'inverse de l'acidité, l'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de Sels d'acides faibles (Rodier, 2009). Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré (Rodier et *al*, 2005).

Mode opératoire

- On a pris 10 ml d'échantillon d'eau
- en suit on lui a ajouté 2 gouttes d'orange de méthyle ((indicateur coloré)
- Et a titré avec Acide sulfurique (H_2SO_4) 0,0865N.

II.1.2.8 Dosage du phosphate (PO_4^{3-})

Les phosphates (PO_4^{3-}) font partie des anions facilement fixés par le sol, leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains. En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, le phosphate réagit. Puis le complexe formé est réduit par l'acide ascorbique et développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique (Rodier et *al*, 2005).

- Prélever 40ml de l'eau à analysée dans un bécher,
- ajout 1ml acide ascorbique et 2ml du réactif mixte et attendre 10 minutes jusqu'à le développement d'une coloration bleue.
- On note la DO à 880 nm.

La densité optique affichée sur le spectrophotomètre UV/Vis donne la concentration des ions phosphates dans l'eau en mg/l.

II.1.2.9 Les sulfates

Les sulfates peuvent être d'une origine naturelle à partir du gypse ou pyrite ou d'une origine industrielle ou à partir des produits de traitement agricole.

Les ions sulfates sont précipités et passent à l'état de sulfate de baryum, en présence de Chlorure de baryum (BaCl_2), La turbidité est proportionnelle à la concentration de l'eau en sulfates. La mesure de la turbidité a été faite à une longueur d'onde de 650nm (Rodier, 2009).

- Prenez 50ml eau analyse
- Ajoute 3-4gouttes de bleu de promotémole pour SO_4^-
- Titree par chlorure de baryum (0,1N)

II.1.2.10 Dosage des nitrates

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et ils se trouvent naturellement dans les eaux de surface ainsi que dans les eaux souterraines. Les nitrates sont nécessaires à la croissance des végétaux mais leur présence excessive dans le sol peut contaminer la source d'alimentation en eau. Transformés en nitrites par l'organisme, ils peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules. Cette pathologie peut affecter les nourrissons de moins de 6 mois. Le risque est très difficile à établir. Partant d'un principe de précaution, la norme de potabilité pour l'eau a été fixée à 50 mg/l. Au-delà de 100mg/l, l'eau ne doit pas être consommée.

Mode opératoire :

La méthode utilisée est la méthode spectrophotométrique.

- Prenez 10ml d'échantillon à analyse, ajouter 4 gouttes d'acide acétique, laisser reposer pendant 5 minutes ;
- ajouter 0,5mg de salicylate de sodium ;
- Sécher la solution à 80°C dans l'étuve ;
- Ajouter 16gouttes d'acide sulfurique et laisser refroidir pendant 15 minutes ;
- Ajoute 10ml de la soude NaOH 20% ;

Effectuer la lecture à l'aide de spectrophotométrie ; étalonner ensuite les nitrites.



Fig 20: L'étuve utilisée pour sécher la solution



Fig 21 : Spectrophotomètre UV visible utilisé pour la détermination du taux des nitrates

II.1.2.11 Dosage des nitrites

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composé azotés .ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates .leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates.

Mode d'opérateur :

Le dosage des nitrites est effectué par la méthode de

- prendre 50 ml d'eau à analyser ;
- Ajoute 1ml réactifs mixte de NO_2 ;
- Attendre 10 minutes jusqu'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- ;
- Effectuer la lecture à 543 nm.

II.2 Méthode Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Rodier, 2005).

En raison de la diversité des espèces bactériennes, virales et parasitaire, des germes test vont être analysés qui représenteront par la suite l'aspect microbiologique de ces eaux. Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Germes totaux ;
- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux.

II.2.1 Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiants se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les microorganismes mésophiles (37°C).

Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2°C (Rodier 2005).

Mode opératoire

- On prend deux boîtes de pétri stériles et on note sur chaque boîte la date et la température d'incubation ;
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boîte ;
- On fait couler environ 19ml la gélose préalablement fondue et refroidie à 45 °C ;
- On agite doucement par un mouvement circulaire en forme de « 8 », pour assurer un mélange homogène

Les boîtes seront partagées en deux séries distinctes :

- La première série sera incubée à 22±2°C pendant 24h ± 4 h
- La deuxième série sera incubée à 37±2°C pendant 24h ± 4 h

Lecture : après 24 heures il apparaît un mélange de colonies blanches et jaunes.

Le dénombrement est exprimé en UFC/100 ml.

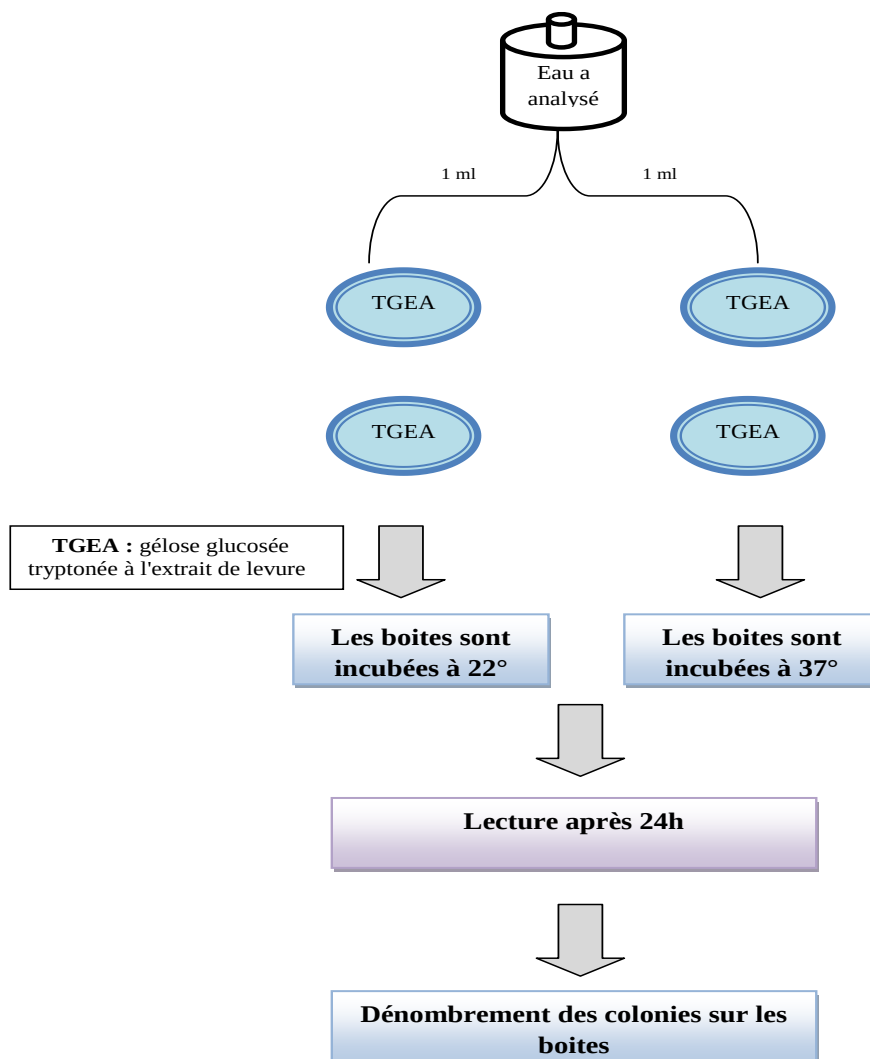


Fig 22 : Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Germes totaux.

II.2.2 Le dénombrement des coliformes totaux

Les coliformes se présentent sous forme des *bacilles à Gram négatifs (BGN)*, non *sporogones*, *oxydase négative*, *aéro-anaérobies* facultatifs, capables de croître en présence de sels *biliaires* et capables de *fermenter* le *lactose* avec production d'acides et de gaz, en 24 à 48 heures à 37°C.

La Technique en milieu liquide sur *BCPL*, fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

- Le test de présomption ; réservé à la recherche des *coliformes totaux*
- Le test de confirmation ; encore appelé test de *MAC KENZIE* et réservé à la recherche des *coliformes fécaux* à partir des tubes positifs du test de présomption. en tenant compte du fait qu'*Escherichia Coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C (figure 21) (RODIER 2009).



Fig 23 : photo présente milieu BCPL pour dénombrement des coliformes

Test présomptif de la présence ou l'absence des coliformes.

On ensemence à partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 2 fois 10ml dans un *flacon* contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 2 fois 1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL s/C muni d'une cloche de Durham.
- 2 fois 0,1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham

Le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham doit être chassé et bien mélangé le milieu et l'*inoculum*. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 h. Seront considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Expression des résultats des Coliformes totaux

Le nombre des coliformes totaux par 100 ml est obtenu en comptant le nombre des tubes positifs en se référant à la table de Mac Credy qui nous donne le nombre le plus probable (NPP).

2eme étape: Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*.

- _ On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham ;
- _ On incube à 44 °C pendant 24 heures ;
- _ On considère comme positifs tous les tubes présentant à la fois ;
- _ Un trouble avec un dégagement gazeux ;
- _ Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* Après adjonction de 2 à 3 gouttes de réactif de Kovacs.

Expression des résultats des *Coliformes fécaux*

Le dénombrement d'*E. Coli* s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux sur la table de Mac Credy

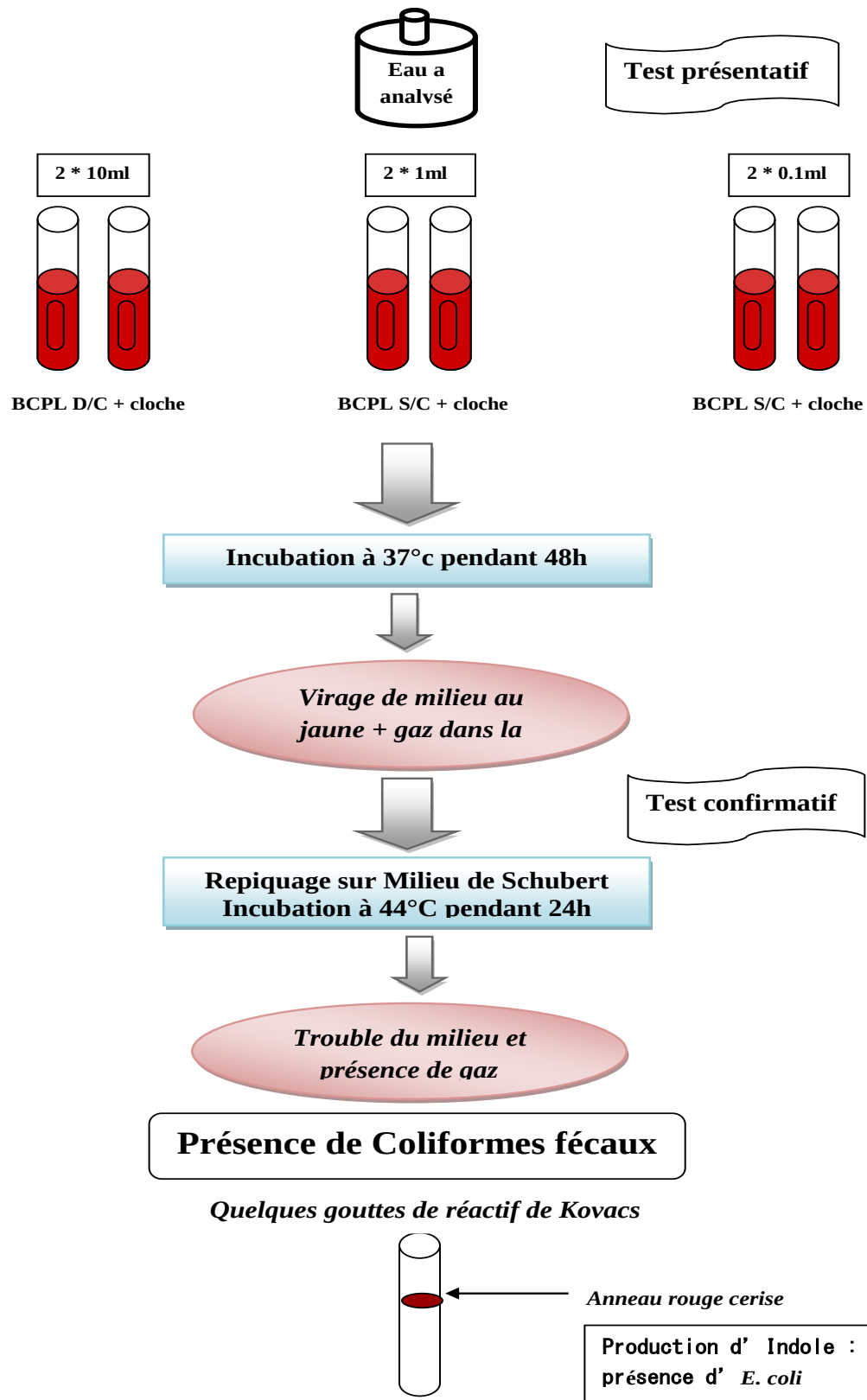


Fig 24: Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Coliformes totaux avec identification d'*E. coli*.

II.2.3 Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les Streptocoques fécaux (*Enterococcus* ou *Streptocoques D*) sont des commensaux de l'intestin. Le nombre de Streptocoques étant en général peu élevé,

On utilise dans un premier temps un milieu d'enrichissement relativement sélectif, le milieu de Un trouble microbien permet de conclure que dans les tubes correspondants a cultivé au moins un Streptocoque fécal présumé provenant e l'inoculum.

On doit donc vérifier dans un deuxième temps si les bactéries qui ont cultivés sont bien des streptocoques .on utilise l'action de deux agents sélectifs en repiquant une anse des milieux positifs dans le milieu de Litsky

Test de présomption

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- fois 10 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C (double concentration) ;
- fois 1 ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C (simple concentration),
- 2 fois 0.1ml dans 2 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C.

On mélange bien le milieu. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures. Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu pendant cette période est présumé contenir un streptocoque fécal.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des *Streptocoque fécaux* éventuellement présents dans le test de présomption. Après l'agitation des tubes de Rothe positifs, prélevée de chacun un millilitre à l'aide d'une pipette Pasteur dont faire l'objet d'un repiquage dans un tube contenant le milieu Litsky Eva .

Bien mélanger le milieu et l'inoculum et l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

Un trouble microbien.

Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP, le nombre de streptocoque fécaux sont par 100 ml de l'eau analysé.

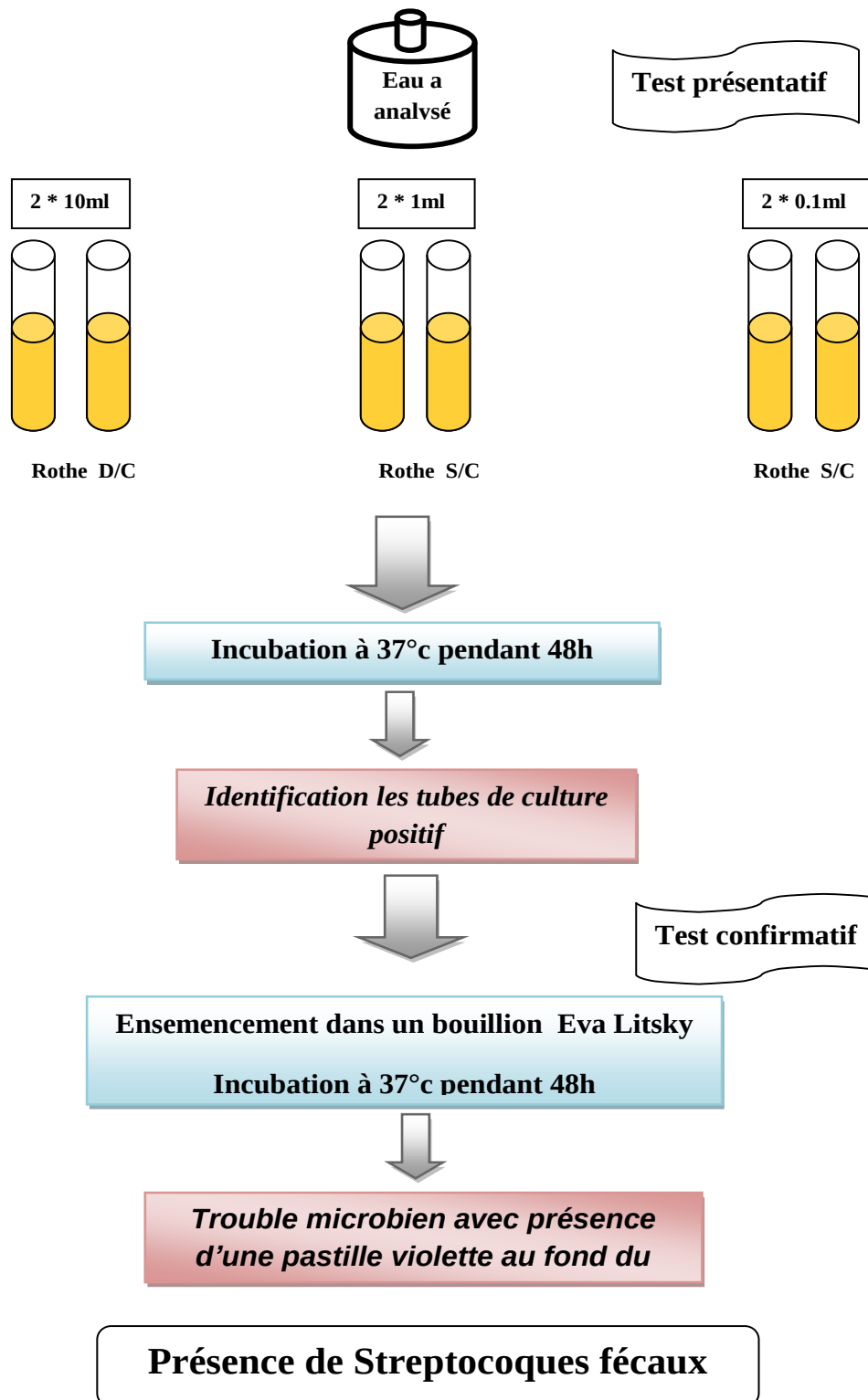


Fig 25 : Protocole expérimental de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux.

I. RESULTATS DE L'ANALYSE DES PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES

I.1. PARAMETRE PHYSIQUE

I.1.1. Le Potentiel en Hydrogène « Ph »

D'après les résultats mentionnés dans le tableau N° 06, nous remarquons une augmentation proportionnelle de la valeur de Ph dans tous les milieux de stockage par rapport au témoin, elle reste dans la norme Algérienne pour les eaux stockées dans les bouteilles en verre et en plastique. Mais elle dépasse la norme dans les eaux mises dans des bouteilles en argile pour la majorité des échantillons.

Tableau06 : Ph mesurée des eaux analysées.

Milieu de stockage Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
station Mkhenth (Hamda)	8,96	8,05	8,14	7.94
Hassi khira (Sidi Makhlouf)	9,87	8,24	8,16	8.02
Assafia	8,1	8,17	7,94	7.65
Bordj snoussi (Laghouat)	8,04	8	7,74	7.44
Lalla Khedj	10,36	8,02	8,41	7,22
Boglez	11,02	8,16	8,33	6,87
El gouléa	9,34	8,36	8,36	7,4
Fezgia	9,27	7,7	7,96	7,22

I.1.2. Température :

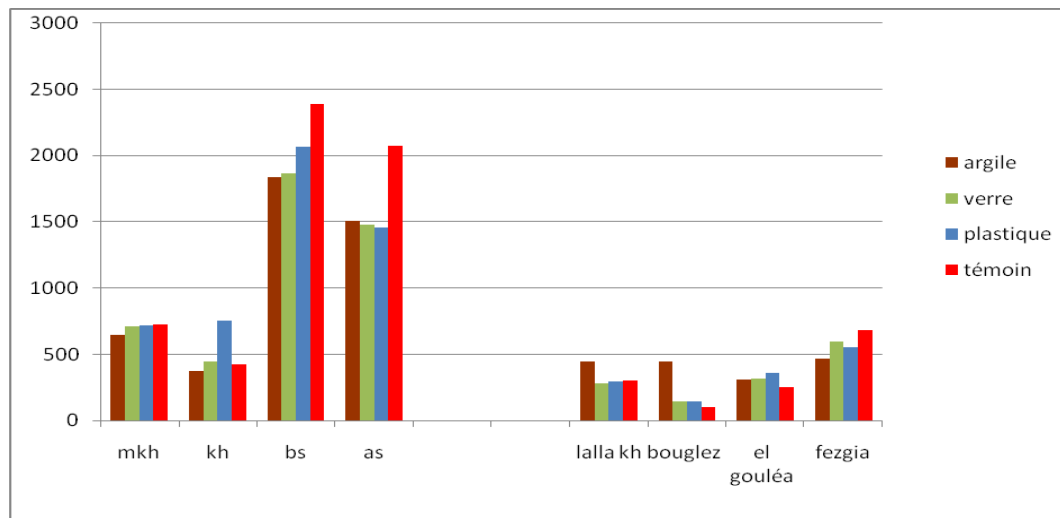
D'après les résultats obtenus après l'analyse des eaux prélevées nous remarquons que la température des eaux reste dans la norme (< 25 °C) Tab.07

Donc elle dépend de la température de l'air (milieu)

Tableau07: température mesurée des eaux analysées.

Milieu de stockage Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
station Mkhenth (Hamda)	17,2	16,5	12,3	17.1
Hassi khira (Sidi Makhlouf)	17,1	15,9	11,9	17.3
Assafia	16,7	16	13	17.3
Bordj snoussi (Laghouat)	17,4	15,4	17,6	15.7
Lalla Khedj	15,4	16	16,3	24,8
Bouglez	16,1	16,1	16,2	25,1
El gouléa	13,4	14	14,7	24,8
Fezgia	16,4	17	17,1	25,2

I.1.3. La conductivité électrique et salinité des eaux

**Fig 26:** variation de conductivité dans les eaux analysées.

D'après l'analyse de la figure N°27 montre une bonne corrélation entre les valeurs de la conductivité des eaux analysées et leur degré de salinité, la conductivité électrique des eaux stockées analysées varie d'un milieu à un autre de façon relative dans les eaux naturelles en fonction de la région de prélèvement.

Par contre la valeur de la conductivité dans les eaux minérales varie de façon homogène et croissante dans les bouteilles en plastique et en verre et elle croit les bouteilles en argile.

I.1.4. Taux des sels dissouts (TDS)

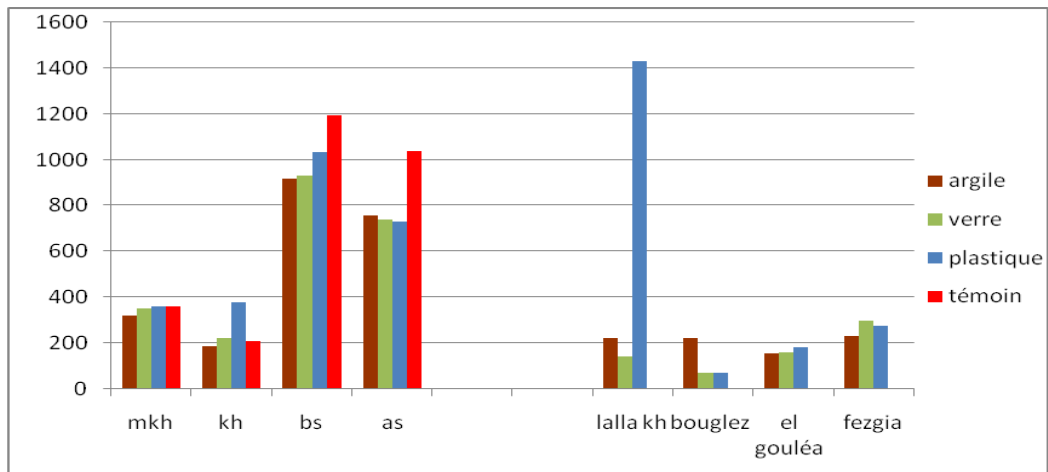


Fig 27: variation de TDS dans les eaux analysées.

Par rapport le témoin diminution de TDS dans tous les types de stockages dans les eaux naturelles.

I.1.5. La turbidité

La turbidité d'une eau est causée par la présence des matières en suspension ou par des substances en solution comme les substances minérales (sable, argiles ou limons), des matières organiques (matières organiques morts ou des végétaux en décomposition, du plancton suspendu) ou d'autres matières microscopiques qui forment un obstacle au passage de la lumière dans l'eau (Rodier et al., 2005 ; Hade, 2007).

Dans notre cas, les valeurs enregistrées par le turbidimètre varient entre 0.11 NTU l'échantillon de Hamda (témoin) à 0.85 l'échantillon de Assafia (argile) NTU pour les eaux naturelles et de 0.09 NTU dans l'échantillon de FEZGUI (plastique) et 0.52 NTU dans l'échantillon de El Gouléa (argila) pour les eaux minérales.

Tableau 08: Turbidité mesurée des eaux analysée.

Milieu de stockage Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
station Mkhenth (Hamda)	0,71	0,13	0,17	0.116
Hassi khira (Sidi Makhlouf)	0,282	0,131	0,23	0.186
Assafia	0,858	0,24	0,66	0.440
Bordj snoussi (Laghout)	0,504	0,116	0,17	0.202
Lalla Khedj	0,25	0,192	0,23	/
Bouglez	0,327	0,243	0,66	/
El gouléa	0,524	0,201	0,205	/
Fezgia	0,266	0,148	0,098	/

D'après le tableau N°08 Dans les eaux analysées l'augmentation de turbidité des eaux analysées dans les bouteilles en argile et en plastique et diminue dans les bouteilles en verre.

I.1.6. La couleur

La teneur de la couleur des eaux stockées analysées est reportée dans le tableau14.

Tableau09: couleur mesurée des eaux analysé.

Milieu de stockage Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
station Mkhenth (Hamda)	0	0,1	0,1	0,1
Hassi khira (Sidi Makhlouf)	0	0,1	0,1	0,1
Assafia	0	0,1	0,1	0,1
Bordj snoussi (Laghouat)	0	0,1	0,1	0,1
Lalla Khedj	0	0,1	0,1	0
Boglez	0	0,1	0,1	0
El gouléa	0	0,1	0,1	0
Fezgia	0	0,1	0,1	0

D'après le tableau N°9 on remarque qu'il n'y a pas des influences dans les milieux de stockages.

Dureté totale ou titre hydrotimétrique (TH)

La dureté de l'eau ou titre hydrométrique est une mesure globale de la concentration en sels féreutreux dissous de l'eau ; elle permet de doser la somme des ions de calcium et de magnésium.

Nos échantillons prélevées présentent des teneurs en TH varie de 370 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhlouf (verre) et Hamda (plastique) et 1460 mg/l dans l'échantillon de Bourdj Snouci (argile) pour les eaux naturelles et de 140mg/l dans l'échantillon de El Gouléa (témoin) et 650 mg/l dans l'échantillon de lalla Khedidja (argila) pour les eaux minérales.

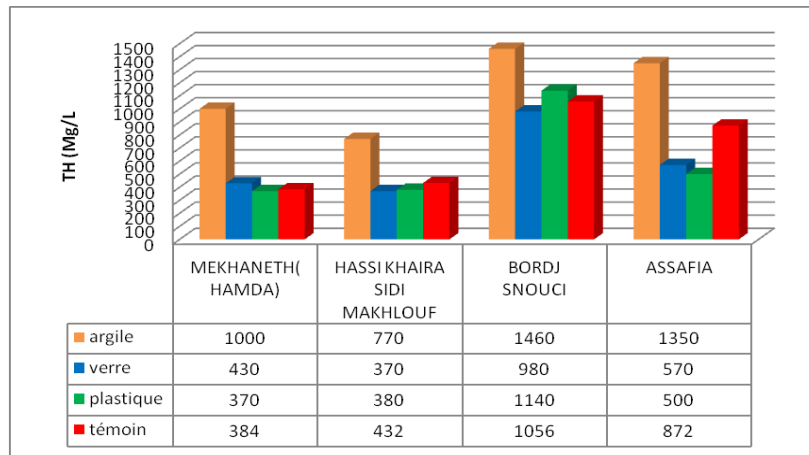


Fig 28: variation de TH dans les eaux naturelles analysées.

D'après l'observation de la figure N°29 ; nous remarquons que les valeurs de la dureté des eaux naturelles analysées croît dans les bouteilles en argiles pour la totalité des échantillons, par contre elle reste stable dans les autres milieux de stockage. La dureté des eaux naturelles analysées croît en fonction d'un milieu de stockage à un autre, allant de moyennement dure (dans les bouteilles en plastique) vers dure (dans les bouteilles en verre) à très dure (dans les bouteilles en argile)

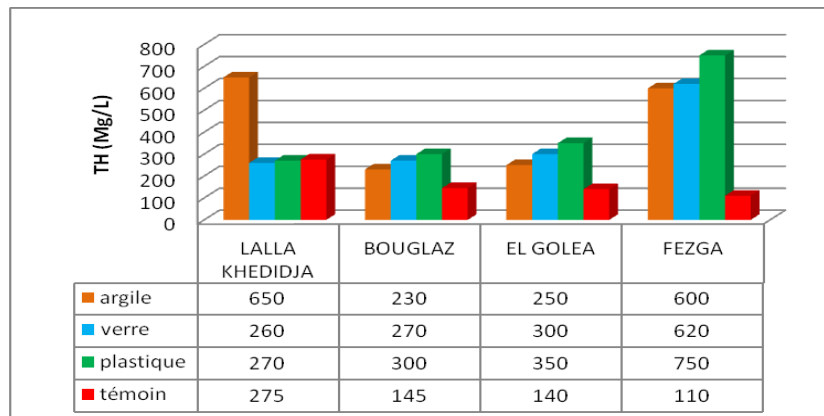


Fig29: variation de TH dans les eaux minérales analysées

D'après l'observation de la figure N°30 ; nous remarquons que les valeurs de la dureté des eaux naturelles minérales analysées varient de la même allure dans les trois milieux de façon relative de chaque marque d'eau minérale.

De point de vue potabilité on remarque la majorité des eaux minérales présentent un caractère douce (dans les bouteilles en verre) à moyennement dure (dans les bouteilles en plastique) à très dure (dans les bouteilles en argile) pour eau de lalla khedidja et fezguia. Mais cette variation n'a aucune influence sur la potabilité de ces eaux ($TH < 2500 \text{ mg/l}$).

I.2. PARAMETRES CHIMIQUES

I. 2.1. Les teneurs en Ions calcium : Ca^{2+}

C'est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé (Queneau et Hubert, 2009).

Nos échantillons prélevés présentent des teneurs en calcium varie de 35.2 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhlouf (verre) et 218.4 mg/l dans l'échantillon de Bordj Snouci (plastique) pour les eaux naturelles et de 12 mg/l dans l'échantillon de Lalla Khedidja (plastique, Verre) et 101.6 mg/l dans l'échantillon de BOUGLAZ (argile) pour les eaux minérales.

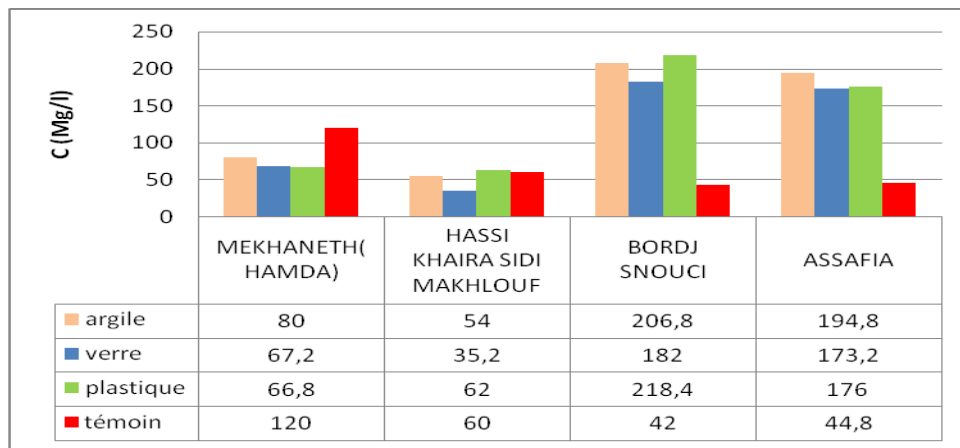


Fig30 : Teneur en calcium Ca^{2+} des eaux naturelle analysées (en mg/l).

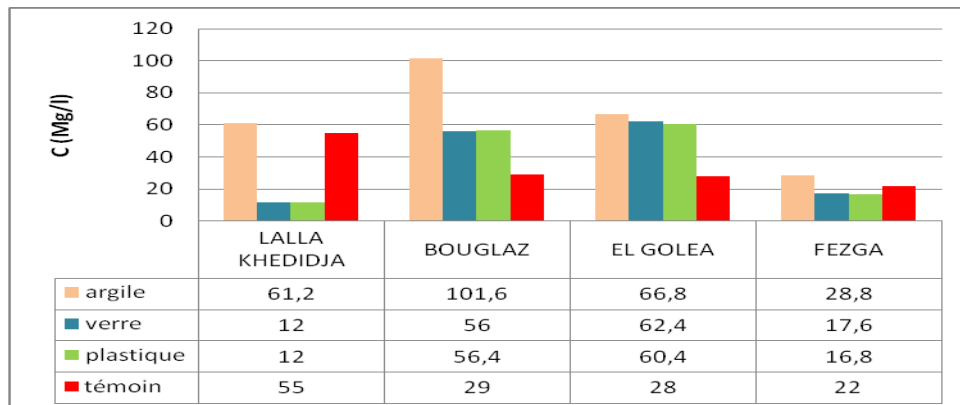


Fig 31: Teneur en calcium Ca^{2+} des eaux minérale analysées (en mg/l).

D'après la figures N°31 et figure N°32, on comparant les teneurs de Ca^{+2} dans les eaux analysées stockées dans les trois milieux (argile, verre et plastique) par rapport au témoin, nous remarquons que la concentration des ions de calcium augmente dans tous les types

de stockages surtout dans les bouteilles en plastique. Ainsi qu'on constate que l'augmentation des teneurs de Ca^{+2} est probablement liée à la région de prélèvement de ces eaux (la nature et lithologie des sols) soit à échange cationique entre le milieu de stockage et l'eau.

I.2.2. Les teneurs en Ions Magnésium: Mg^{2+}

Nos échantillons prélevés présentent des teneurs en magnésium varie de 26.87 mg/l dans l'échantillon de Hamda (témoin) et 219.12 mg/l dans l'échantillon de Bordj Snouci (témoin) pour les eaux naturelles et de 3.15 mg/l dans l'échantillon de FEZGUIA (Verre) et 39.27 mg/l dans l'échantillon de Lalla khedidja (argile) pour les eaux minérales.

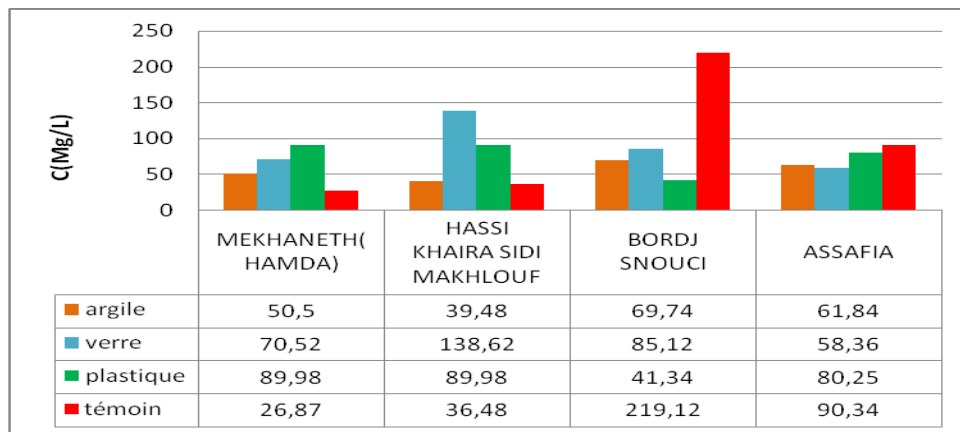


Fig32 : Teneur en Magnésium Mg^{2+} des eaux naturelle analysées.

D'après la figure N°33, la concentration des ions de magnésium varie d'une zone à une autre pour les eaux naturelles dans tous les types de stockages, dans la zone nord (hamda et sidi makhlouf) la concentration des ions Mg^{2+} augmente par contre dans la partie sud (assafia et Bourdj Snouci) le teneur en ions Mg^{2+} diminue.

Cette variation est Due a la présence de terrain calcaro-dolomitiques du formations carbonatées du sénonien et du turonien

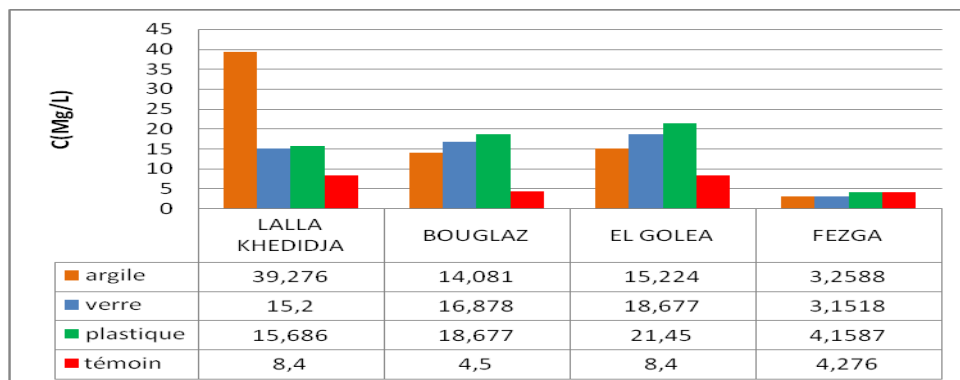


Fig 33: Teneur en Magnésium Mg^{2+} des eaux minérale analysées.

Concernant les eaux minérales on observe que la concentration Mg^{2+} augmente dans la majorité du type de stockage. Par rapport aux eaux minérales bouglaz et El gouléa l'eau qui stocke dans les bouteilles en plastique augmente plus que les autres milieux de stockage par contre l'eau minérale Lalla khdidja augmente dans les bouteilles en argile.

Pour l'eau minérale Fezguia les valeurs restent stables dans tous les types de stockage. (fig33)

I.2.3. Les teneurs en Ions de Sodium : Na^{2+}

Nos échantillons prélevés présentent des teneurs en sodium qui varient de 20,24 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhoulf (verre) et 156,76 mg/l dans l'échantillon de Assafia (témoin) pour les eaux naturelles et de 9,66 mg/l dans l'échantillon de FEZGUIA (Témoin) et 58,42 mg/l dans l'échantillon de BOUGLAZ (argile) pour les eaux minérales.

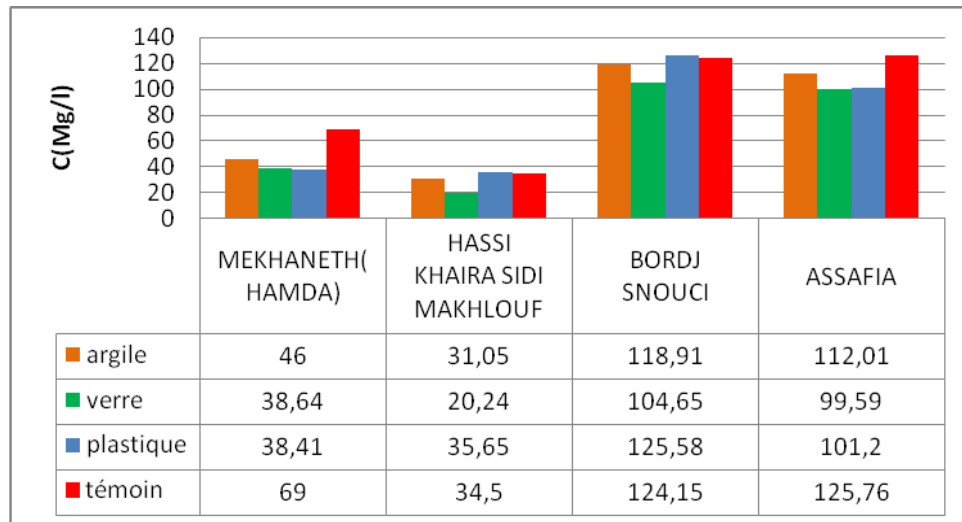
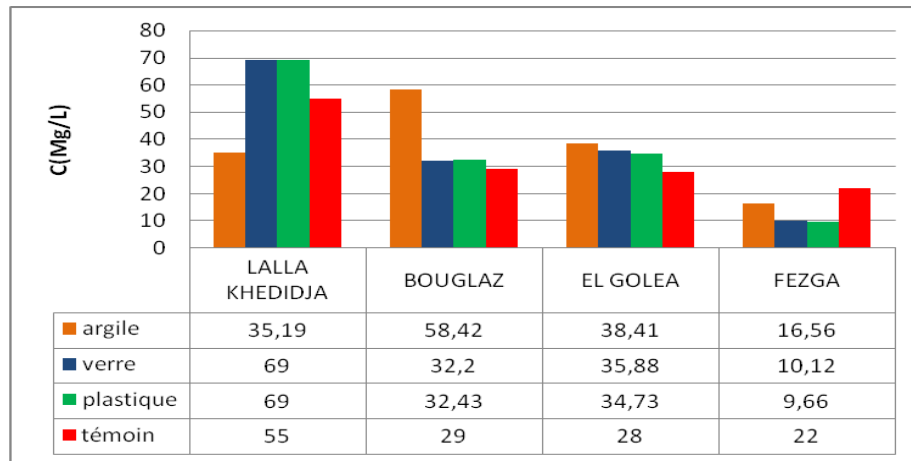


Fig34 : le teneur en Na^{2+} dans les eaux naturelle analysées.

A l'observation de la figure N°35, montre que la concentration de sodium dans les eaux naturelles stockées ; varie de la même allure pour la plus part de milieu de stockage de manière négligeable.

Fig 35: le teneur en Na^{2+} dans les eaux minérale analysées

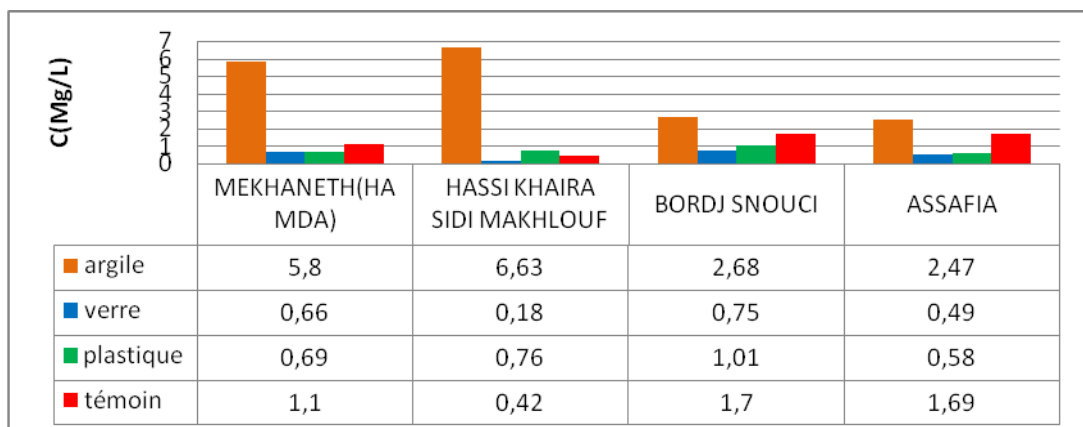
L'observation la figure N°36 montre que l'évolution de la concentration des ions de sodium dans les eaux minérales analysées varie d'un milieu à un autre.

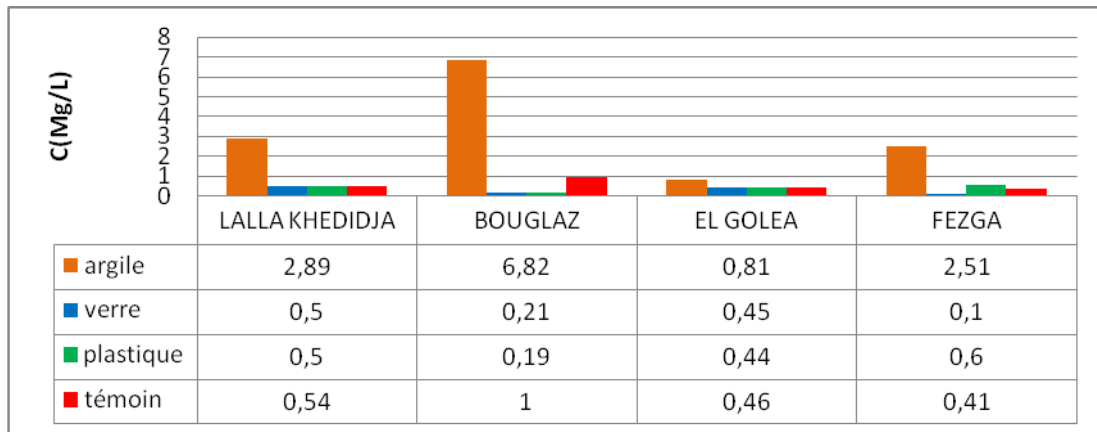
Globalement pour les eaux minérales qui ont été stockées dans les bouteilles en plastique et en verre croît par rapport à la teneur observée au niveau de l'analyse de témoin.

Mais les eaux qui stockée dans les bouteilles en argile présente une variation irrégulière de la teneur en Na^{+} ; elle augmente dans les eaux minérales dites Bouglez et El Gouléa et diminuer dans les eaux minérales dites Lalla Khedidja ei Fezguia.

I.2.4. Le teneur en Ions de Potassium : K^{+}

Nos échantillons prélevées présentent des teneurs en k^{+} varie de 0.42 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhlouf (témoin) et 6.63mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhlouf (argile) pour les eaux naturelles et de 0.1 mg/l dans l'échantillon de FEZGUIA (Verre) et 6.82mg/l dans l'échantillon de BOUGLAZ (argile) pour les eaux minérales.

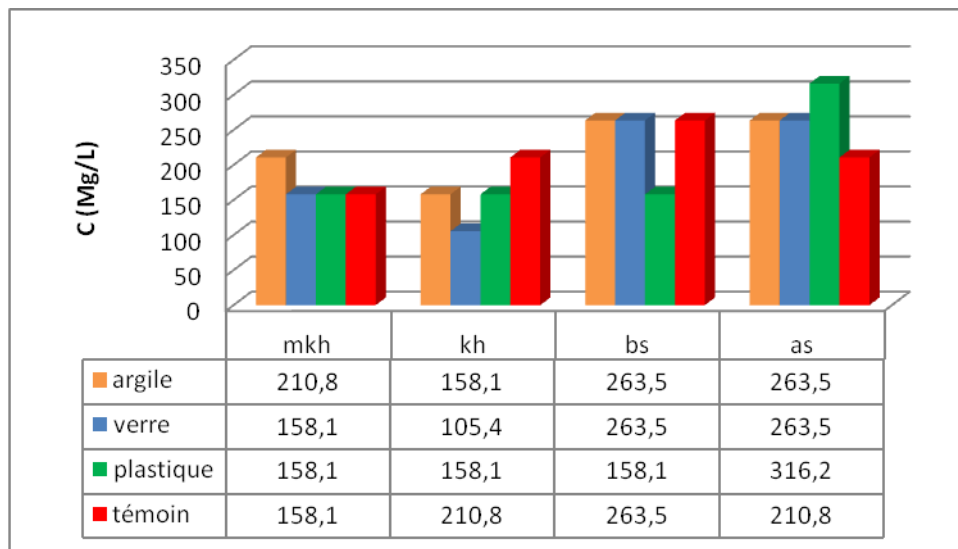
Fig 36: le teneur en Potassium K^{+} dans les eaux potables naturelle analysées.

Fig 37 : le teneur en K^+ dans les eaux potables minérale analysées

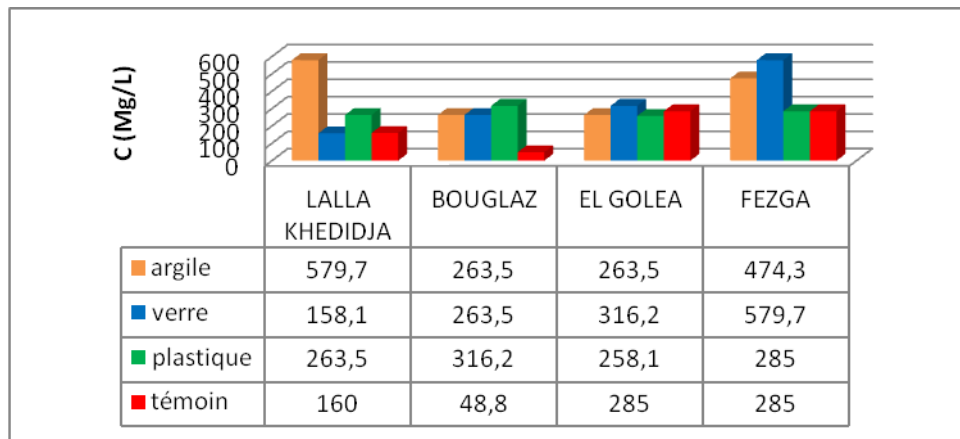
.D'après l'observation de les figure N°37et N°38 successivement, la concentration de K^+ dans les eaux naturelle stockées augmente dans les bouteilles en argile et diminue dans les bouteilles en plastique et en verre.

I.2.5. Le teneur en Ion Bicarbonates HCO_3^-

Nos échantillons prélevées présentent des teneurs en HCO_3^- varie de 105.4 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhlouf (verre) et 316.2 mg/l dans l'échantillon de Assafia (plastique) pour les eaux naturelles et de 48.8 mg/l dans l'échantillon de FEZGUIA (Verre) et 579.7 mg/l dans l'échantillon de BOUGLAZ (témoin) pour les eaux minérales.

Fig 38: le teneur en HCO_3^- dans les eaux naturelle analysées.

Il y a une stabilisation de la concentration de HCO_3^- dans les bouteilles en argile et en verre et diminution dans les bouteilles en plastique dans les eaux naturelles.

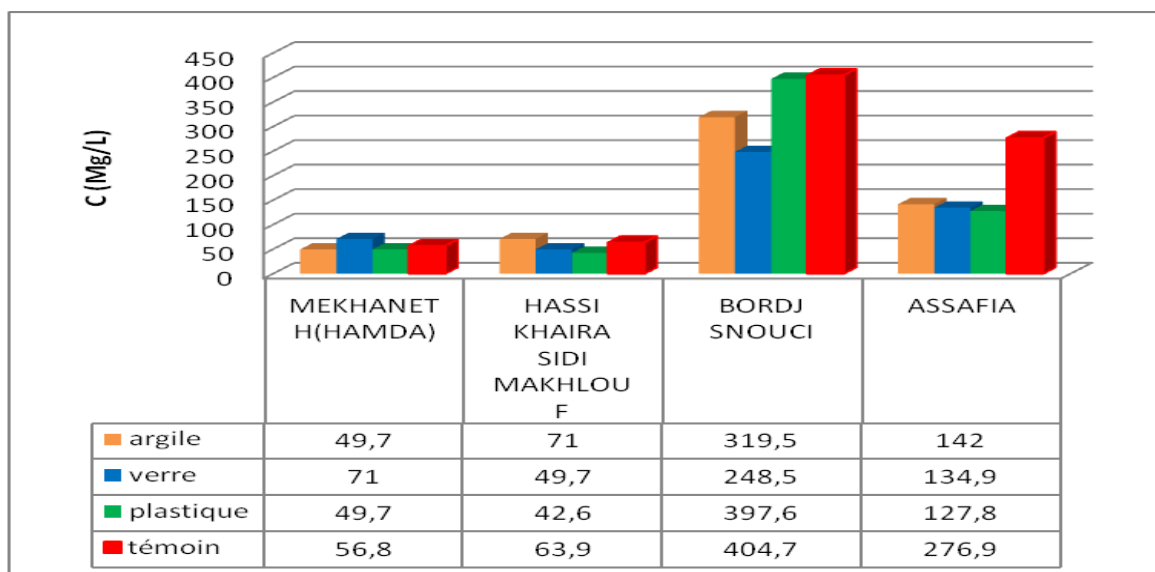
Fig 39: le teneur en HCO_3^- dans les eaux minérales analysées.

Mais dans les eaux minérales il y a une augmentation dans tous les types de milieu de stockages.

I.2.6. Le teneur en Ions Chlorures : Cl^-

La teneur en chlorures des eaux semble être conforme aux normes de l'OMS de l'ordre de 250mg/l et les normes algériennes qui fixent le seuil à 500 mg/l

Nos échantillons prélevés présentent des teneurs en Cl^- varie de 42.6 mg/l dans l'échantillon de Bordj snouci (plastique) et 404.7 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhlouf (plastique) pour les eaux naturelles et de 11mg/l dans l'échantillon de FEZGUIA (Verre) et 113.6 mg/l dans l'échantillon de Lalla Khedidja (témoin) pour les eaux minérales.

Fig40: le teneur de chlorure Cl^- dans les eaux naturelle analysées.

D'après la figure N°40 nous remarquons La concentration de chlorure est diminuée dans tous les types de milieu de stockages et tous les régions pour les eaux naturelles,

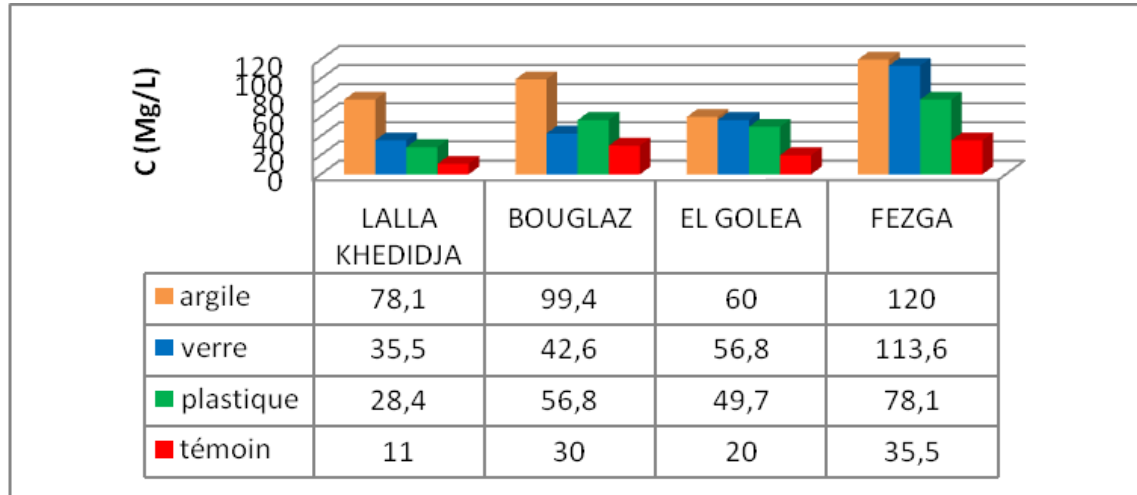


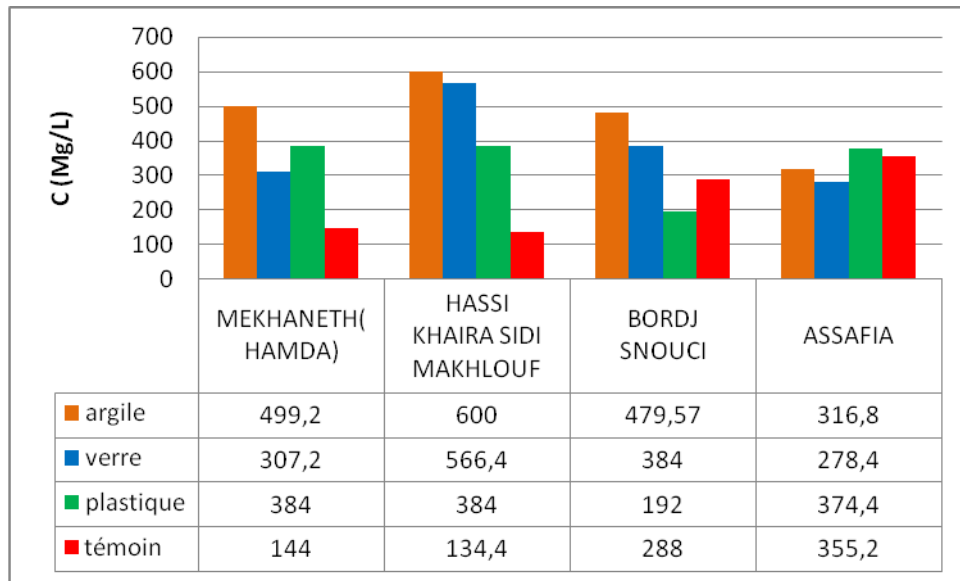
Fig41 : le teneur de chlorure Cl^- dans les eaux minérales analysées.

Par contre il y a une augmentation pour les eaux minérales dans les différents types de stockage pour la totalité des échantillons surtout dans les bouteilles en argile.

I.2.7. Le teneur en Ions Sulfates : SO_4^{2-}

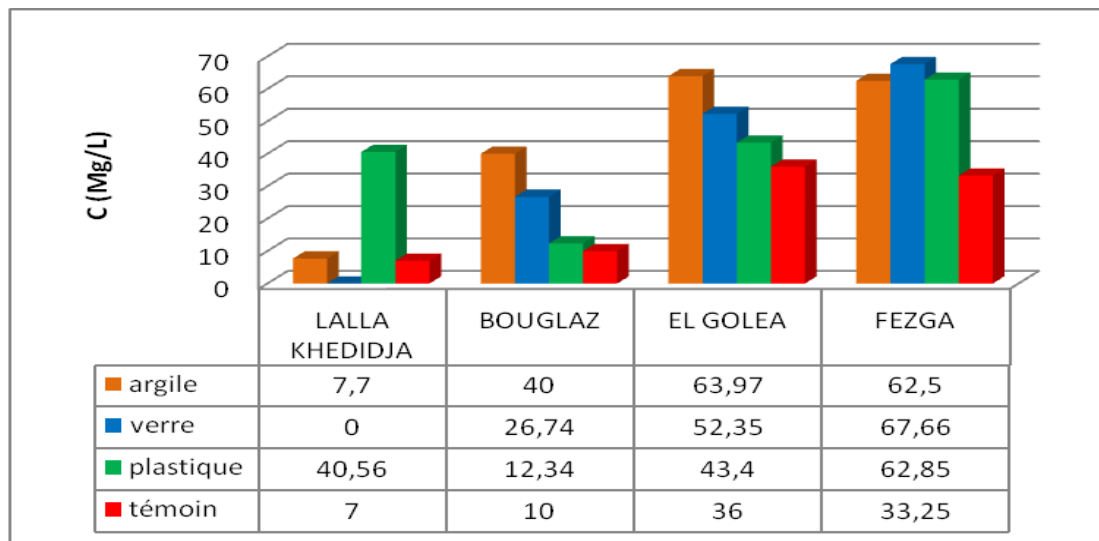
La teneur en sulfates est liée à la nature des terrains que l'eau traverse, surtout les sols contenant le gypse.

Les résultats obtenues montre la teneur en sulfates des eaux analysées est variée de 134.4 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhoulouf (témoin) et 600 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhoulouf (Argile) pour les eaux naturelles et de 0 mg/l dans l'échantillon de Lalla Khedidja (Verre) et 67.77 mg/l dans l'échantillon de FEZGUIA (Verre) pour les eaux minérales.

Fig 42: teneur en anions de SO_4^{2-} dans les eaux naturelles analysées

D'après la figure N°42 On observe qu'il y a une variation remarquable de la teneur en SO_4^{2-} dans les eaux naturelles stockées d'une zone à une autre.

Elle croit régulièrement dans les bouteilles moindres en plastique qu'en verre et en argile pour l'ensemble des échantillons.

Fig 43: teneur en anions de SO_4^{2-} dans les eaux minérales analysées.

Pour les échantillons des eaux minérales stockées, on aperçoit une augmentation de la teneur en SO_4^{2-} dans tous les milieux de stockage.

I.3. Les paramètres des pollutions

I.3.1. Le teneur en Ions nitrate : NO_3

Les résultats obtenues montre la teneur en nitrate des eaux analysées est variée de 3 mg/l dans l'échantillon de Sidi Makhlouf (témoin) et 77.7 mg/l dans l'échantillon de Bordj Snouci (plastique) pour les eaux naturelles et de 0 mg/l dans les échantillons de El Gouléa et Fezguia (Argile) et 15.4 mg/l dans l'échantillon de FEZGUIA (plastique) pour les eaux minérales.

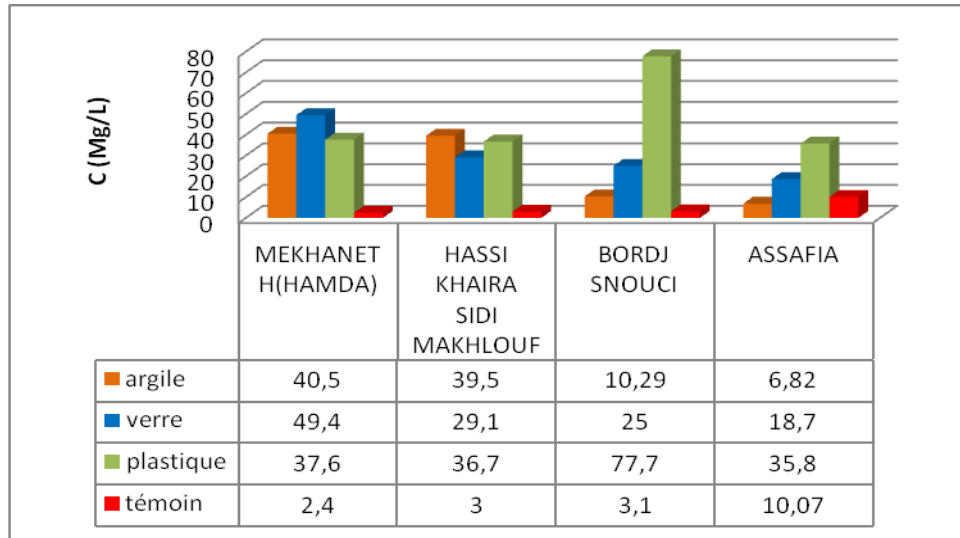


Fig44 : le teneur de nitrate NO_3 dans les eaux naturelle analysées.

D'après la figure N°44 on observe qu'il y a une augmentation de la teneur en NO_3 dans tous les types de stockages des eaux naturelles stockées. en quantité aberrante pour les bouteilles en plastique.

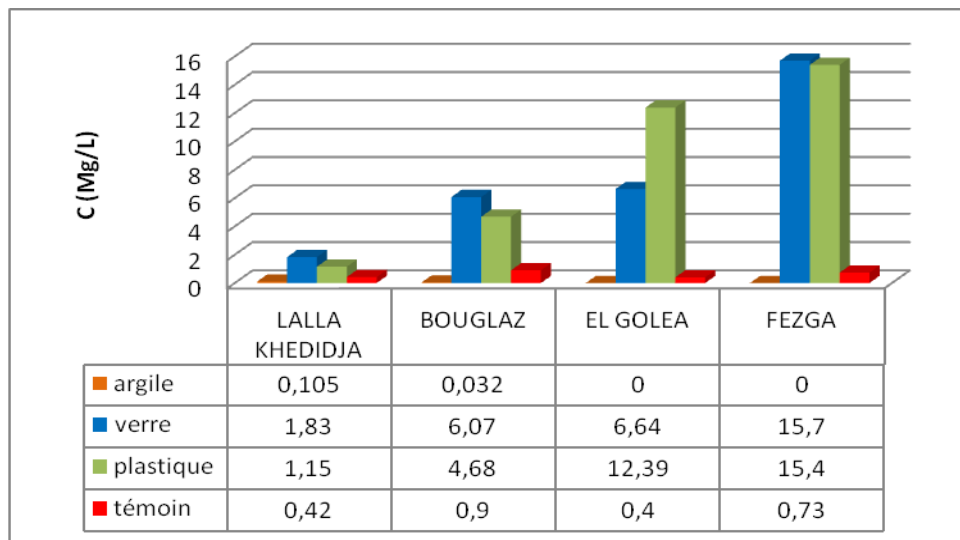


Fig 45: le teneur de nitrate NO_3 dans les eaux minérale analysées..

Pour les eaux minérales y a une augmentation de la teneur en NO_3 dans les eaux misent dans les bouteilles en le plastique et en verre.

I.3.2. Le teneur en Ions nitrite : NO_2^-

Une teneur d'azote nitreux supérieure à $0,10 \text{ mg.L}^{-1}$ peut faire soupçonner un apport d'eaux riches en matières organiques en voie de décomposition. Cette teneur ne devrait pas être dépassée dans le cas d'une eau d'origine profonde (Rodier et al., 2009).

Tableau10: les teneurs en NO_2^- mesurée des eaux analysées.

Milieu de stockage Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
station Mkhenth (Hamda)	0	0,02	0,001	0,01
Hassi khira (Sidi Makhlouf)	0	0	0,008	0
Assafia	0,021	0,006	0,007	0
Bordj snoussi (Laghouat)	0	0	0,006	0
Lalla Khedj	0,105	0	0	0
Boglez	0,032	0	0	0,06
El goléa	0	0	0	0
Fezgia	0	0	0	0

D'après nos résultats obtenus les teneurs en NO_2^- évoluent légèrement pour les eaux naturelles et minérales dans tous les types de milieu de stockage par apport au témoin. (tab10).

I.3.3. Le teneur en Ions Phosphates : PO_4^{3-}

Les teneurs en phosphates des eaux analysées sont récapitulées dans le tableau.

Tableau11: PO_4^{3-} mesurée des eaux analysées.

Milieu de stockage Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
station Mkhenth (Hamda)	0,43	0,6	0,9	0.50
Hassi khira (Sidi Makhlouf)	0,44	0,7	0,8	0.13
Assafia	0,35	0,8	0,6	0.13
Bordj snoussi (Laghouat)	0,48	0,5	0,4	0.16
Lalla Khedj	0,15	0,15	0,16	/
Boglez	0,04	0,25	0,17	/
El goléa	0,36	0,37	0,42	/
Fezgia	0,34	0,14	0,26	/

L'augmentation de la concentration de PO_4^{-3} dans l'eau naturelle dans toutes les régions étudiées par apport au témoin. On aperçoit que les valeurs max s'observent dans les échantillons stockées dans les bouteilles en plastique et qui influe sur la potabilité de ces eaux.

I.3.4. Le teneur en Ions Ammonium : NH_4^+

Les teneurs en ammonium des eaux analysées sont récapitulées dans le tableau.

Tableau12: NH_4^+ mesurée des eaux analysées.

Milieu de stockage Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
station Mkhenth (Hamda)	0	0,9	3,4	0
Hassi khira (Sidi Makhlouf)	0	1,1	3,4	0
Assafia	0	1,6	3,6	0
Bordj snoussi (Laghout)	0	0	3,5	4,1
Lalla Khedj	0	0	0	0
Boglez	0	0	0	0
El gouléa	0	0	0	0
Fezgia	0	0	0	0

Après le stockage on observe qu'il y a absence d'ions NH_4^+ dans les eaux minérales étudiées.

Mais dans les eaux naturelles y a une augmentation de la teneur en NH_4^+ dans les eaux stockées dans les bouteilles en plastique et en verre. Et qui influe sur la potabilité de ces eaux.

II. Classification des eaux

II.1. Classification des eaux d'après les formules caractéristiques

II.1.1. EAU NATURELLE DE LA REGION DE L'ASSAFIA :

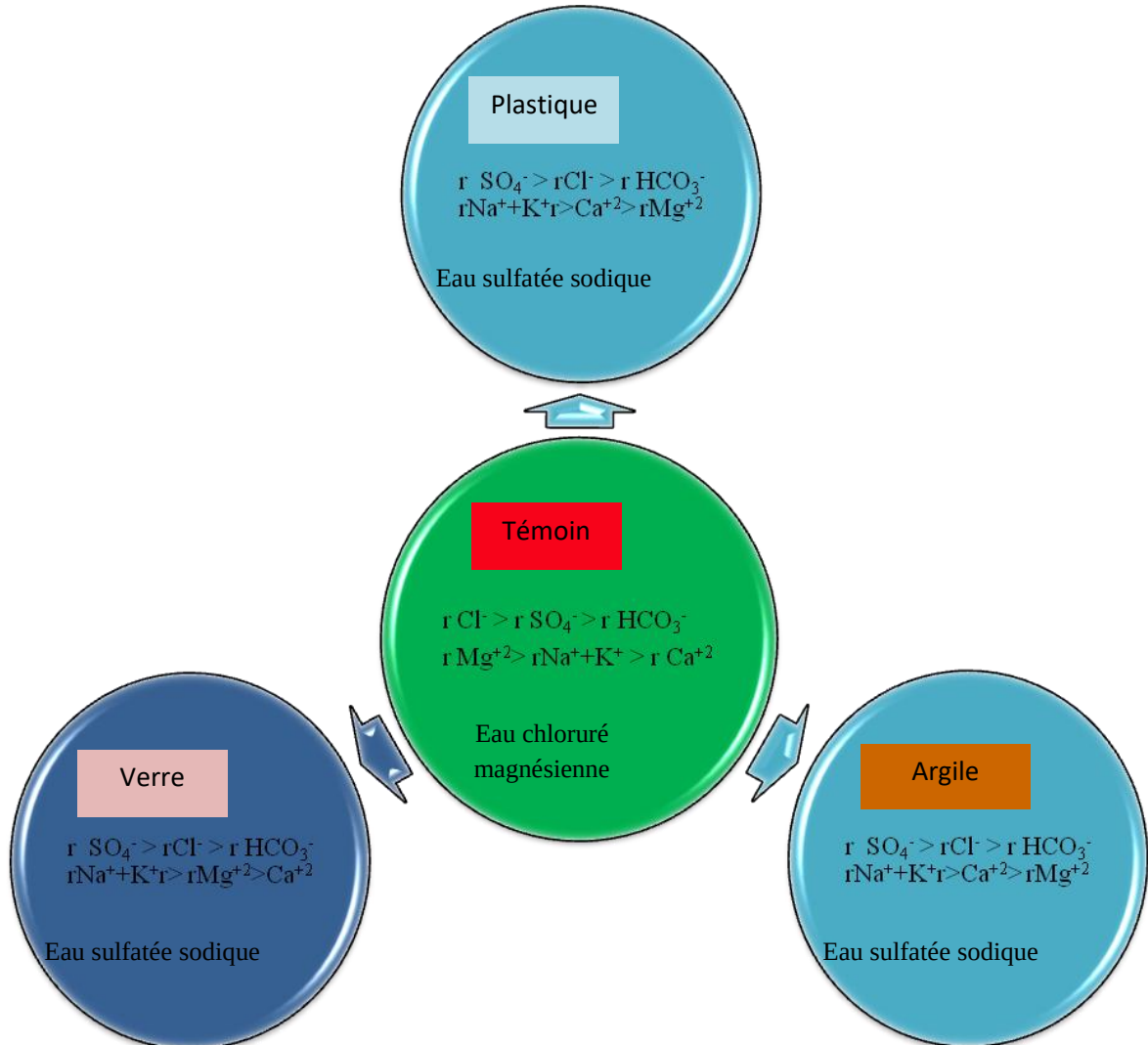


Fig 46: évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au niveau de la région de Assafia .

On remarque dans les eaux stockées dans bouteilles en argile, en verre et en plastique les ions Cl^- est remplacé par SO_4^- . Les ions de Mg^{+2} remplacé par Na^+ dans l'argile et plastique. Donc l'eau stockées change leur facies de chloruré magnésien (témoin) à Eau sulfaté sodique (argile) et en plastique ($r \text{Ca}^{+2} > r \text{Mg}^{+2}$) puis à sulfaté magnésien dans les bouteilles en verre ($r \text{Mg}^{+2} > r \text{Ca}^{+2}$)

II.1.2. EAU NATURELLE HASSI KHIRA (SIDI MAKHLOUF)

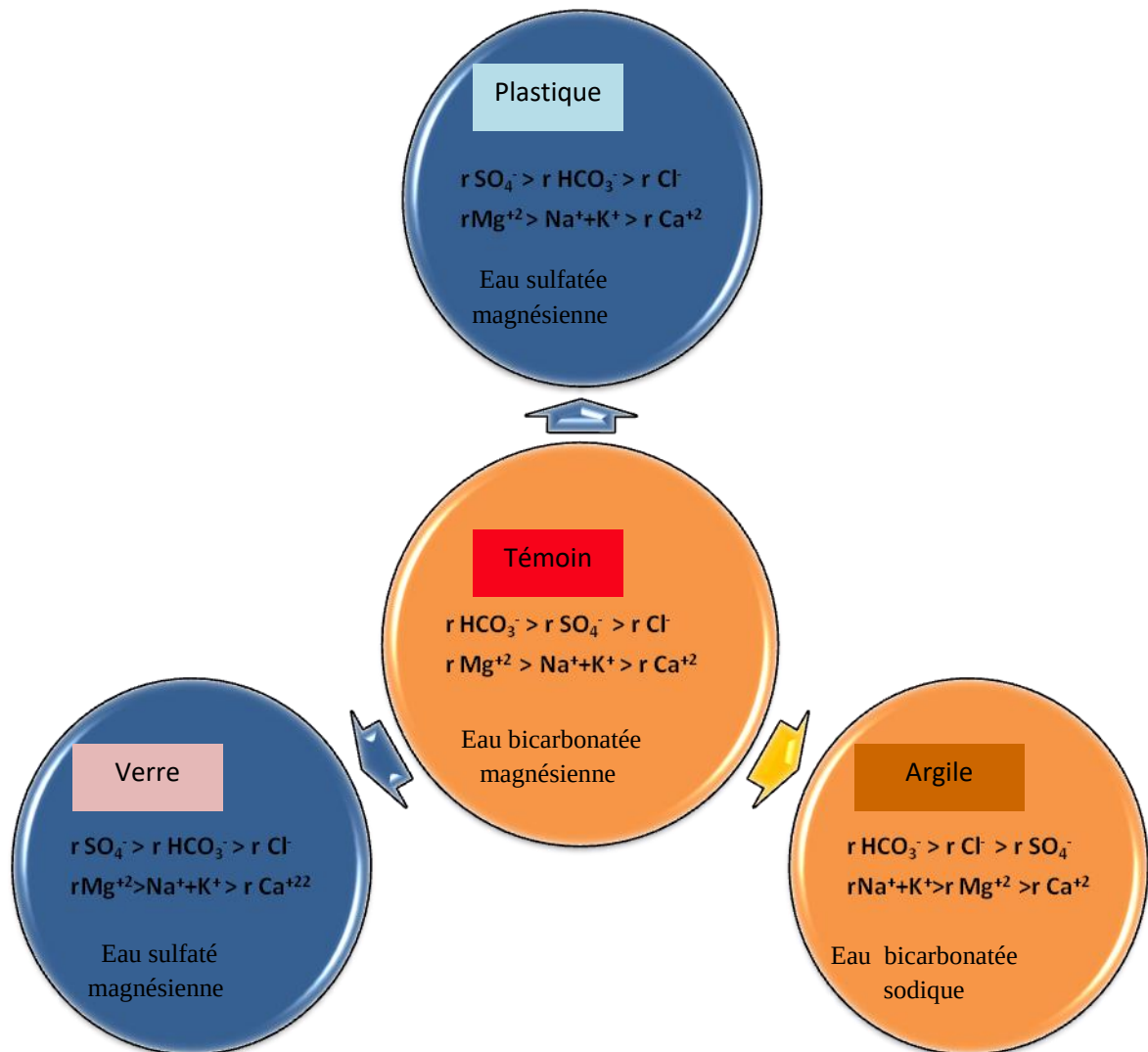


Fig47 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au niveau de hassi khira (sidi makhlouf).

On remarque dans les bouteilles en plastique et en verre l'ion HCO_3^- est remplacé par l'ion SO_4^- . Par contre elle reste stable dans l'argile.

Pour les ions de Mg et remplacée par Na^+, K^+ dans les bouteilles en argile.

Elles gardent le même positionnement pour les bouteilles en verre et en plastique.

Donc l'eau stockée dans les bouteilles en argile devient facies bicarbonaté sodique mais dans les bouteilles en verre et en plastique, elle devient sulfatée magnésienne par rapport au témoin qui a été bicarbonatée magnésienne.

II.1.3. EAU NATURELLE STATION MEKHENETH (HAMDA)

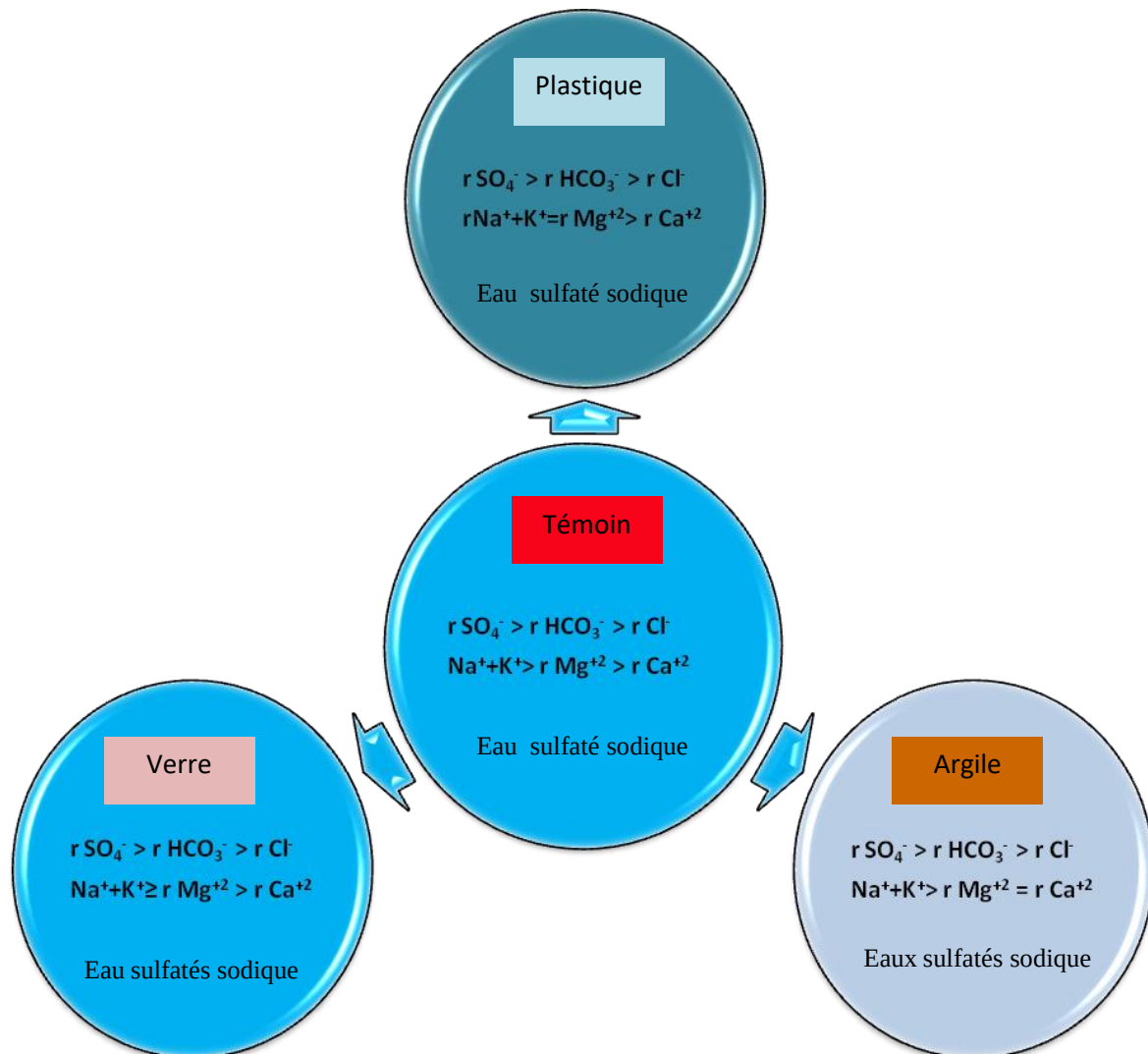


Fig48 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au niveau de station Mekheneth (Hamda).

On remarque qu'il y a aucun changement du facies chimique des eaux stockées dans les différents types de stockages.

II.1.4. EAU NATURELLE DE BOURDJ SNOUSSI (LAGHOUAT)

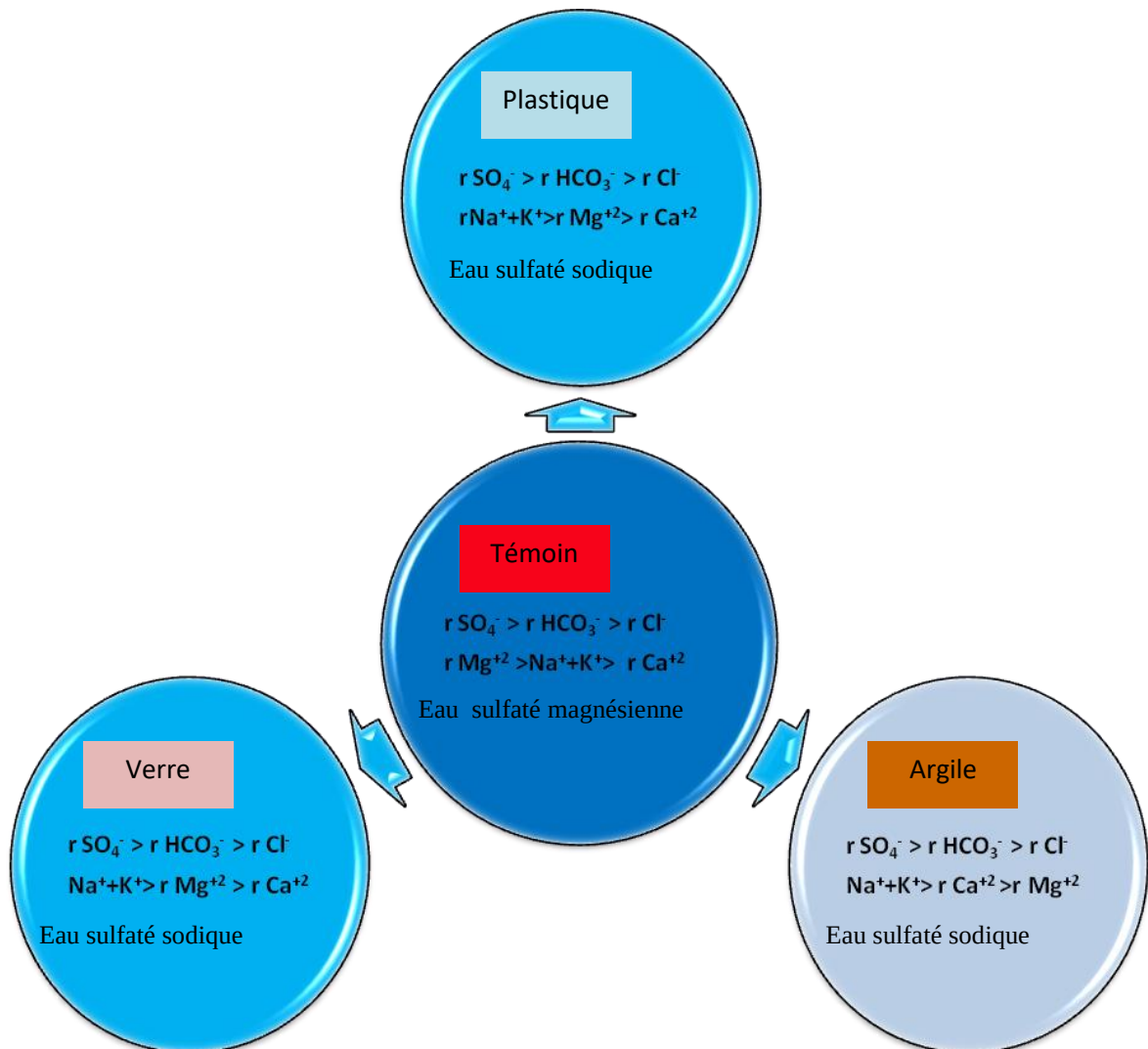


Fig 49: évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au niveau de bourdj Snouci (Laghouat).

On remarque qu'il y a aucun changement de la disposition des anions dans tous types de milieu de stockage et mais pour les cations, elle change l'ion Mg^{+2} est remplacé par Na^+ Qui implique sur les facies des eaux.

II.1.5. EAU MINERALE DE LALLA KHEDIDJA

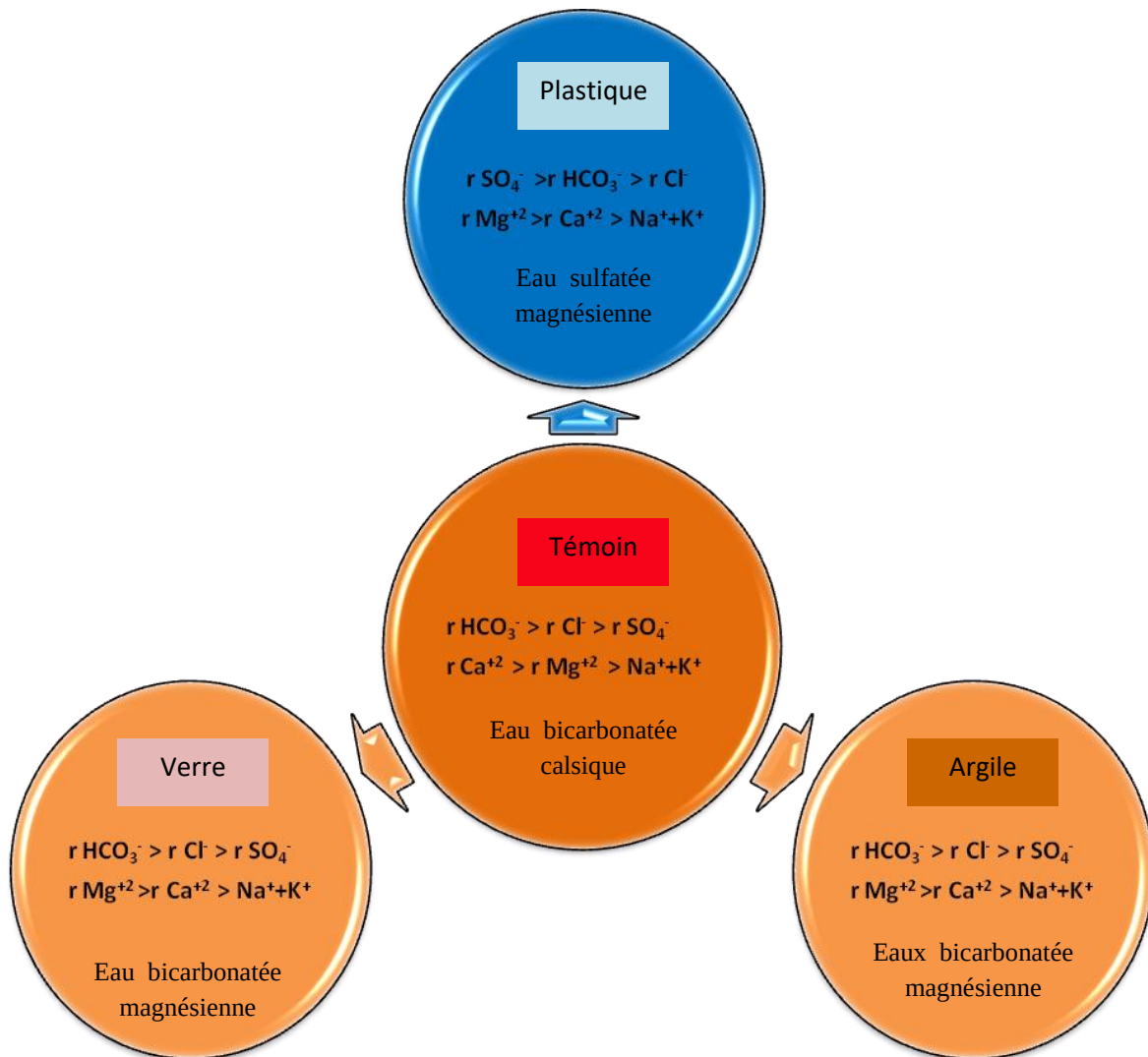


Fig 50: évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au l'eau minérales dite Lalla Khedidja.

D'après la figure N°50 on remarque qu'il y a un changement la disposition des ions ; l'ion Ca^{+2} est remplacé par l'ion Mg^{2+} dans tous les types de stockage. et l'ion HCO_3^- est remplacés par l'ion SO_4^{2-} dans les bouteilles en plastique.

Les eaux misent dans les bouteilles en argile et en verre deviennent bicarbonatées magnésiennes et les eaux misent dans les bouteilles en plastique deviennent sulfatées magnésiennes. Comparant aux eaux du témoin qu'ont été bicarbonatées calcsiques.

II.1.6. EAU MINERALE DE BOUGLEZ

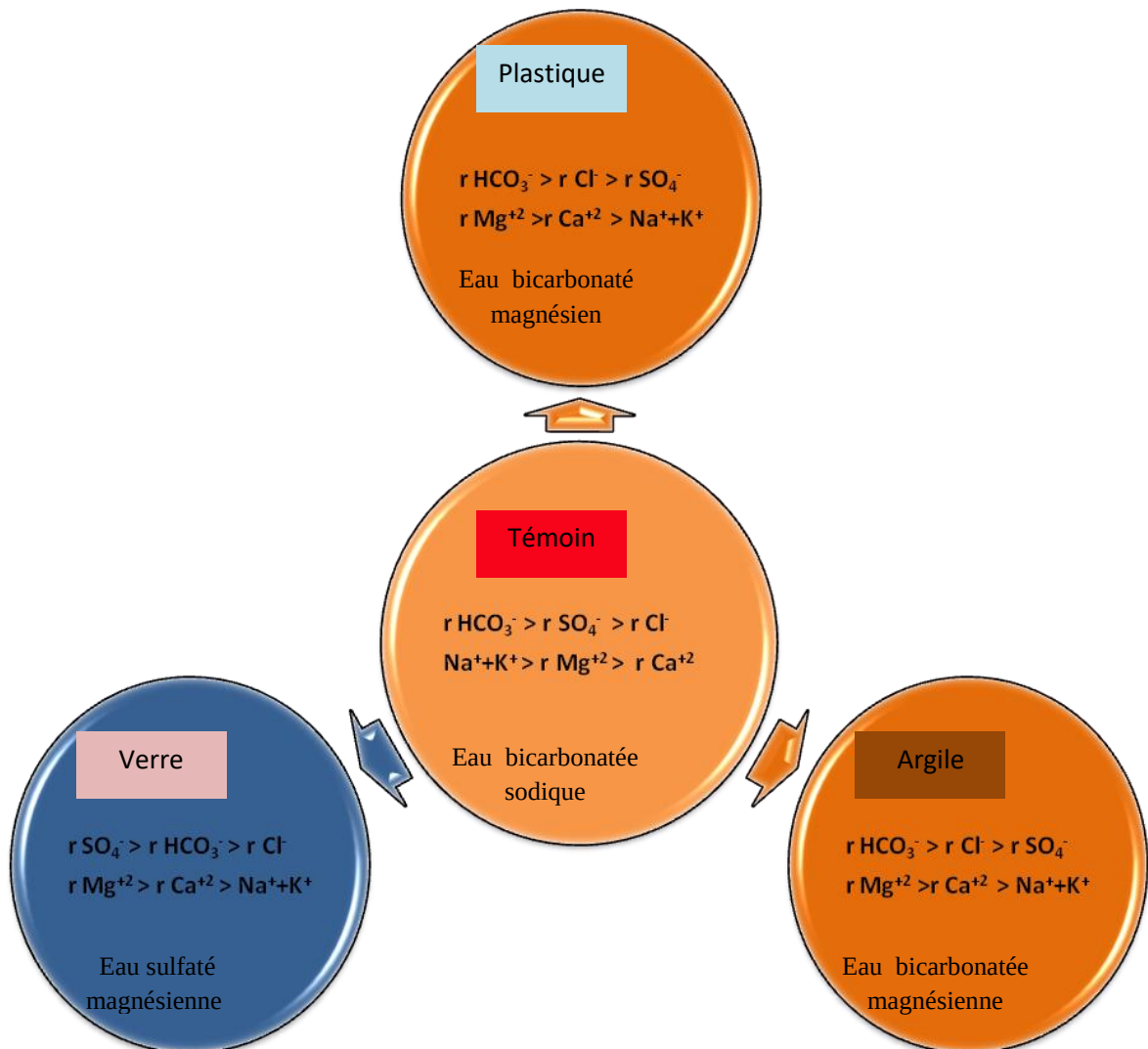


Fig51 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au l'eau minérales dite Bouglez.

La comparaison les dispositions des ions obtenus pour l'analyse des eaux stockées au témoin on remarque que l'ion de sulfate SO_4^{-2} remplacé l'ion de bicarbonate HCO_3^- seulement dans les bouteilles en verre ;

Mais l'ion de Na^+ remplacé Mg^{+2} dans tous les types milieux de stockages.

Le facies chimique des eaux stockées dites BOUGLAZ a subi a des changements remarquable dans les bouteilles en verre il est devenu sulfatée magnésien.

II.1.7. EAU MINÉRALE DE EL GOULEA

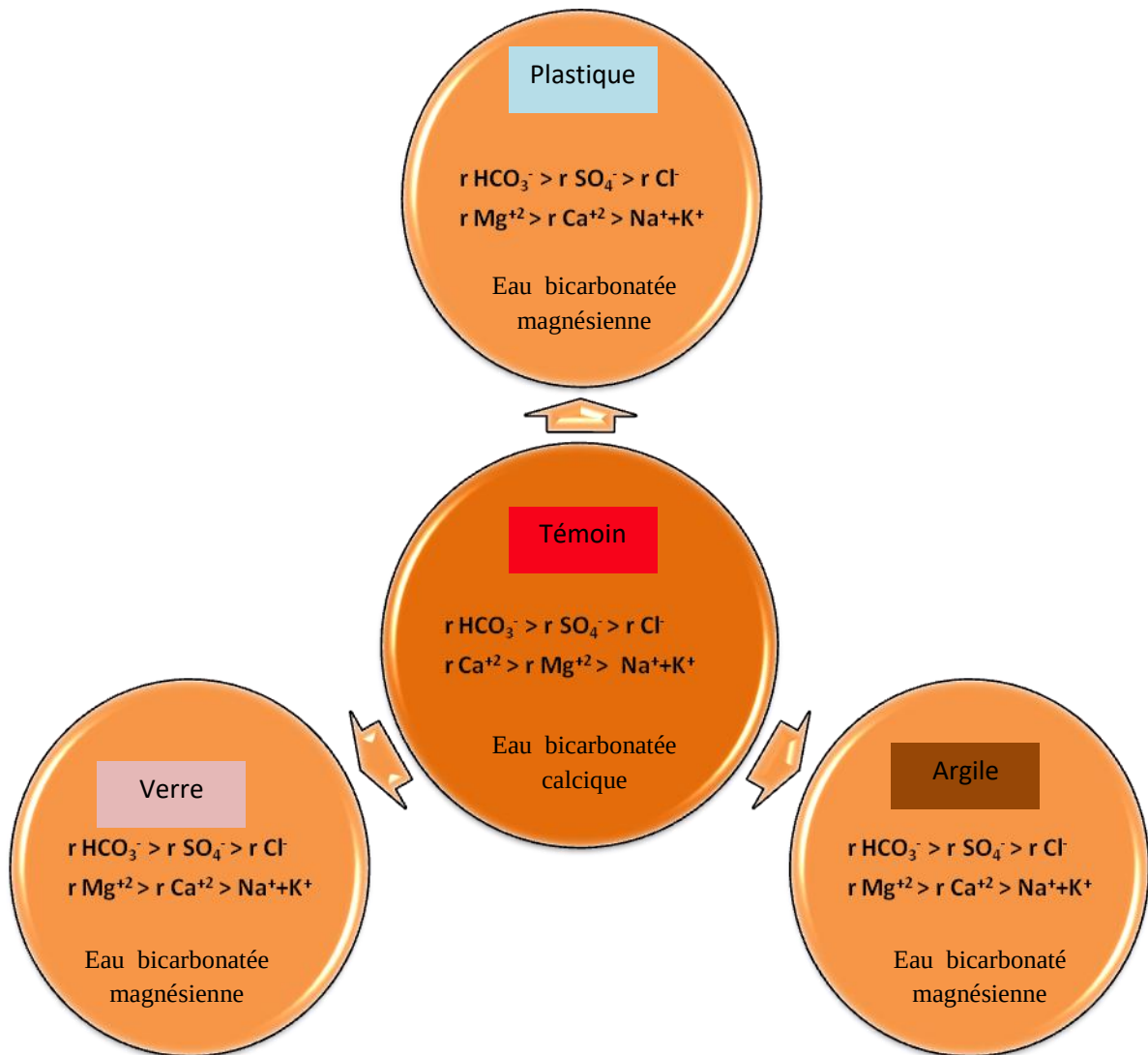


Fig52 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au l'eau minérales dite EL Gouléa.

On remarque que les anions n'ont eu aucun changement. Tandis que les cations sont changés dans tous les types de milieux de stockages. les ions de Mg^{+2} remplace les ions de Ca^{+2} .

II.1.8. EAU MINERALE DEFEZGIA

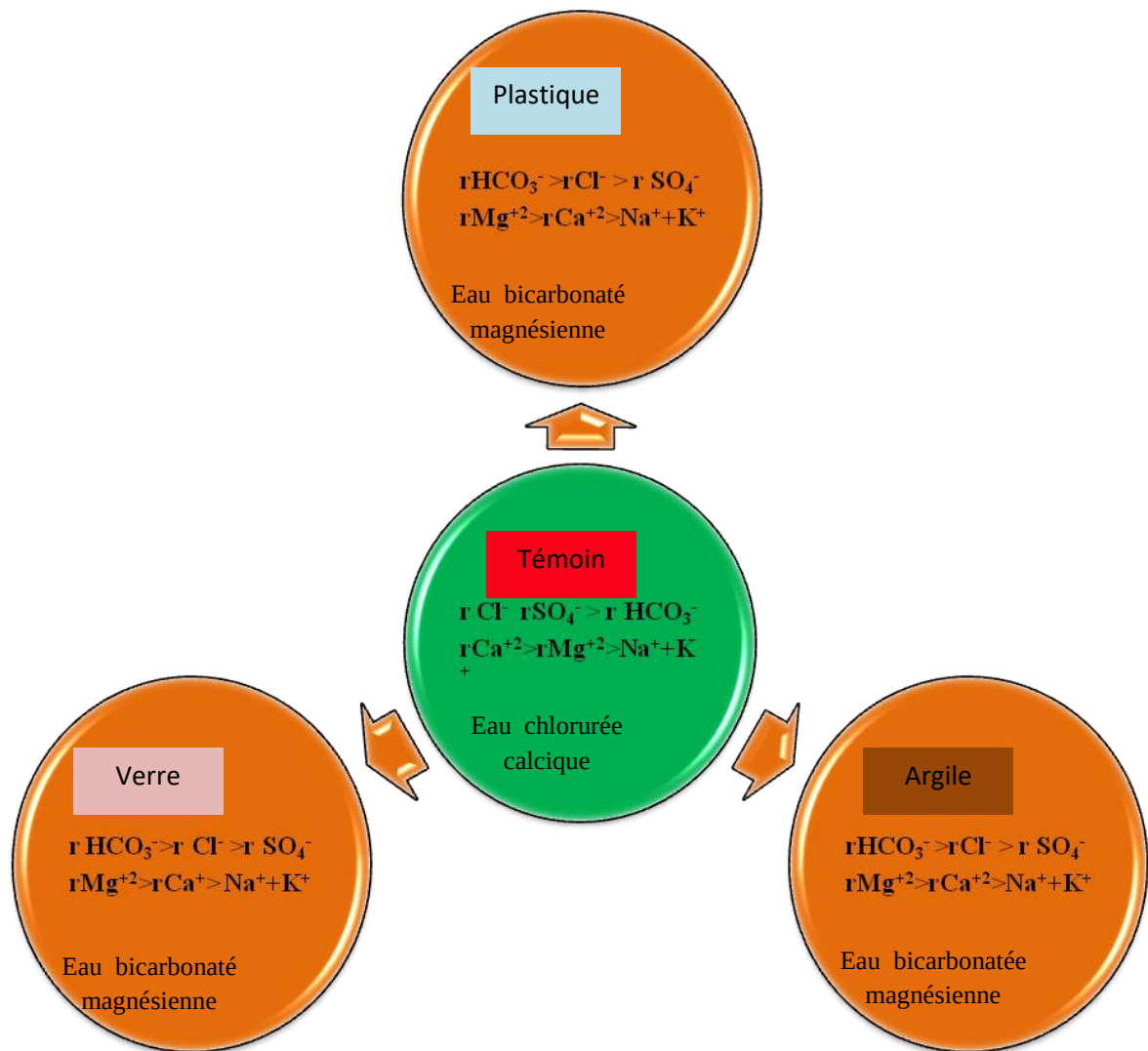


Fig53 : évolution du facies chimique des eaux analysées dans les différents milieux de stockage au l'eau minérales dite Fezgia.

Dans Les eaux stockées, les ions de chlorure sont remplacés par les ions de bicarbonate.
Tous Les eaux stockées dans ont subis à un changement de facies chimique de chloruré calcique à bicarbonaté magnésien par rapport au témoin.

II.2. Présentation graphique des analyses d'eaux

II.2.1. Diagramme de PIPER

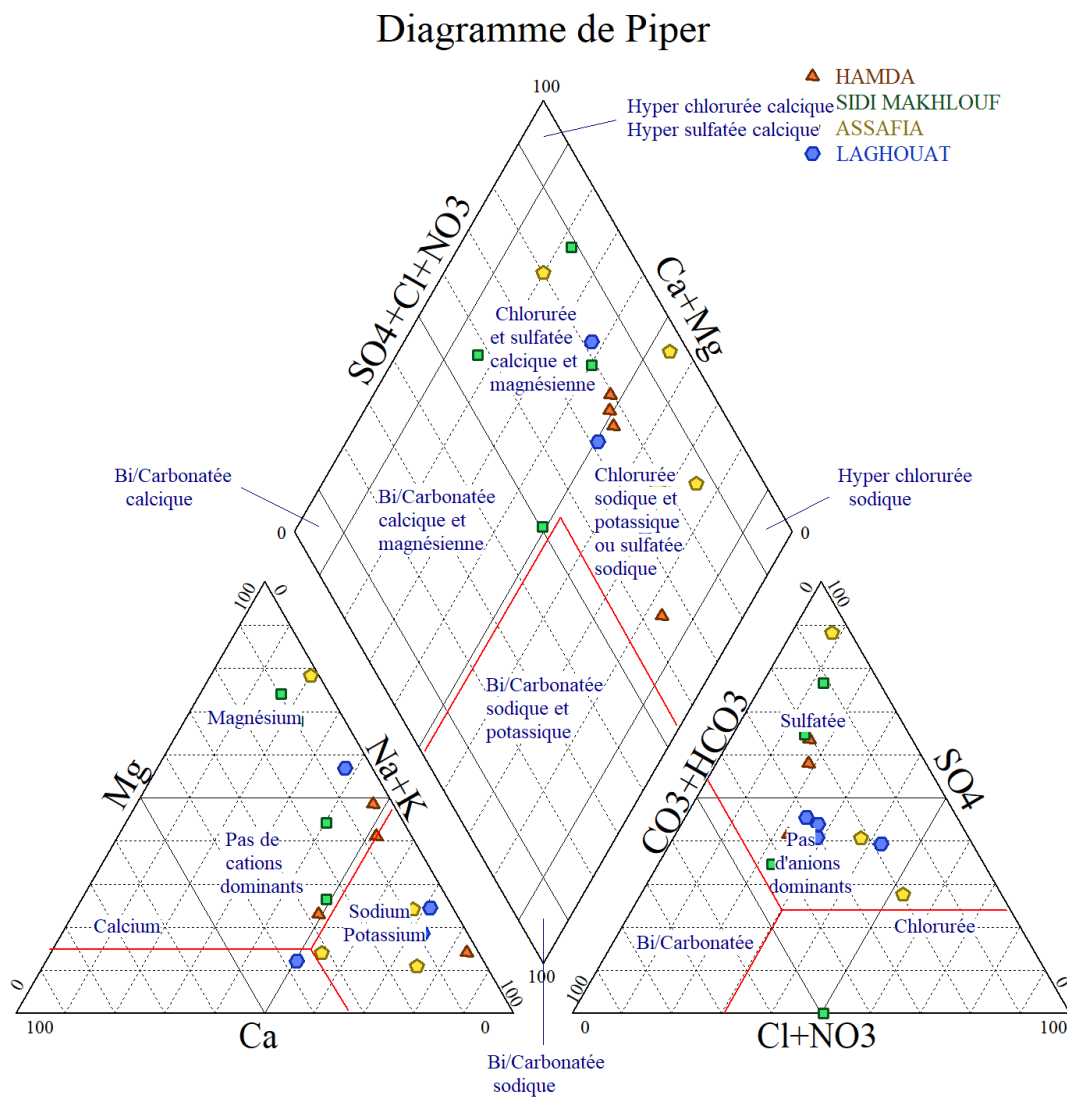


Fig 54: Représentation graphique des eaux naturelles analysées dans la région de Laghouat sur diagramme de PIPER.

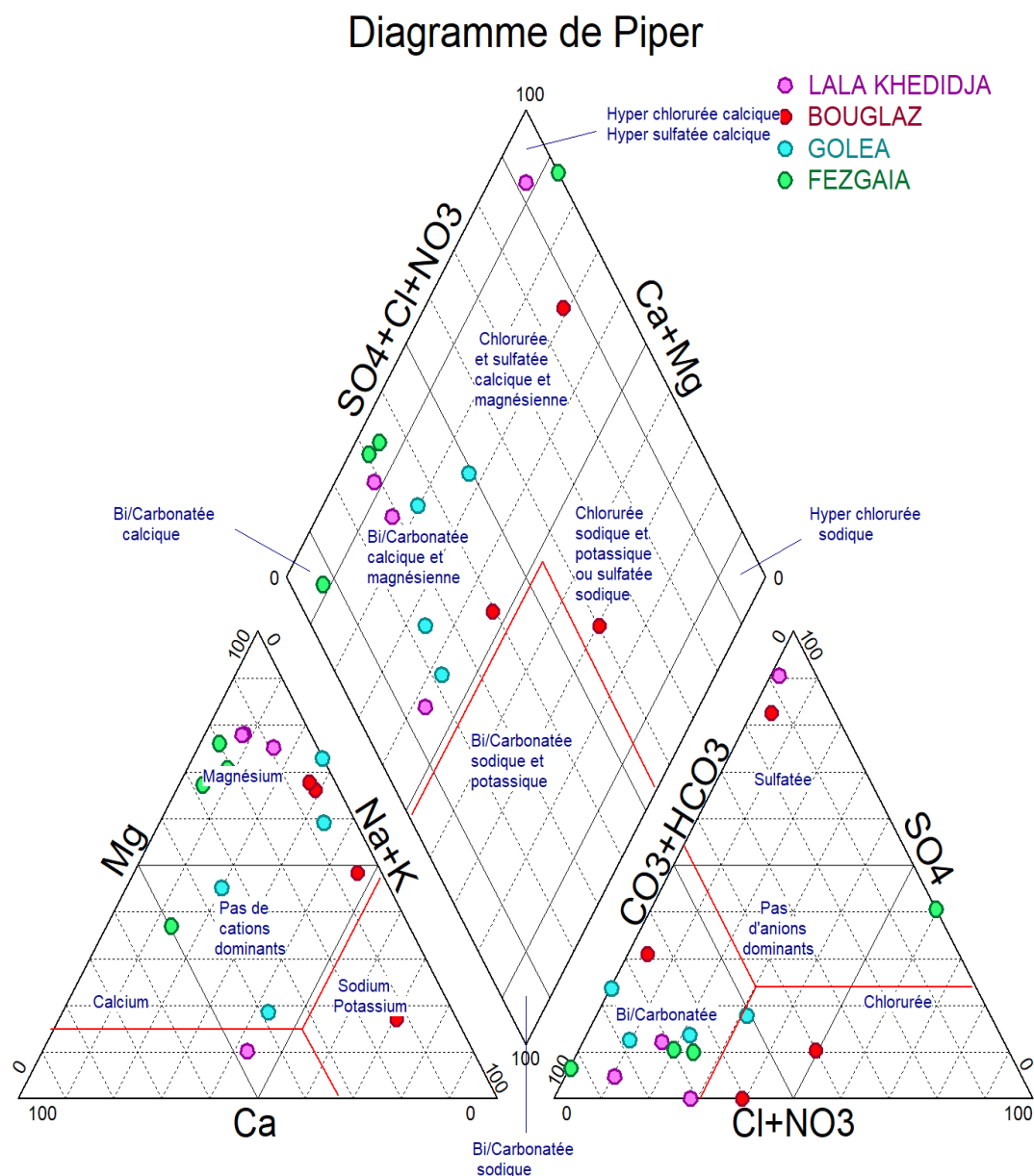


Fig55 : Présentation graphique des eaux minérales analysées sur diagramme de PIPER.

II.2.2. Diagramme de type Stabler

II.2.2.1. Présentation graphique des eaux naturelles analysées sur le diagramme de Stabler

D'après la présentation graphique des eaux naturelles analysées sur le diagramme de Stabler nous avons les résultats suivants :

Tableau13 : tableau représentatif du changement des faciès des eaux naturelles analysées.

N°	La zone	Type de stockage	Facies chimique
01	Station Mekheneth (Hamda)	argile	sulfatée sodique
		verre	sulfatée sodique
		plastique	sulfatée sodique
		témoin	sulfatée sodique
02	Hassi Khira (Sidi Makhlouf)	argile	Bicarbonatée sodique
		verre	Sulfatée magnésienne
		plastique	Sulfatée magnésienne
		témoin	Bicarbonatée magnésien
03	Assafia	argile	Sulfatée Sodique
		verre	Sulfatée Sodique
		plastique	Sulfatée Sodique
		témoin	Chloruré Magnésien
04	Bourdj Snouci (Laghouat)	argile	Sulfatée Sodique
		verre	Sulfatée Sodique
		plastique	Sulfatée Sodique
		témoin	Sulfatée magnésien

D'après diagramme de Stabler on peut on classe les eaux naturelles stockées en cinq faciès chimique.

1. Sulfatée sodique ;
2. Bicarbonatée sodique ;
3. Sulfatée magnésienne ;
4. Bicarbonatée magnésien ;
5. Chloruré Magnésien.

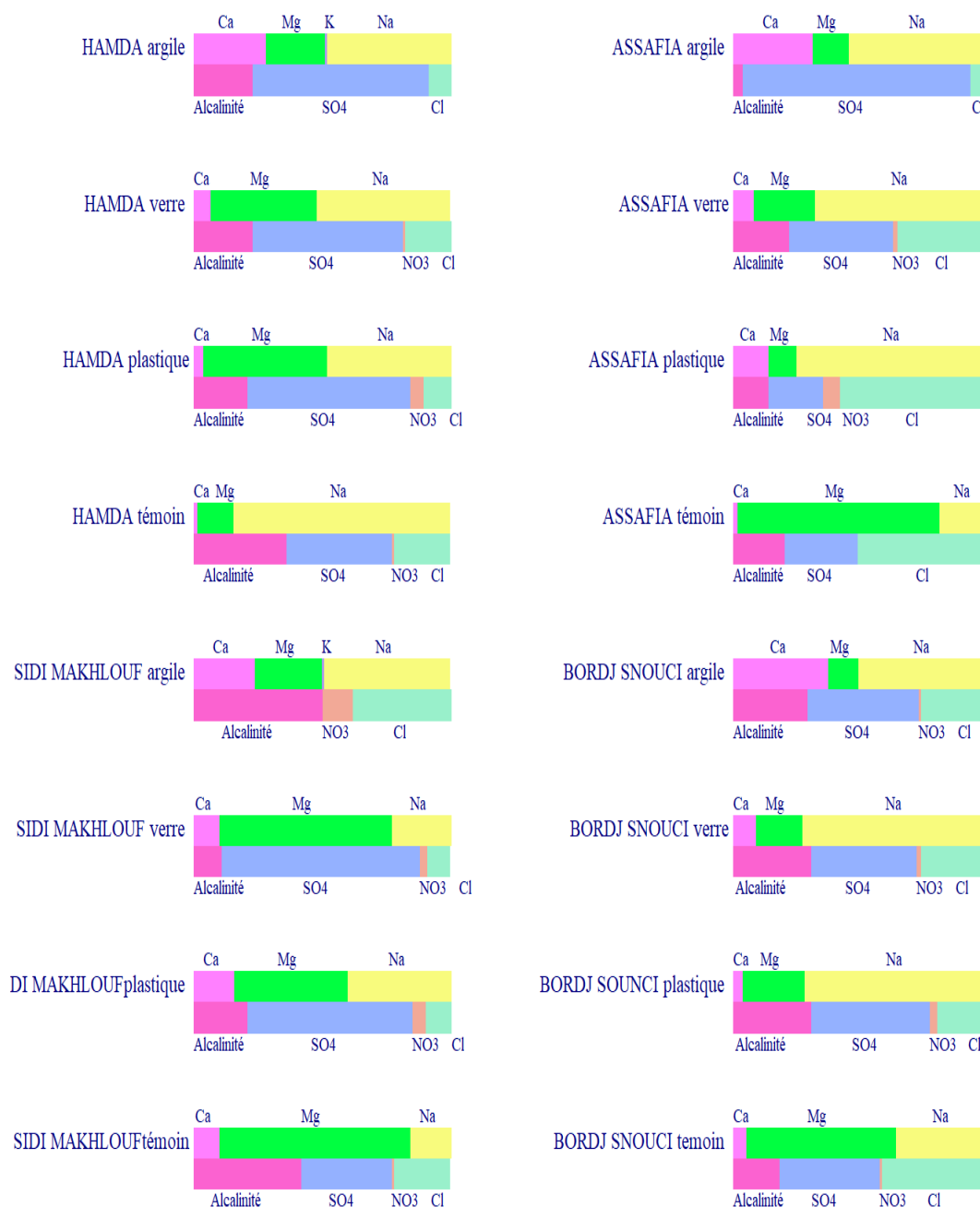


Fig56 : Présentation graphique des eaux naturelles analysées sur diagramme de Stabler.

II.2.2.2. Présentation graphique des eaux minérales analysées sur le diagramme de Stabler

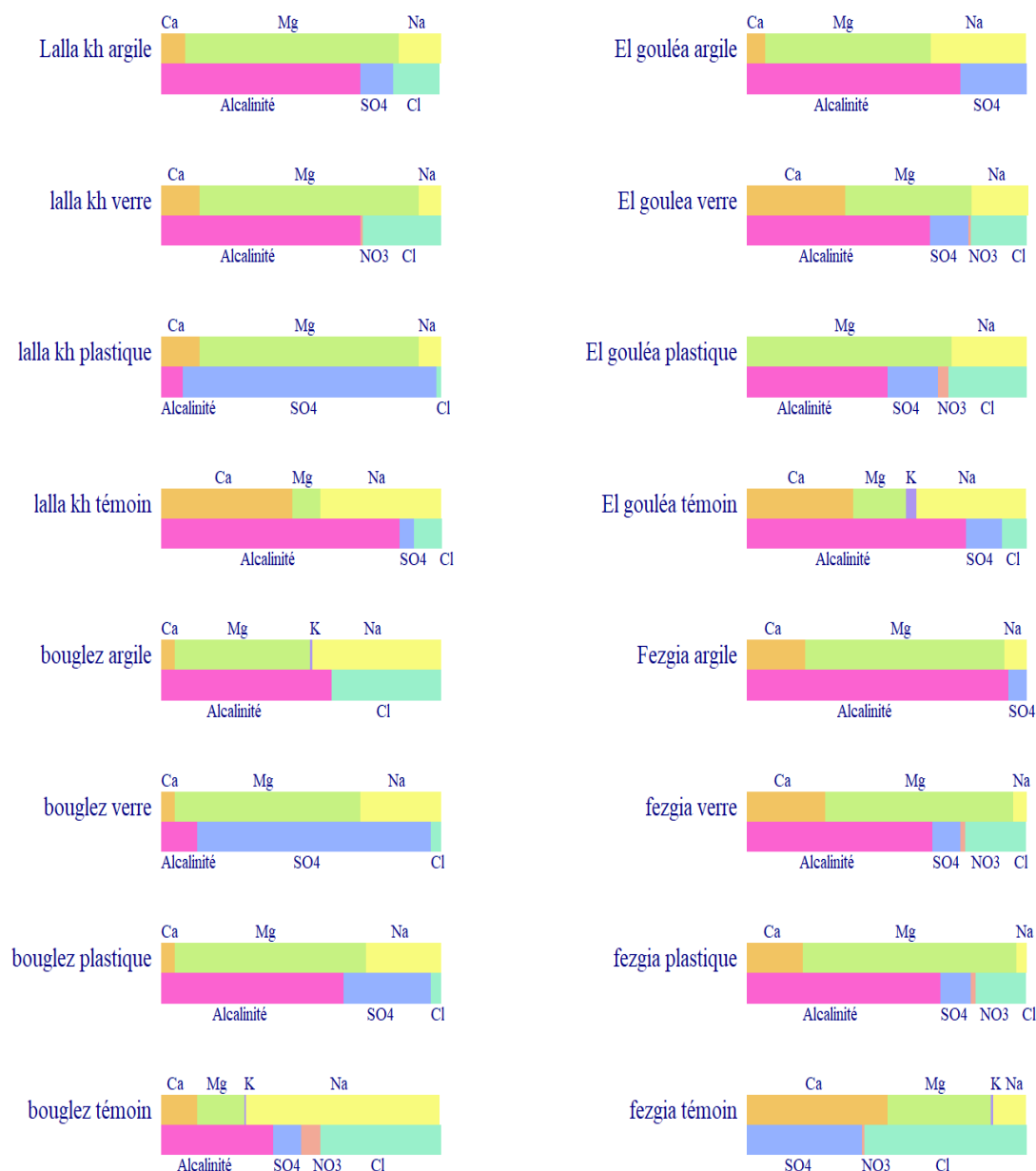
D'après la présentation graphique des eaux minérales analysées sur le diagramme de Stabler nous avons les résultats suivants :

Tableau14 : tableau représentatif du changement des faciès des eaux minérales analysées.

N°	La zone	Type de stockage	Facies chimique
01	Lalla Khedidja	argile	Bicarbonatée magnésien
		verre	Bicarbonatée magnésien
		plastique	Sulfatée magnésien
		témoin	Bicarbonaté Calcique
02	Bougléz	argile	Bicarbonatée magnésien
		verre	Sulfatée magnésien
		plastique	Bicarbonatée magnésien
		témoin	Bicarbonatée sodique
03	El Gouléa	argile	Bicarbonatée magnésien
		verre	Bicarbonatée magnésien
		plastique	Bicarbonatée magnésien
		témoin	Bicarbonaté Calcique
04	Fezguia	argile	Bicarbonatée magnésien
		verre	Bicarbonatée magnésien
		plastique	Bicarbonatée magnésien
		témoin	Chloruré calcique

D'après diagramme de Stabler on peut on classe les eaux minérales stockées en cinq faciès chimique.

1. Bicarbonatée magnésien
2. Sulfatée magnésien
3. Bicarbonaté Calcique
4. Bicarbonatée sodique
5. Chloruré calcique



**Fig57 : Présentation graphique des eaux minérales analysées
sur diagramme de Stabler.**

III. Paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogènes sont très nombreux et très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très difficile voire impossible dans le cas des virus car leur durée de vie peut être très courte. Pour ces différentes raisons, il est préalable de rechercher des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux à sang chaud, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur qui sont : les Germes totaux, les Coliformes totaux, les Coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux.

III.1. Les germes totaux :

Les germes totaux à 37°C sont des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale) (El Haissoufi et al., 2011; CEAEQ, 2011).

Les résultats obtenus montrent que la majorité des eaux contrôlées ne contient pas des germes totaux (tableau.),

Tableau 15: Variation des Germes totaux dans les eaux potable étudiés

Milieu de stockage Echantillon	Argile		Verre		Plastique		Témoin	
	à 22°	à 37°	à 22°	à 37°	à 22°	à 37°	à 22°	à 37°
ST Mkhenth (Hamda)	00	00	05	01	15	0	00	01
Hassi khira (sidi makhlouf)	00	06	00	01	00	31	00	00
Assafia	00	04	00	01	09	05	00	00
B.snoussi (Laghout)	02	18	00	01	02	02	00	00
Lalla Khedj	00	01	00	00	00	01	00	00
Boglez	00	03	00	02	00	00	00	00
El gouléa	00	13	00	00	00	00	00	00
Fezgia	00	05	00	00	00	00	00	00

III.2. Les coliformes

Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales (Chevalier, 2003).

Le tableau montre la présence à des concentrations diminuées des coliformes totaux dans les eaux potables étudiés.

Les coliformes fécaux (*E. coli*) :

La présence des coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Richard, 1996; Figarella et Leyral, 2002; Rodier et al., 2009; El Haissoufi et al., 2011). L'OMS (2004), énonce que la présence d'*E. coli*, apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente.

La lecture montre l'absence de colonies, le résultat est négatif.

–*E. coli*

1^{ère} Lecture : Des colonies jaunes ont été observées après 24 heures d'incubation.

- On effectue le test confirmatif c'est-à-dire le repiquage sur un milieu liquide de Schubert muni d'une cloche de Durham et une incubation à 44° C pendant 24 heures.

2^{ème} Lecture : malgré la confirmation, il n'existe pas de production de gaz dans la cloche de Durham. De ce fait, on peut dire que *E. Coli* n'existe pas dans l'eau potable étudié.

Tableau16: variation de coliformes totaux dans les eaux analysées.

Milieu de stockage Echantillon	Argile		Verre		Plastique		témoin	
	à 37°	à 44°	à 37°	à 44°	à 37°	à 44°	à 37°	à 44°
station Mkhenth	0	0	0	0	0	0	0	0
Hassi khira	0	0	0	0	0	0	0	0
Assafia	6	0	0	0	0	0	0	0
Bordj snoussi	0	0	0	0	0	0	0	0
Lalla Khedj	0	0	0	0	0	0	/	/
Boughez	0	0	0	0	0	0	/	/
El gouléa	0	0	0	0	0	0	/	/
Fezgia	0	0	0	0	0	0	/	/

III.3. Les Streptocoques fécaux

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes (Chevalier, 2002; Ladjel, 2009). Selon Figarella et Leyral (2002) ; Rodier et al. (2005), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eaux potables montrent l'absence de Streptocoques fécaux. C'est-à-dire la lecture montre qu'il n'y a pas de colonies jaune orangé.

Tableau 17: variation de Streptocoques fécaux dans les eaux analysées.

Milieu de stockages Echantillon	Argile	verre	plastique	témoin
Bordj snoussi	Absence	Absence	Absence	Absence
Lalla Khedj	Absence	Absence	Absence	/

Conclusion

Au terme de notre travail, qu'il s'agit d'une étude analytique dans le but d'évaluer prospectivement l'impact de type du milieu de stockage sur la qualité physico-chimique et bactériologique d'une eau potable.

L'étude a porté sur des échantillons d'eau potable prélevée de quatre régions de la wilaya de Laghouat réparties comme suit: hamda, sidi makhlouf, Assafia, Bordj snoussi et quatre eaux minérales commercialisées en Algérie, Lalla Khedj, Bouglez, El gouléa, Fezgia.

Après l'analyse physicochimique et bactériologique des échantillons au niveau de laboratoire de l'Algérienne des eaux unité de Laghouat, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Le pH des eaux stockées analysées est varié entre 7.7 et 8.41 dans les bouteilles en verre et en plastique mais il reste dans la norme de potabilité par contre dans les bouteilles en argile elle atteint 11.02.
- La Température : les eaux analysées stockées dans tous les types de milieu de stockage sont dans la norme de la potabilité. Elle dépend de la température de l'air.
- les valeurs de la conductivité électrique ; de salinité ; de TDS, de taux des sels dissous dans les eaux naturelles analysées et les eaux minérales sont corrélable, elle dépend de la région de prélèvement. Taux de croissance des valeurs est très élevé dans les bouteilles en argile plus moins dans les bouteilles en plastique et en verre.
- La Turbidité des eaux analysées stockées dans les bouteilles en argile augmente par rapport aux eaux mis dans des bouteilles en verre et plastique mais elle reste dans la norme de potabilité des eaux dans tous les types de milieu de stockage
- Le taux de variation de la concentration de Ca^{+2} augmente dans tous les types de milieux de stockages surtout en plastique.
- Le taux de variation de la concentration de Mg^{+2} est varié d'une zone à une autre ;
- La concentration de Na^{+} varie d'un milieu à un autre.
- La concentration de K^{+} augment dans les bouteilles en argile dans les stockées analysées.
- Dans tous les types de stockage, la concentration de HCO_3^{-} augmente dans la majorité des eaux stockées.

- Le teneur en Cl^- diminue dans les eaux minérales par contre augmente dans les eaux naturelles.
- Pour l'ensemble des échantillons la concentration de SO_4^{2-} croît régulièrement dans les bouteilles moindres en plastique qu'en verre et argile.
- le NO_2^- , PO_4^- , NH_4^+ . Il y a une évolution légère des concentrations après stockage dans tous les types de stockages.
- Les nitrates NO_3^- y a une augmentation dans les bouteilles en plastique et en verre dans les eaux naturelles et minérales stockées.

Cette variation du chimisme a impliqué sur le facies chimique des eaux stockées

Du point de vue bactériologique les résultats obtenus prouvent la bonne qualité bactériologique des eaux minérales et naturelles stockées. Elle ne présente aucun risque pour la consommation humaine.

Les résultats obtenus nous ont permis de donner les points de vue suivants :

- Pour stockées les eaux dans les bouteilles en argile il faut pas dépasser une période au moins de 15 jours.
- Les bouteilles en plastique ne sont pas les meilleurs milieux qu'adapté pour le stockage.
- La quasi-totalité des échantillons renferment des eaux d'une bonne qualité physico-chimique et bactériologie. Dans les bouteilles qui sont stockées en verre.

Enfin et après toutes les analyses des eaux naturelles et minérales stockées on conclue que les eaux qui sont mis dans des bouteilles en verre sont plus potables que les autres parce que le verre garde la propriété chimique des eaux.

Référence

- ABED S., (1982). Litho stratigraphie et sedimentation des formations carbonatées du jurassique supérieur de Djbel Amour. Thèse 3^{ème} cycle. Univ.Pau.
- Ahonon A.S., (2011). Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du TOGO : cas du Canton de la vie, Master international, environnement eau et santé, Université de Lome, TOGO, 35p.
- Alpha S.M., 2005. Qualité organoleptique de l'eau de consommation produit et distribuer par l'EDMSA dans la ville de Bamako. Doctorat en pharmacie, université debamako.
- Anonyme ,2014. Réserve mondiale en eau douce
- Alberta Environmental Protection. Standards and Guidelines for Municipal Waterworks, Wastewater and Storm Drainage.
-
- BALDERACCHI., (2009). « L'eau dans l'organisme », , Centre national de la recherche scientifique (CNRS).
- Benamar N., Mouadih N., Benamar A., (2011). Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff, Colloque international, Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ?, Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p.
- Ben Hadj-Amara, A., Besson, G., Tchoubar C. 1987, Caracteristiques Structurales d'une smectite dioctaedrique en fonction de l'ordre-désordre dans la distribution des charges électriques, *Clay Mineral*, 22 (1987) 305-318.
- BERMOND R., VUICHAARD R., (1973). Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p.
- Bouziani M., (2000). L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
- Caillère, S., Hénin S., Rautureau, M. (1982), Minéralogie des argiles: II. Classification et nomenclature, *Editions INRA et Masson*, Paris, France.
- C.D.F., 2011. Conservation des forets . Source d'information, rapport annuel. Laghouat.

- Dajoz R., (2000). Précis d'écologie: Cours et exercices résolus. 7^{ième}s éditions. Dunod, Paris. 613p.
- DUSSART B., (1966). Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Ed., Paris.
- Duchaufour P., (1988), Abrégé de pédologie, *Edition Masson*, Paris, France.
- Duval C. 1971. L'eau. 2^{ème} édition.
- Faurie C. ; Ce ferra ; D éveaux J. et medort P., (1998). Ecologie approche scientifique et pratique ; 4^{eme} édition.
- Gaujour D., (1995). La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire. 2^{ème} édition, Lavoisier, P49
- Guyot, J.L., Jouanneau, J.-M., Quintanilla, J. et Wasson, J.-G., 1993. Le flux de matières dissoutes et particulaires exportés des Andes par le Rio Beni (Amazonie Bolivienne), en période de crue. *Geodinamica Acta*, 6(4): 233-241.
- HARKAT M., 1982. Litho stratigraphie et sedimentation des formations carbonatées du jurassique supérieur des Monts de Oueled Neil et de la terminaison orientale de Djbel Amour (Atlas saharien Central Doct. 3^{ème} Cycle USTHB 287p).
- HADOUD M., . Contribution a l'étude des éléments chimiques en traces dans les eaux souterraines profondes de la wilaya de Biskra- Cas du cuivre et du zinc, Université Mohamed Khider – Biskra, p 5-6
- HCEFLCD., 2006. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.
- Halsted., J. Geophagia in man : its nature and nutritional effects. *Am J Clin Nutr.* 21(12), 1968, pages 1384-1393.
- Jouenne., C. 1984, Traité céramique et matériaux minéraux, *Edition Septima*, Paris, France.
- Kehal S., 2007. Rétrospective et perspective du dessalement en Algérie. *Désaliénation*, 204, pp. 403-415
- KHADRAOUI A., 2004. Eaux et sol en Algérie (gestion et impact sur l'environnement). Ouargla, Houma. 393p.
- Leynaud G., 1968. Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- LNE ,2009 .Mieux mesuré les contaminations microbiologiques des aliments, LNE laboratoire national de métrologie et d'essais.

- Monique H., 1991. Les eaux naturelles et les eaux de consommation saint Laurent.
- Mouchet. P& Dauthuille. P. Rencontre technique au Mali de la société Energie du Mali et de la société Dégremont Bamako, 14 Mars 1997.
- Nechem D., (2009). Qualité des eaux des sources thermales : Cas des source de Djebel Safia (Hadjar Soud), Nord Est Algérien, Mémoire de Magister., Hydrogéologie environnementale et modélisation, Faculté des sciences de la Terre , Département de Géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 64p.
- NICOLAS Emanuel.,2015. Centre d'information sur l'eau . conseil europein de l'information sur l'alimentation
- Phillips.T, Sarr.A, Grant. P., Selective chemisorption and detoxification of aflatoxins by phyllosilicate clay, Nat.Toxins, 3(4), 1995, pages 204-213.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N. (2009). L'analyse de l'eau, 9ème édition, Ed. Dunod,1579p.
- Savary P., (2010). Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, PP : 10-179.
- Sedrati N., (2011). Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est Algérien, thèse de doctorat en géologie, Hydrogéologie, faculté des sciences de la terre, département de géologie, Université Badji Mokhtar Annaba, 252p.
- Service de l'Eau (SEVESC). (2013). Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud, 11p.
- Structure plastique, les emballages a la valorisation , cercle National de recyclage Avril .1999 . p6.
- Salghi
- T.C. Schell, M.D. Lindemann, E.T. Kornegay, D.J. Blodgett, Effects of feeding aflatoxincontaminated diets with and without clay to weaning and growing pigs on

performance, liver function, and mineral metabolism, J. Anim. Sci. 71, 1993, pages 1209-1218.

- Valverde A.L., (2008). Comprendre le cycle de l'eau, bulletin de l'OMM, Vol 57, N°3, 55p.
- J.S. Wang, H. Luo, M. Billam, Z. Wang, H. Guan, L. Tang, T. Goldston, E. Afriyie-Gyawu, C. Lovett, J. Griswold, B. Brattin, R.J. Taylor, H. J. Huebner, T.D. Phillips, Short-term safety evaluation of processed calcium montmorillonite clay (NovaSil) in humans. Food Addit.Contam 22(3), 2005, pages 270-279.
- WHO (World HealthOrganization), 1994. Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2eme édition. Vol 2.Genève.
- WILDI., 1983 .

Annexe 01 : Normes algériennes de potabilité

Paramètre	OMS	Unités	normes Algériennes	Unités
Paramètres organoleptiques				
couleur			25	mg/1 pt-Co
Turbidité	5	FTU	1-2	NTU
Température	-	°C	25	°C
Paramètres physico-chimiques				
pH	6.5à8.5	Un. pH	6.5 -8.5	-
Conductivité	-	µs/cm	2800	µs/cm
Chlorures	250	Mg/l	200-500	mg/1
Sulfates	400	Mg/l	200 -400	mg/
Calcium	-	Mg/l	75 -200	mg/1
Magnésium	200	Mg/l	150	mg/1
Sodium	200	Mg/l	200	mg/1
Potassium	-	Mg/l	20	mg/1
Nitrates	44	Mg/l	50	mg/1
Nitrites	3	mg/l	0.1	mg/1
Ammonium	-	-	0.05-0.5	mg/1
Dureté totale	0.1	°F		
Minéralisation	50	Mg/l	-	

Annexe 02 : classification des eaux en fonction de dureté

Valeurs de TH	Nature d'eau
0 à 5°F	Eau très douce
5 à 15°F	Eau douce
15 à 25°F	Eau moyennement dure
25 à 35°F	Eau dure
> 35°F	Eau très dure

Annexe 03: Détermination de la conductivité et classée en eau de qualité

Conductivité	Nature de l'eau
50-400µs/cm	Eau excellent
400-750	Eau de bonne qualité
750-1500	Eau de moyenne qualité
1500>	Eau médiocre

Annexe 04 : Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité

Conductivité (µS/cm)	Minéralisation (mg/L)
< à 50	1,365079x Conductivité
Entre 50 et 166	0,947658 x Conductivité
Entre 166et 333	0,769574 x Conductivité
Entre 333et 833	0,715920 x Conductivité
Entre 833 et 10000	0,758544 x Conductivité
> à 10000	0,850432 x Conductivité

Annexe 05 : Données climatiques de la station météorologique de la wilaya de Laghouat (2008 - 2018)

Mois	T° moyenne annuelle (c°)			Précipitation (mm)	Humidité Relative	Vitesse Moyenne
	Min	Max	Moy		(%)	(m/sec)
Janvier	3,04	14.68	8,86	7.43	57,8	3,08
Février	3,62	15.35	9,48	8.29	51,3	3,69
Mars	7,07	19.64	13,35	5.86	45,2	3,41
Avril	11,05	24.52	17,78	7,19	38,8	3,93
Mai	15,62	29.32	22,47	8.40	33,9	3,82
Juin	20,48	34.62	27.55	5,46	31,1	3,5
Juillet	24,61	39.13	31.87	4.62	22,9	3,15
Aout	23,56	37.51	30.53	8.15	28,2	2,88
Septembre	19,86	31.85	25.85	17.54	38,8	2,9
Octobre	15,25	26.32	20.78	15.98	48,5	2,23
Novembre	7,38	18.72	13.05	12.83	53,4	2,88
Décembre	3,42	15.17	9.29	7,37	58,2	2,54

Annexe 03 : Etiquetage des eaux minérales analysées.

Composition	(mg/L) (مغ/ل)	التركيب
Potassium	0,54	بوتاسيوم
Calcium	53	كلسيوم
Sulfates	7	سلفات
Magnesium	7	مغنيزيوم
Sodium	5,5	صوديوم
Chlorures	11	كلوريد
Nitrates	0,42	نترات
Nitrites	0,00	نيتريت
Fluor	0,26	فلوريد
Résidus secs	187	بقايا جافة
Bicarbonates	160	بيكربونات
PH	7,22	معدل الحموضة

À conserver à l'abri du soleil, dans un endroit propre, sec et tempéré.
يحفظ بعيد عن أشعة الشمس، في مكان نظيف، جاف و معتدل الحرارة

L'eau minérale dite Lalla Khadidja

Comp. Moy.	mg/litre	تركيب	معدل
Calcium	Ca	24	كلسيوم
Magnesium	Mg	87	مغنيزيوم
Sodium	Na	28	صوديوم
Potassium	K	4,6	بوتاسيوم
Sulfates	SO ₄	36	سلفات
Chlorures	Cl	20	كلوريد
Nitrates	NO ₃	2,4	نترات
Nitrites	No ₂	Traces	نيتريت
R.S à 180°		180	بقايا جافة
PH		7,4 unité	PH

L'eau d'Elgoléa est particulièrement

L'eau minérale dite ELgoléa

Calcium	78,15	كالكسيوم
Magnesium	35,23	مغنيزيوم
Sodium	22	صوديوم
Potassium	4,1	بوتاسيوم
Sulfates	33,25	سولفات
Nitrates	0,73	نترات
Nitrites	0	نيتريت
Chlorures	35,5	كلوريد
Bicarbonates	285	بيكربونات
R.S à 180°C	415	بقايا جافة
pH	7,22	

L'eau minérale dite Fezguia

Composition Moyenne	mg/l	التركيب المتوسط
Calcium	4,6	كالكسيوم
Magnesium	3,75	مغنيزيوم
Potassium	1	بوتاسيوم
Sodium	29	صوديوم
Sulfates	10	سولفات
Chlorures	30	كلوريد
Nitrates	9	نترات
Nitrites	0,06	نيتريت
R. sec 105°C	140	بقايا جافة
PH	6,87	

L'eau minérale dite Bouglaz