

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique
Université de Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention de diplôme de Master dans le domaine SNV

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Option : Écosystèmes aquatiques

Thème

Analyse physico-chimique et bactériologique des eaux de forages (Wilaya Blida)

Présenté par :

Mr Ali nouna Razkallah

Melle Chir Rawnak

Date de soutenance :

15/07/2021

Devant le jury :

Mme BOULAHIA I.

MAA/USDB1

President

Mme BELMESKINE H.

MCA/USDB1

Examinatrice

Mme KHETTAR S.

MAA/USDB1

Promotrice

Promotion 2020/2021

Remerciements

En tout premier lieu, je tiens à remercier le bon dieu qui nous a donné toute la volonté et la patience pour réaliser ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nos sincères remerciements s'adressent tout d'abord à Madame Khettar S. maitre-assistant classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de blida, pour avoir accepté de nous encadrer ainsi que pour ses encouragements, ses conseils et son soutien durant la période de la réalisation de notre travail.

Nos vives gratitudes vont également à Madame Boulahia I. maitre-assistant classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de blida, qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire.

Nos remerciements et nos reconnaissances vont à Madame Belmeskine H maitre de conférences classe A à la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université de blida 1 pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Au personnel du laboratoire l'ADE de Chiffa de la wilaya de Blida

Nous tenons également à remercier nos familles, nos proches, tous nos amis et toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mon cher père qui m'a toujours soutenu durant toutes mes études, pour son tendresse et son sacrifice.

A la mémoire de ma mère. J'espère qu'elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour que Dieu la bénisse.

Mon très cher et unique petit frère Yasser pour son encouragement et son soutien

Mon frère Zino et ma sœur

Ma précieuse grande mère

Tous les membres de ma famille de près ou de loin

Mes amis : Mohamed, Kader.

A tous ce qui m'ont aidé, encouragé et sacrifié pour mon bonheur, même avec une bonne parole.

Razkallah.

Dédicace

Je dédie ce Modeste travail à :

*Ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour à fait de moi ce que je suis
aujourd'hui*

A mes chers Parents :

*Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler,
que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*A ma mère "Fethia" la lumière de m'a vie qui a œuvrée pour ma réussite, grâce à son amour,
son soutien, ses précieux conseils, son assistance et sa présence dans ma vie.*

*Mon héros mon père "Ali" qui peut être fier de moi et trouver ici le résultat de longues années
de sacrifices et de privation pour m'aider à avancer dans la vie.*

A mes chères sœurs: Rania, ryhem, Souhila

A ma petite Raghad

A mes chers frères : Aissa , Nasro , Oussama

A mes chères grandes mères, à mes oncles et mes tantes

*A mes chers grands-pères, j'aurais aimé qu'ils étaient là avec moi, et je suis sûr qu'ils sont
fiers de moi*

A mes chers grands-mères, a mes oncles et mes tantes , Souhila, Chérif, Ahmed en particulier

*Sans oublier mes professeurs Mr Kabach, Mme Rebiha, Mme Kadi et tous les professeurs que
ce soit du primaire, du moyen, du secondaire et même de l'enseignement supérieur, sans eux
je ne serai plus là où je suis aujourd'hui. Sans oublier aussi ma promotrice Mme khettar qui
m'a vraiment aidée, qui m'a tout donnée pour moi*

Sans eux je ne serai plus où je suis aujourd'hui

*A mes chers amis (es), particulièrement Yasmine, Zino, Mounia, Nissoum, Hind ,Nassim,
Sofiane, Maroua, Dounia ,Amel, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce
projet soit possible, je vous dis merci*

Merci d'être toujours là pour moi

Et a tout ceux que j'aime et qui m'aiment, je tiens à leur exprimer ma grande reconnaissance.

Rawnak .

Liste des abréviations

ADE : Algérienne des Eaux

OMS : Organisation mondiale de la santé

OSS : Observatoire du Sahara et du Sahel

IAEA : Agence internationale de l'énergie atomique

JORA : Journal officiel de la République algérienne

MES : Matière en Suspension

ES : Extrait sec

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique

TAC : Titre alcalimétrique complet

TH : Titre hydrotimétrique

UFC : Unité formant colonie

CT : Coliformes totaux

CF : Coliformes fécaux

SF : Streptocoques fécaux

Ind : indénombrable

F : Forage

Cl : Chlorure

Fe : Fer

CO₂ : Dioxyde de carbone

H₂S : Sulfure d'hydrogène

NH₄ : Ammonium

TDS : Total dissolved solids.

pH : Potentiel d'Hydrogène

.

NPP : Nombre plus probable

D/C : Double concentration

S/C : Simple concentration

°C : Degré Celsius

E.Coli : *Escherichia Coli*

BCPL : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol

µs/cm : micro-siémens par centimètre

% : Pourcentage.

(+) : Positive.

(-) : Négatif

Min : Minimum

Max : Maximum

.

.

Liste des tableaux

N° tableau	Titre	Page
Tableau I:	principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines	7
Tableau II:	Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie	11
Tableau III:	Les différents points de forages	22
Tableau IV:	Résultats des analyses de la dureté totale en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida.....	43
Tableau V:	Résultats des analyses du phosphore en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida.....	48
Tableau VI:	Résultats des analyses des nitrites en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida.....	49
Tableau VII:	Résultats des analyses d'ammonium en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida.....	50
Tableau VIII:	Résultats des analyses du fer en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida	51
Tableau IX:	Résultats des coliformes totaux	53
Tableau X:	Résultats des coliformes totaux.....	54
Tableau XI:	Résultats des streptocoques fécaux.....	55
Tableau XII:	Résumé des résultats bactériologiques	65
Tableau XIII:	Résumé des résultats physico-chimiques	66
Tableau XIV:	Normes de l'OMS sur l'eau potable.....	67
Tableau XV:	Normes algériennes sur l'eau potable	68
Tableau XVI:	Résumé statistique des paramètres physico-chimiques	78

Liste des figures

N° Figure	Titre	Page
Figure 1:	Répartition de l'eau sur la terre	3
Figure 2:	Les bassins hydrographiques en Algérie	10
Figure 3:	Les deux grandes nappes du sud Algérien	11
Figure 4:	les 4 unités du bassin hydrographique	11
Figure 5:	situation géographique de la wilaya de Blida.....	19
Figure 6:	la situation géographique de différents points de forage.....	20
Figure 7:	Zonage d'été et d'hiver	20
Figure 8 :	Carte géologique de la Mitidja	21
Figure 9:	Variation de la température au niveau des forages de la wilaya de Blida.....	39
Figure 10:	Variation du pH au niveau des forages de la wilaya de Blida.....	40
Figure 11:	Variation de la conductivité au niveau des forages de la wilaya de Blida	41
Figure 12:	les résultats de la turbidité dans les eaux des forages de la wilaya de Blida.....	41
Figure 13:	les résultats des résidus secs dans les eaux des forages de la wilaya de Blida.....	42
Figure 14:	Résultats du titre alcalimétrique en (mg/l) des forages de la wilaya de Blida	43
Figure 15:	Variation de calcium en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida	44
Figure 16:	Variation de magnésium en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida... ..	45
Figure 17:	Variation de chlorure en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida.....	46
Figure 18:	Variation de sulfate en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida	47
Figure 19:	Variation des nitrates au niveau des forages de la wilaya de Blida.....	47
Figure 20:	Recherche et dénombrement des coliformes totaux.....	71
Figure 21:	Recherche et dénombrement des Coliformes thermo tolérants et Escherichia Coli72	
Figure 22:	Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.....	73
Figure 23:	Dénombrement des Streptocoques du groupe « D »	74

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Lits des figures

Résumé

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralités

I. L'eau dans le monde.....	3
I.1. L'eau sur terre.....	3
I.2. L'eau dans l'atmosphère.....	3
I.3. Le cycle de l'eau.....	4
I.4. Ressources hydriques naturelles	4
I.4.1. Les eaux de pluie	4
I.4.2. Les eaux de surface.....	4
I.4.3. Eau de mer	5
I.4.4. Eaux saumâtres	5
I.4.5. Les eaux souterraines.....	5
I.4.5.1. Caractéristiques des eaux souterraines	6
I.4.5.2. Types de nappes.....	7
I.4.5.3. Aquifère	8
I.4.5.3.1. Typologies des aquifères	8
I.4.5.4. Modes de captage des eaux souterraines	9
I.5. Les ressources hydriques en Algérie	9
I.5.1. Les ressources au nord du pays	10
I.5.2. Les ressources au Sud du pays.....	10
I.6. Qualité des eaux.....	12
I.6.1. Pollution du milieu aquatique.....	12
I.6.1.1. Principaux types de pollution	12
I.6.2. Principaux types de polluants	13
I.6.3. Principaux paramètres de pollution	13
I.6.3.1. Paramètres organoleptiques	14

I.6.3.2. Paramètres physiques.....	15
I.6.3.3. Paramètres chimiques	16
I.6.3.4. Paramètres bactériologiques	18

Chapitre II: Materiel et methodes

II.1. Présentation et caractéristiques de la zone d'étude	19
II.2. Analyse physico-chimique	23
II.2.1. Paramètres physiques	23
II.2.2. Paramètres chimiques.....	25
II.3. Analyse bactériologiques.....	35

Chapitre III: Resultats et discussions

III.1. Résultats des paramètres physico-chimiques	39
III.1.1. Paramètres physiques	39
III.1.1.1 Température	39
III.1.1.2. pH.....	39
III.1.1.3. Conductivité électrique	40
III.1.1.4. Turbidité.....	41
III.1.1.5. Résidus secs	42
III.1.2. Paramètres chimiques.....	42
III.1.2.1 Alcalinité.....	42
III.1.2.2. Dureté totale (Th).....	43
III.1.2.3. Calcium et Magnésium	44
III.1.2.4. Chlorure.....	45
III.1.2.5. Sulfate	46
III.1.2.6. Nitrates	47
III.1.2.7. Orthophosphate	48
III.1.2.8. Nitrites.....	49
III.1.2.9. Ammonium	50
III.1.2.10. Fer	51
III.2. Résultats des paramètres bactériologiques.....	53
III.2.1. Coliformes totaux.....	53
III.2.2. Coliformes fécaux	54
III.2.3. Streptocoques fécaux	55
Conclusion.....	57

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Ce travail a porté sur l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de 17 forages exploités pour la production de l'eau potable situés dans différentes communes au niveau de la wilaya de Blida.

Les échantillons ont été analysés au niveau du laboratoire régional de l'Algérienne des eaux (ADE) situé à Chiffa. Les analyses ont concerné les paramètres physico-chimiques suivants :

Température, turbidité, pH, conductivité électrique, résidu sec, titre hydrotimétrique (TH), titre alcalimétrique complet (TAC), et la minéralisation : calcium, magnésium, potassium, sulfates, chlorures et sodium. En plus certains éléments indésirables : phosphates, ammonium, nitrites et nitrates, et un nombre de métaux lourds (fer).

La qualité chimique des eaux de forages échantillonnés révèle une minéralisation moyenne des (Calcium, magnésium, chlorures, sulfates, nitrate, phosphate, sodium) avec des moyennes respectives de (97,18 mg/l , 23,58 mg/l, 87,92 mg/l , 66,55 mg/l , 21,482 mg/l, 0,1825 mg/l et 29,94 mg/l).

La confrontation des analyses avec les normes de potabilité montre que toutes les eaux sont dures a très dures. Le forage F1M (Mouzaia) est considéré comme le point le plus minéralisé. Il dépasse les normes (Algériennes et OMS) pour turbidité, dureté. Les autres éléments sont acceptables. Les eaux de forage F2BG sont acceptables avec un dosage élevé d'extrait sec. Les eaux des forages restants présentent des paramètres acceptables par les normes.

L'étude des métaux ne montre aucune présence inquiétante du fer (Fe) dans les eaux.

Globalement, les eaux analysées présentent une bonne qualité bactériologique sauf quelques points tels que (F1BO, F2BO, F4BT, F1L) qui présente des germes pathogènes.

Mot-clé : Eau de forage, eau potable, analyse physico-chimique, normes, analyse bactériologique, wilaya de Blida.

Abstract

This work focused on the study of the physico-chemical and bacteriological quality of the waters of 17 boreholes operated for the production of drinking water located in different municipalities in the wilaya of Blida.

The samples were analyzed at the regional laboratory of 'Algérienne des eaux (ADE) ' located in Chiffa. The analyses concerned the following physico-chemical parameters:

Temperature, turbidity, pH, electrical conductivity, dry residue, hydrometric titer (TH), full alkalimetric titer (TAC), and mineralization: calcium, magnesium, potassium, sulfate, chlorides and sodium. In addition of some undesirable elements such as: phosphates, ammonium, nitrites and nitrates, and a number of heavy metals (iron).

The results of the various analyses made it possible to determine

The chemical quality of the sampled drilling water reveals an average mineralization of (calcium, magnesium, chlorides, sulfate, nitrate, phosphate, sodium) with respective averages of (97.18 mg / l, 23.58 mg / l, 87.92 mg / l, 66.55 mg / l, 21.482 mg / l, 0.1825 mg / l and 29.94 mg / l).

The comparison of the analyses with the potability standards shows that all the waters are hard to very hard. Drilling F1M (Mouzaia) is considered the most mineralized point. It exceeds the standards (Algerian and WHO) for turbidity, hardness. The other elements are acceptable. F2BG drilling water is acceptable with a high dosage of dry extract. The water from the remaining boreholes has parameters acceptable by the standards.

The study of metals shows no worrying presence of iron (Fe) in the waters.

Overall, the analyzed waters present a good bacteriological quality except for a few points such as (F1BO, F2BO, F4BT, F1L) which has pathogenic germs

Keywords: Drilling water, drinking water, physico-chemical analysis, standards, bacteriological analysis, wilaya of Blida.

ملخص

ركز هذا العمل على دراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية والبكتريولوجية لمياه 17 بئرا تعمل لإنتاج مياه الشرب لبلديات مختلفة في ولاية البليدة.

تم تحليل العينات في المختبر الإقليمي للجزائرية للمياه (ADE) الموجود مقرها في شفة. وتتعلق التحليلات بالخصائص الفيزيائية والكيميائية التالية:

درجة الحرارة، التعكر، درجة الحموضة، الموصلية الكهربائية، البقايا جافة، التيتير هيدروتيتمتري ، التيتير معدني كامل ،
التمعدن : الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والكبريتات والكلوريدات والصوديوم. بالإضافة إلى بعض العناصر غير
المرغوب فيه مثل : الفوسفات ، الأمونيوم ، النتريت والنترات ، وعدد من المعادن الثقيلة (الحديد).

وقد أتاحت نتائج التحليلات المختلفة تحديد التالي

كشفت الجودة الكيميائية لمياه الحفر التي تم أخذ عينات منها عن تمعدن متوسط (الكالسيوم، المغنيسيوم، الكلوريد، الكبريتات،
النترات، الفوسفات، الصوديوم) مع معدلات كل منها (97.18 ملغ / لتر، 23.58 ملغ / لتر، 87.92 ملغ / لتر، 66.55 ملغ /
لتر، 21.482 ملغ / لتر، 0.1825 ملغ / لتر و 29.94 ملغ / لتر).

وتبين مقارنة التحليلات بمعايير قابلية الشرب أن جميع المياه شديدة القسوة. يعتبر الحفر **F1M** (موزاية) النقطة الأكثر
تمعدنا. نتائجه تتجاوز المعايير الجزائرية و الدولية (منظمة الصحة العالمية) للتعكر والقسوة. والعناصر الأخرى مقبولة .
F2BG مقبول مع نتائج تركيز عالي من البقايا الجافة. المياه من الآبار المتبقية لديها معايير مقبولة وفقا للمعايير.

دراسة المعادن لا تظهر وجود مثير للقلق من الحديد (**Fe**) في المياه.

عموما، المياه التي تم تحليلها تقديم نوعية البكتيريا جيدة باستثناء بضع نقاط مثل (**F1BO**) ، **F2BO** ، **F4BT** ، (**F1L**) التي
لديها الجراثيم المسببة للأمراض.

الكلمات المفتاحية : مياه الحفر، مياه الشرب، التحليل الفيزيائي الكيميائي، المعايير، التحليل البكتريولوجي، ولاية البليدة.

L'eau est la ressource la plus précieuse et le composé le plus abondant à la surface de la Terre, couvrant plus de 70% de la planète (**Kettab, 2001**). Après la ruée vers l'or et la fièvre du pétrole, l'homme a connu l'importance de cette richesse, inodore, transparente et sans goût. L'homme vient de se rendre compte que les ressources en eau sont en dégradation et seront insuffisantes pour l'alimentation humaine suite à l'augmentation démographique qui mène à un prélèvement intensif d'eau pour la consommation et aussi l'utilisation de l'H₂O dans différents domaines tels que l'industrie, l'irrigation ... sans oublier la pollution. (**Touahria, 2013**).

L'eau est la seule substance commune trouvée naturellement dans les trois états communs de la matière et elle est essentielle à toutes les vies sur Terre. L'eau représente généralement 70% du corps humain (**Hossain, 2015**).

L'eau est un élément de la vie quotidienne, et elle est si familière, qu'on oublie souvent son rôle, son importance et sa nécessité absolue (**Kettab, 2001**).

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles. Elles sont prélevées pour être destinées à la consommation humaine, l'agriculture ou l'industrie (**Beaudry, 1984**).

Au plan mondial, la question de l'approvisionnement en eau devient chaque jour plus préoccupante. Déjà précaire dans certaines régions du globe, la situation ne pourra qu'empirer dans les années à venir (**Barraqué, 2004**).

À l'échelle de la planète, elle semble ne pas manquer environ 40 000 kilomètres cubes d'eau douce s'écoulent chaque année sur les terres émergées, lesquels, partagés entre les 7 milliards d'individus vivant sur Terre, devraient fournir 6 600 mètres cubes d'eau douce à chacun (**Barraqué, 2004**).

Devant les besoins croissants en eau douce, et l'impossibilité de se contenter des ressources naturelles, l'humanité est conduite à étudier et à développer divers procédés permettant de l'obtenir à partir des eaux de mer, des eaux saumâtres, et des eaux usées dans des conditions admissibles techniquement et économiquement (**Kettab A, 2001**).

La qualité de l'eau est indispensable au développement humain et au bien-être. L'accès à une eau sans risque sanitaire est donc l'un des moyens les plus efficaces de promouvoir la santé et de réduire la pauvreté (**OMS, 2017**).

Le traitement et la bonne conservation de l'eau constituent une intervention de santé publique adaptée pour améliorer la qualité de l'eau et réduire les maladies (**OMS, 2016**).

Les eaux souterraines sont la principale source d'eau douce de l'humanité, elles représentent 30 % de l'eau douce de la planète. Le reste constitue les calottes polaires (69 %) ainsi que les fleuves et les lacs (1 %). La majeure partie des eaux souterraines est stockée à une

grande profondeur dans des aquifères, des roches perméables et des sédiments. Ces eaux sont extraites à l'aide de puits de pompage **(IAEA, 2021)**.

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté et d'un cycle naturellement perturbé et déséquilibré. Qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou de l'eau de surface, les ressources sont limitées et, compte tenu des problèmes démographiques et de l'occupation de l'espace, d'importants efforts sont nécessaires en matière d'urbanisation intégrée et de gestion rigoureuse dans l'exploitation des réserves, si on veut atteindre la satisfaction des besoins. S'y ajoutent des problèmes de faible mobilisation et de mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration et l'envasement des retenues **(Boudjadja et al., 2003)**.

Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux de forages de la région de Blida, il est important de connaître certains paramètres physico-chimiques, qui pourraient être la cause de nombreux problèmes, car la -mauvaise qualité de l'eau de boisson est un problème de santé publique.

I. L'eau dans le monde

I.1. L'eau sur terre

L'eau recouvre plus de 70% de la surface du globe terrestre. Sous ses trois états ; solide, liquide et gazeux, l'eau a un volume d'environ 1,4 milliard de km³.

Cependant, la majeure partie (97%) de cette eau se présente sous forme d'eau salée dans les mers et les océans (Figure1 et Figure2), et elle est difficilement valorisable pour les activités humaines (**Saggai *et al.*, 2016**)

Les trois quarts des 3% restants estimés à 36 millions de km³ d'eau douce , constituent

Les glaciers qui sont très peu accessibles. Le quart restant comprend essentiellement les eaux souterraines (moins de 1% de l'eau totale du globe) et une infime partie forme les eaux de surface contenues dans les lacs d'eau douce et les rivières (soit 0,01% de l'eau du globe) (**Bouziani, 2006**).

C'est cette dernière proportion qui peut être directement exploitée par l'homme, le pourcentage des eaux est montré dans la (Figure1)

La répartition de l'eau

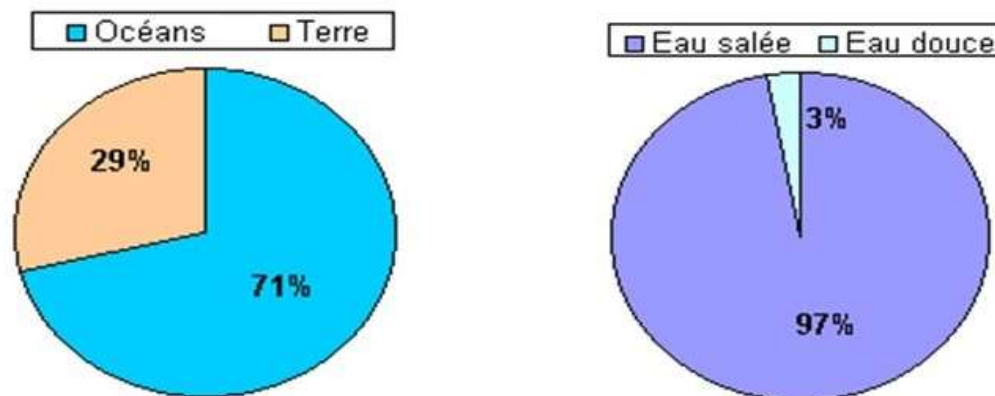


Figure 1: Répartition de l'eau sur la terre (Lewebpedagogique)

I.2. L'eau dans l'atmosphère

Le stock d'eau dans l'atmosphère représente moins de 0,01% de l'eau totale sur Terre. Cette très faible quantité est cependant essentielle dans le cycle de l'eau, depuis l'évaporation de l'eau liquide de surface jusqu'à son retour sous forme de précipitations (**Brogniez, 2016**).

I.3. Le cycle de l'eau

Le mouvement incessant de l'eau sur la planète, tant des océans vers les continents par la voie atmosphérique que son retour plus ou moins direct et rapide aux océans par écoulement fluvial ou souterrain. (Lambert, 1996).

Il est traduit par

I.3.1. L'évaporation : est contrôlée par le bilan radiatif des surfaces évaporantes ainsi que par les gradients des potentiels énergétiques que sont les températures (de l'air, de la surface, du sol) (Ambroise, 1999).

I.3.2. L'évapotranspiration : est l'évaporation au niveau des stomates des feuilles de l'eau de la sève brute prélevée dans le sol par extraction racinaire (Ambroise, 1999).

I.3.3. Condensation l'origine de la formation des nuages et des précipitations libère dans l'atmosphère de la chaleur sensible par transformation de chaleur latente (Ambroise, 1999)

I.3.4. Précipitation : Qu'elles soient liquides (pluie) ou solides (neige), les précipitations atmosphériques constituent le principal apport d'eau en tout point de la surface. (Ambroise, 1999)

I.3.5. Le ruissellement : est la quantité d'eau transportée par les rivières, elle est inférieure à celle transportée par l'atmosphère et océans, mais ce n'est pas négligeable. Le ruissellement dans les océans est important pour l'équilibre de l'eau douce et la salinité des océans (Oki *et al.*, 1999).

I.4. Ressources hydriques naturelles

I.4.1. Les eaux de pluie

Les eaux de pluie peuvent être collectées à partir des toitures des maisons dans des récipients ou dans des impluviums. A l'origine ces eaux sont pures sur le plan microbiologique, mais sur le plan chimique, il leur manque souvent certains éléments indispensables à la santé comme le sodium, magnésium, manganèse, fer, iode (Benhamida, 2015).

I.4.2. Les eaux de surface

Elles sont constituées par toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine soit les eaux de ruissellement, soit les nappes profondes. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisés par une surface de contact eau atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (étangs et lacs) ou artificielles (retenues, barrages) caractérisées

par une surface d'échange eau-atmosphère quasiment immobile, une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour souvent élevé (**Benhamida, 2015**).

I.4.3. Eau de mer : l'eau de mer est une source de brute, caractérisé par sa concentration de sel (salinité) qui varie entre 33000 et 37000 mg / l (**Desjardins, 1997**).

Pour subvenir aux besoins toujours croissants en eau douce, le dessalement de l'eau de mer a été envisagé depuis de nombreuses années et actuellement, il s'est généralisé dans de nombreux pays. En Algérie, il constitue depuis les années 2000, une solution techniquement possible et inévitable notamment pour les besoins domestiques des villes côtières (**Briere, 2000**).

Ces procédés sont nombreux, on peut citer

1 / La distillation qui est basée sur l'évaporation et la condensation de cette vapeur.

2 / La réfrigération qui sépare les cristaux de glace de la saumure.

3/ L'osmose inverse, utilisé en Algérie, est une technique par laquelle on filtre l'eau à travers une fine membrane qui ne laisse pas passer les sels minéraux sous pression.

4/ L'électrodialyse qui sépare les anions des cations pour diminuer la quantité de sel dans l'eau (**Bouziati, 2006**).

Ces deux dernières techniques sont coûteuses à cause de leur technicité et l'énorme quantité d'énergie requise (**Briere, 2000**).

I.4.4. Eaux saumâtres

Elles sont des eaux caractérisées non seulement par une faible salinité, mais aussi par des fluctuations très importantes de la teneur en sel et de la température. Ces variations peuvent être saisonnières et correspondre à des périodes de pluies ou de sécheresse, mais être aussi journalières et provenir de l'orientation des vents et des marées (**Calvez et al., 2002**).

I.4.5. Les eaux souterraines

L'eau souterraine constitue la plus grande réserve en eau douce liquide de la planète, environ 8 à 10 millions de km³, soit entre 98 et 99 % du total. Son volume annuellement renouvelable par l'infiltration des précipitations (**Margat, 2000**).

Les eaux issues des nappes souterraines et superficielles sont des ressources exploitées par l'homme pour divers usages. La composition chimique d'une eau issue du milieu naturel est très variable. Elle dépend de la nature géologique du sol d'où elle provient et des substances réactives qu'elle a rencontrées lors de l'écoulement (**Bakouan et al., 2017**).

La dégradation des ressources en eau souterraine est devenue, durant ces dernières décennies, une préoccupation mondiale (**Margat, 2000**).

Les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour la production d'eau potable, car moins vulnérables aux pollutions que les eaux de surface.

La qualité naturelle de ces eaux souterraines peut être altérée par des activités anthropiques ou des phénomènes naturels. Ainsi, la composition quantitative et qualitative de l'eau souterraine en matières en suspension et dissoutes, de nature minérale ou organique détermine sa qualité physico-chimique et biologique (**Yao et al., 2012**).

Certaines caractéristiques minimales sont exigées pour qu'elles puissent être exploitées comme eau potable qui doit, elle-même satisfaire à des normes de qualité physico-chimique et biologique (**Bouziani, 2006**).

L'étude des caractéristiques de ces eaux souterraines est souvent destinée à préciser les variations potentielles de leur qualité et à comprendre leur origine (**Guergazi et al., 2005**).

I.4.5.1. Caractéristiques des eaux souterraines

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont présentées ci-dessous

- Turbidité faible. Les eaux bénéficient d'une filtration naturelle dans le sol.
- Contamination bactérienne faible. Le très long séjour dans le sol, la filtration naturelle et l'absence de matières organiques ne favorisent pas la croissance des bactéries.
- Température constante. Les eaux souterraines sont à l'abri du rayonnement solaire et de l'atmosphère.
- Indice de couleur faible. Les eaux souterraines ne sont pas en contact avec les substances végétales, sources de couleur.
- Débit constant. Contrairement à celles des eaux de rivière, la qualité et la quantité des eaux souterraines demeurent constantes durant toute l'année.
- Dureté souvent élevée. Les eaux peuvent être en contact avec des formations rocheuses contenant des métaux bivalents (Mg, Ca⁺) responsables de la dureté
- Concentration élevée de fer et de manganèse. Ces métaux, souvent présents dans le sol, sont facilement dissous lorsque l'eau ne contient pas d'oxygène dissous. (**Desjardins, 1997**).

Composition chimique plus stable et plus riche en sels minéraux. Les eaux souterraines ont longtemps été synonymes d'eaux propres et répondent naturellement aux normes de la potabilité, elles sont considérées comme des eaux pures protégées par le sol contre les activités humaines, et souvent d'une grande pureté bactériologique, mais actuellement elles sont devenues de plus en plus susceptibles de pollution par infiltration (**Briere, 2002**).

Très difficile de récupérer sa pureté originelle parce que les polluants présents dans l'eau sont également fixés et adsorbés par les roches et les minéraux du sous-sol. (Touahria, 2013).

Tableau I: principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (Touahria, 2013)

Caractéristique	Eau de surface	Eau souterraine
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues,..) sauf dans les eaux très douces	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques...)
Minéralisation globale	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante en général nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn dissous	Généralement absents	Généralement absents
CO ₂	Généralement absent	Souvent présent de grande quantité
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur généralement modérée	Souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays développés	Généralement absents

I.4.5.2. Types de nappes

Selon Adam et al., 2003, les nappes sont de trois sortes

a) **Nappe libre**

Elle se situe sous la surface du sol. Les profondeurs sont le plus souvent inférieures à 30 mètres. Cette surface peut s'élever ou s'abaisser librement dans la formation hydrogéologique perméable, d'où la dénomination d'aquifère.

b) **Nappe captive**

Les eaux souterraines sont emprisonnées dans la formation hydrogéologique perméable entre deux formations imperméables fixes. La profondeur est supérieure à 30 mètres.

c) **Nappe semi-captive**

Sont souvent constitués par une formation hydrogéologique semi-perméable. Dans certaines conditions hydrodynamiques favorables, il y a des différences de charge qui favorisent des échanges d'eau.

I.4.5.3. Aquifère

Un aquifère est une formation hydrogéologique, caractérisée par une certaine unité litho-stratigraphique (pierre, roche), un réservoir d'eau souterraine, suffisamment poreux et suffisamment perméable pour être considéré comme une réserve exploitable par l'homme (**Ababou, 2004**).

I.4.5.3.1. Typologies des aquifères

a) Aquifères alluviaux

Ils sont constitués de matériaux de nature variée et de granulométrie hétérogène (milieu poral) transportés et déposés par l'eau courante, comme les galets, les graviers, ou les sables. Ils peuvent être liés à des dépôts glaciaires ou fluvioglaciaires (**Vernoux, 2013**).

b) Aquifères sédimentaires

Ces aquifères résultent d'une dynamique sédimentaire liée notamment à des variations de niveau de la mer. Ces aquifères sont souvent multiples ou superposés (aquifères multi-couches), séparés par des niveaux d'argiles imperméables. (**Roux, 2006**).

c) Aquifères karstiques

Ils sont caractéristiques du karst, paysage particulier créé par l'eau et dans lequel l'eau circule de façon spécifique ou complexe (**Bakalowicz, 2006**).

d) Aquifères de socles

Ils sont liés à l'altération de roches cristallines plutoniques (granites) ou métamorphiques (schistes). La productivité de ces aquifères est toujours modeste, elle peut être élevée dans les zones de fracturation importante (**Lachassagne et al., 2006**).

I.4.5.4. Modes de captage des eaux souterraines

On peut exploiter les eaux souterraines soit de manière ponctuelle, à leur émergence naturelle, grâce au captage de sources, soit par des puits et des forages répartis sur la surface du territoire où l'aquifère choisi (**Touahria, 2013**).

a) Le puits

C'est un ouvrage creusé à la main, à l'aide de pics, par des puisatiers, notamment dans les roches considérées (craie, grès...), en général de profondeur moyenne ou faible (inférieur à 100m), d'un diamètre supérieur à 1,2m aux parois revêtues au moins partiellement de béton ou de maçonnerie. Les puits ne permettent d'exploiter que la nappe phréatique (**Touahria, 2013**).

b) Le forage

À grande profondeur, ces ouvrages s'appellent "forage". Le forage est l'ouvrage moderne le plus répandu pour l'exploitation des eaux souterraines, mais ce terme correspond à l'ensemble des opérations permettant le creusement de trous généralement verticaux.

Le forage peut être peu profond, comme il peut dépasser les 1000 mètres. Son diamètre est généralement plus faible que celui du puits et sa paroi est protégée par un tube de métal ou en matière plastique, et une cimentation entre terrain et tubage dans les premiers mètres. Ces grandes profondeurs nous permettent de minimiser le maximum des risques de pollution et de trouver des débits suffisants (**Touahria, 2013**).

I.5. Les ressources hydriques en Algérie

En Algérie, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante du fait de sa rareté et du développement économique et social désordonné. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion au sens large pertes, gaspillages, traitements aléatoires, dégradations et manque de protection de la ressource, qui s'ajoutent aux conditions naturelles défavorables (**Boudjadja et al., 2003**).

Le pays est divisé en 5 bassins hydrographiques (Figure2) regroupant 19 bassins versants. Les ressources ne sont pas réparties équitablement, que ce soit au niveau de leur répartition géographique, de leur quantité ou de leur nature (eaux superficielles ou souterraines), elles dépendent du climat (**Touahria, 2013**).

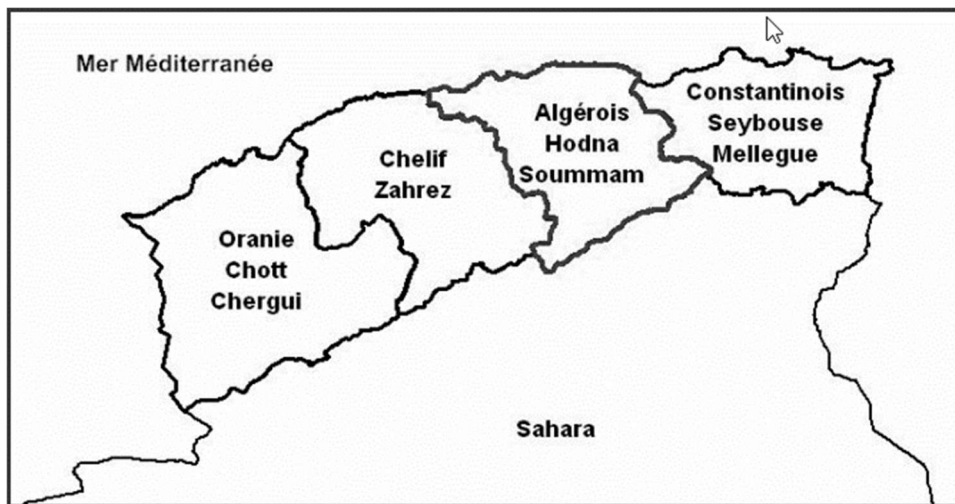


Figure 2: Les bassins hydrographiques en Algérie (Ministère des Ressources en Eau)

I.5.1. Les ressources au nord du pays

Les eaux de surfaces sont concentrées principalement dans le nord du pays, avec 3,7 milliards de m³ dans le Constantinois-Seybouse-Mellegue, et 3,4 milliards de m³ dans l'Algérois-Hodna - Soummam. (Laid *et al.*, 2017).

Les nappes phréatiques sont alimentées par les précipitations grâce à la perméabilité du sol. Dans le nord du pays, les eaux souterraines sont estimées à 1,9 milliard de m³, les réservoirs sont renouvelables. Ils sont estimés à 126 nappes principales. Ces ressources qui sont relativement faciles à mobiliser, sont aujourd'hui exploitées à plus de 90%, beaucoup de nappes connaissent même une surexploitation critique tels qu'au Mitidja et autres périmètres urbains industriels et touristiques (Laid *et al.*, 2017).

I.5.2. Les ressources au Sud du pays

Les eaux souterraines sont concentrées principalement dans le Sahara, avec 5 Milliards de m³

Occupant une superficie de plus d'un million de km², le Système aquifère du Sahara Septentrional, partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est formé de dépôts continentaux renfermant deux grandes nappes souterraines le Continental intercalaire et le Complexe Terminal. La configuration structurale et le climat de la région font que les réserves de ces deux nappes se renouvellent très peu. Ce Système recouvre une étendue de plus d'un Million de km² dont 700.000 km² se trouvent en Algérie, 80.000 en Tunisie, et 250.000 en Libye comme indique la Figure 3 (OSS, 2003).

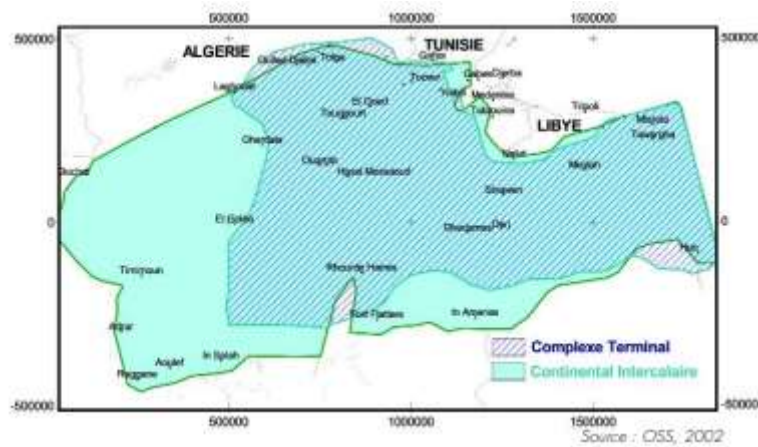


Figure 3: Les deux grandes nappes du sud Algérien (OSS , 2002)

Le Bassin Hydrographique est subdivisé en quatre (4) unités Unité Sahara Septentrional ; Chott Melhrir ; Unité de la Saoura –Tindouf ; Unité du Hoggar et du Tassili. (voir figure4)

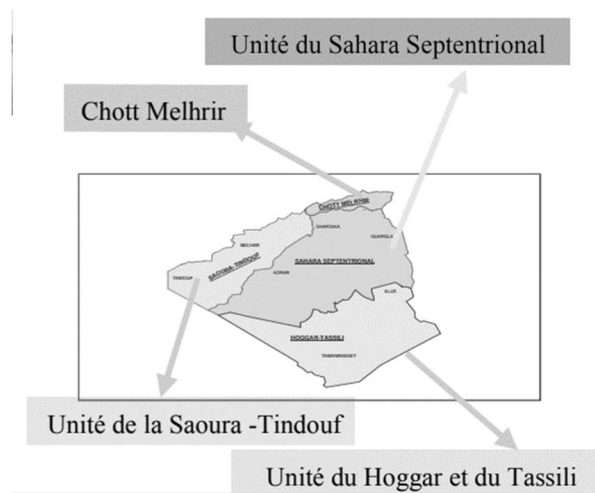


Figure 4: les 4 unités du bassin hydrographique (ABSH)

Les quantités des eaux ne sont pas de la même volumes entre le nord et le sud ,Le tableau II indique la répartition des eaux superficiels et souterraine en Algérie.

Tableau III: Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie (Bouchedja, 2012).

Régions hydrographiques	Eaux superficielles	Eaux Souterraines	Total de la ressource
Oranie, Chott Chergui	1 milliard de m3	0.6 milliard de m3	1.6 milliard de m3
Cheliff, Zahrez	1.5 milliard de m3	0.33 milliard de m3	1 .83 milliard de m3
Algérois, Hodna, Soummam	3.4 milliard de m3	0.74 milliard de m3	4.14 milliard de m3
Constantinois,Seybouse, Mellegue	3.7 milliard de m3	0.43 milliard de m3	4 .43 milliards de m3
Sahara	0.2 milliard de m3	5 milliards de m3	Nappe albienne

I.6. Qualité des eaux

Ensemble de concentrations, de spéciations et de partitions physiques de substances inorganiques ou organiques, composition et l'état du biote aquatique dans le plan d'eau et aussi la description des variations temporelles et spatiales dues à des facteurs internes et externes au plan d'eau. (Chapman, 1996).

I.6.1. Pollution du milieu aquatique

Introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie qui entraînent des effets délétères et qui causent des dangers pour la santé humaine, dégradation de la qualité de l'eau. (Chapman, 1996).

I.6.1.1. Principaux types de pollution

I.6.1.1.1. Pollution temporaire et pollution chronique

a) La pollution temporaire : est une émission exceptionnelle de matière polluante à la suite d'une mauvaise manœuvre en usine, ou d'un accident de la circulation. Celle-ci peut être transférée à la nappe et la polluer. La durée de pollution dépend du pouvoir d'autoépuration et de la vitesse de percolation. (Beauchamp, 2006).

b) Les pollutions chroniques : sont plus insidieuses et dommageable; moins spectaculaires, elles peuvent passer inaperçues (pollution agricole par les nitrates; contaminations par hydrocarbures à partir de sols pollués). (Beauchamp, 2006).

I.6.1.1.2. Pollution ponctuelle et pollution diffuse

a) La pollution ponctuelle : étant répandue sur une faible surface, n'affectera qu'un secteur limité de la nappe, mais qui pourra s'étendre par diffusion. Seuls les captages à proximité de la zone polluée et ceux situés en aval seront affectés. Selon la densité et la solubilité du polluant, la zone polluée sera circonscrite ou diffuse, à la surface ou à l'intérieur de la nappe. (Beauchamp, 2006).

b) La pollution diffuse : l'épandage de produits polluants sur une grande surface en revanche affecte l'ensemble de la nappe; elles sont de plus souvent chroniques et déclassent la nappe pour la production d'eau potable, à moins de traitements adaptés (cas ces pollutions agricoles par pesticides) (Beauchamp, 2006).

I.6.1.1.3. La pollution linéaire

Elle accompagne le trajet des routes et autoroutes, des canaux, des cours d'eau, des voies ferrées (**Beauchamp, 2006**).

I.6.1.1.4. La pollution historique : de nombreuses zones polluées l'ont été à une époque où les préoccupations environnementales étaient inconnues ou sommaires pollution par les terrils de mines, les décharges non contrôlées (**Beauchamp, 2006**).

I.6.2. Principaux types de polluants

Le nombre des polluants est considérable. La Société américaine de chimie a dénombré 4 millions, dont 70 000 suspects d'action cancérigène, en 1977. Il est donc impossible de les énumérer tous, d'autant plus que leur nombre croît sans cesse. Les polluants peuvent être classés, selon leur nature, en quatre grandes catégories physiques, chimiques, organiques et bactériologiques (**Castany, 1982**).

I.6.3. Principaux paramètres de pollution

La qualité d'une eau souterraine est caractérisée par un certain nombre de paramètres physiques et chimiques, déterminant à leur tour des caractères organoleptiques seuls immédiatement perceptibles pour l'utilisateur (**Beauchamp, 2006**).

Les paramètres pris en compte sont :

- La dureté de l'eau correspondant à sa minéralisation en calcium et magnésium
- Le pH qui dépend de la teneur en ions;
- La teneur en gaz dissous issus de l'atmosphère (O₂ et CO₂);
- La teneur en substances minérales dissoutes généralement sous forme ionique anions (bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates, fluorures) et cations (calcium, magnésium, sodium, potassium, fer, manganèse, ammonium);
- La turbidité, produite par des matières en suspension (argiles) dans les aquifères karstiques. (**Beauchamp, 2006**).

A ces paramètres physico-chimiques s'ajoutent des paramètres microbiologiques. (**Beauchamp, 2006**).

Une teneur trop élevée d'un ou plusieurs composants chimiques cause des désagréments au consommateur (saveur, risques sanitaires) et aux canalisations (corrosion, entartrage...) **(Beauchamp, 2006)**.

L'eau est alors jugée impropre à la consommation (et à sa distribution) à moins de subir au préalable un traitement approprié (cas des eaux chargées en nitrates). D'autre part, une teneur élevée d'un élément chimique peut être l'indice d'une pollution par d'autres substances toxiques les résidus de pesticides accompagnent généralement la migration des nitrates d'origine agricole à la nappe **(Beauchamp, 2006)**.

Dans le cas d'une détérioration jugée importante, l'eau ne sera plus considérée comme potable (pour la consommation humaine). Elle pourra être utilisée à d'autres fins (l'industrie, l'irrigation ou abreuver le bétail) ou devra subir un traitement approprié pour retrouver sa potabilité. **(Beauchamp, 2006)**.

I.6.3.1. Paramètres organoleptiques

➤ Couleur

La variation de la couleur de l'eau peut être attribuées à la variation de la quantité de substances humiques dissoutes et colloïdales. La couleur élevée de l'eau dans les sources augmente le coût du traitement de l'eau **(Dupont, 1978)**.

➤ Odeur

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

Elles constituent les qualités organoleptiques de l'eau. Les principaux corps pouvant donner à l'eau une saveur désagréable sont le fer et le manganèse, le chlore actif. Le phénol et les chlorophénols. La saveur se développe avec l'augmentation de température. Les odeurs sont dues, notamment au plancton, aux algues mortes pour les eaux de rivière, à H₂S pour les eaux souterraines. **(Dupont, 1978)**.

➤ Goût ou saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche et

aussi la saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation, par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs **(Rodier et al., 2009)**.

I.6.3.2. Paramètres physiques

➤ Température

La température de l'eau est un facteur important dans l'environnement aquatique du fait qu'elle régit la presque totalité des réactions physiques, chimiques et biologiques. La température optimale d'une eau d'alimentation se situe entre 9 et 12 °C. **(Dupont, 1978)**. Les eaux souterraines, qui circulent à des profondeurs moyennes, présentent des températures sensiblement constantes, oscillant autour de 10 à 12 °C **(Nouayti et al., 2014)**.

➤ pH

Le pH d'une eau. Les eaux peuvent être, soit acidulées, soit neutres, soit alcalines. Ces caractères sont représentés par le pH de l'eau. **(Dupont, 1978)**

Le pH est relié à l'activité en protons par

$$\text{pH} = -\log_{10} a_{\text{H}^+}. \text{ (Rodier et al, 2009)}$$

Le pH de l'eau conditionne les équilibres physico-chimiques, en particulier l'équilibre calco-carbonique et donc l'action de l'eau sur les carbonates (attaque ou dépôt). **(BEAUCHAMP, 2006)**

➤ Turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales argiles, limons, grains de silice, matières organiques etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. **(Rodier et al, 2009)**

➤ Conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. **(Rodier et al, 2009)**

I.6.3.3. Paramètres chimiques

➤ Matière organique

La matière organique dissoute est constituée d'un mélange hétérogène de macromolécules organiques dont les composants principaux sont les substances humiques. Elle joue un rôle prépondérant dans le cycle du carbone et intervient dans de nombreuses réactions physiques, chimiques ou biologiques ainsi que dans le transport et la transformation des contaminants (**Martina *et al.*, 2010**).

➤ Dureté

La dureté d'une eau est principalement due à la présence de sels de calcium et de magnésium et elle se manifeste, pratiquement, par une difficulté dans la cuisson des légumes et dans la production de mousse avec le savon. (**Dupont, 1978**).

➤ Minéralisation

La minéralisation d'une eau, c'est-à-dire sa concentration en sels solubles, s'accroît généralement avec la profondeur à laquelle elle circule, à condition que les terrains encaissants soient en mesure de lui céder les éléments minéraux nécessaires. (**Nouayti *et al.*, 2014**).

➤ Sulfates

Les sulfates sont présents à l'état naturel dans l'eau. Ils sont liés aux cations majeurs calcium, magnésium et sodium. Le sulfate de calcium est la forme la plus retrouvée dans les eaux souterraines et les concentrations les plus élevées sont généralement d'origine naturelle. Les sulfates contenus dans l'eau souterraine sont fournis par la dissolution du gypse (**Al-qawati *et al.*, 2015**).

➤ Fer

Le fer est un élément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer ou corrodent les canalisations. L'eau est ferrugineuse notamment dans les nappes captives de la craie et des sables de l'Albien. Un traitement spécifique est alors nécessaire (précipitation en milieu oxydant). (**Beauchamp, 2006**).

➤ **Potassium**

Le potassium est généralement l'élément majeur le moins abondant dans les eaux après le sodium, le calcium et le magnésium ; il ne prend qu'exceptionnellement le troisième rang des cations. (Nouayti *et al*, 2014). Les teneurs en potassium des eaux peuvent provenir d'altération météorique et d'érosion des minéraux contenant du potassium comme le feldspath, lessivage des sols contenant des engrais (Al-qawati *et al.*, 2015).

➤ **Nitrates**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique, leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'autoépuration est déjà entamé. L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement en cet élément sur les sols subissant l'érosion, ce qui provoque l'infiltration des eaux usées, par les rejets des industries minérales et d'engrais azoté. (Nouayti *et al*, 2014)

➤ **Magnésium**

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées. Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates (Nouayti *et al*, 2014).

➤ **Chlorures**

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. (Nouayti *et al*, 2014).

➤ **Calcium**

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Nouayti *et al*, 2014).

➤ **Ammonium**

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de

l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole (**Derwich et al., 2010**).

I.6.3.4. Paramètres bactériologiques

➤ **Coliformes totaux**

Le terme coliforme est utilisé depuis longtemps par les bactériologistes pour désigner un groupe de bactéries qui peuvent être employées comme indicateurs de contamination fécale. Ce groupe d'indicateur a cependant été employé en remplacement d'E. coli, de là Le nom coliforme, pour évaluer la présence de contamination fécale. (**Benmerine, 2016**).

➤ **Coliformes fécaux**

Les bactéries formant ce sous-groupe des coliformes totaux se distinguent de ces dernières Par leur capacité à fermenter le lactose et à produire du gaz et de l'acide à des températures de $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$ en 24 ± 2 heures. On croyait d'abord que les bactéries ayant la capacité de croître à des températures élevées étaient nécessairement d'origine fécale, on les appelait donc les coliformes fécaux. (**Benmerine, 2016**).

➤ **Streptocoques fécaux**

Ce sont des bactéries Gram positif. Les streptocoques du groupe sérologique D de Lancefield, rattachent aux Coliformes fécaux, ils sont de bons indicateurs de pollution. Par contre, ils sont peu utilisés comme indicateurs d'efficacité de traitement, car ils sont simplement plus résistants aux désinfectants que les coliformes et les autres entérobactéries pathogènes du genre *Salmonelles* ou *Shigella* (**Benmerine, 2016**).

L'étude est basée sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau souterraine dans la wilaya de Blida, les analyses de 17 points de forage ont été réalisés au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau de la société algérienne des eaux Chiffa durant la période allant de 24/04/2021 au 24/06/2021.

Il est important de connaître certains paramètres physico-chimiques, qui pourraient être la cause de nombreux problèmes, car la mauvaise qualité de l'eau de boisson est un problème de santé publique.

II.1. Présentation et caractéristiques de la zone d'étude

L'étude a été réalisée dans les sites de forage de la wilaya de Blida, qui sont d'une même nappe phréatique qui est la nappe de Mitidja.

✓ La wilaya de Blida

Avec une superficie de 1 696 km² la wilaya de Blida est située dans la zone géographique el tell central au nord du pays. Elle est limitée au nord par la wilaya de Tipaza et la wilaya d'Alger, à l'ouest par la wilaya de Ain Defla, au sud par la wilaya de Médéa et à l'Est par les wilayas de Boumerdes et de Bouira (Figure 5) (Anonyme, 2009).



Figure 5: situation géographique de la wilaya de Blida

✓ Situation géographique des points de forages

Le prélèvement a été fait par le staff de l'ADE, l'emplacement des dix-sept points de forages est représenté sur la figure 6

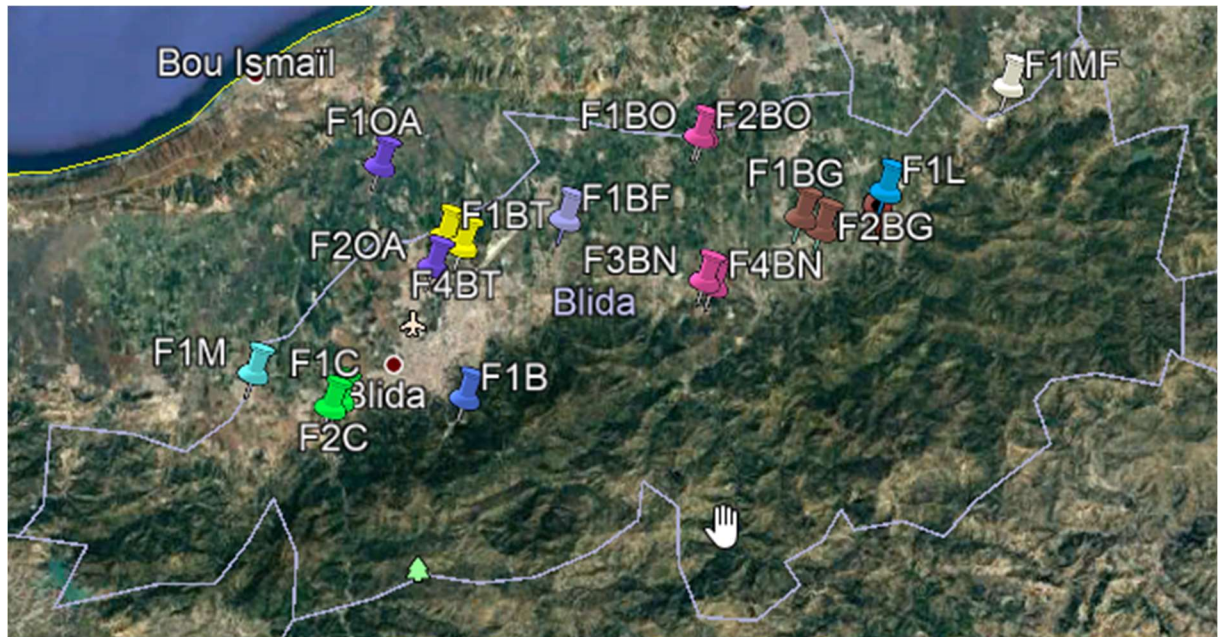


Figure 6: la situation géographique de différents points de forage

✓ **Climat**

Suite à sa situation, la ville du Blida est caractérisée par un climat tempéré humide de type méditerranéen, influencée par les effets des montagnes entourant la ville et la mer méditerranéenne qui n'est loin de cette dernière que par 25km. Elle appartient à la zone climatique de type B (zonage d'hiver) et de type B (zonage d'été) avec un hiver froid et pluvieux et un été chaud et humide (voir figure 7) (Ferradji, 2017).

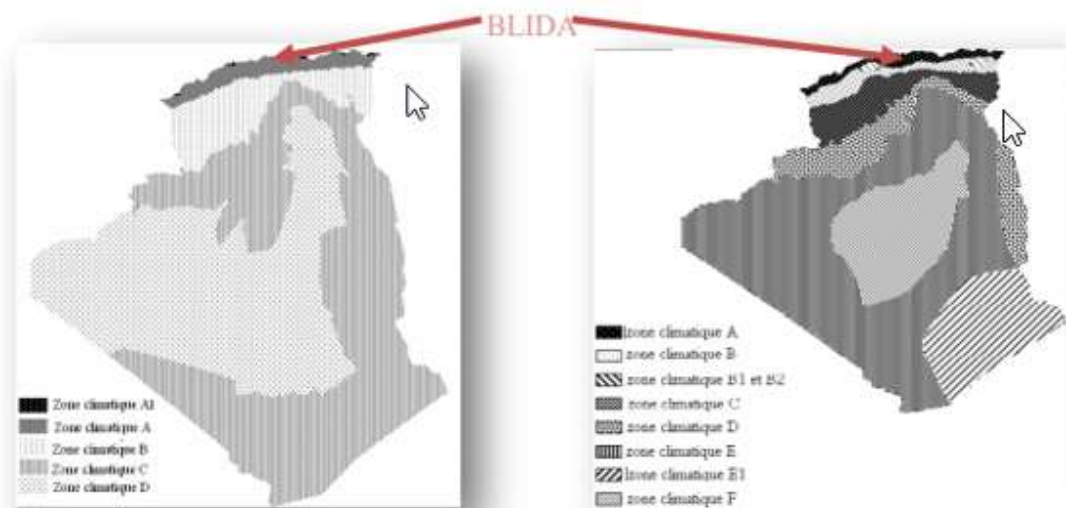


Figure 7: Zonage d'été et d'hiver (Ferradji, 2017)

✓ **Hydrogéologie**

La principale source des eaux souterraines des forages de la wilaya de Blida est composée de deux aquifères (Figure 8).

- L'aquifère quaternaire des alluvions grossières
- L'aquifère astien grès-calcaire

Les deux aquifères sont séparés par un complexe argilo-marneux (formation d'El-Harrach) (Benziada, 2003).

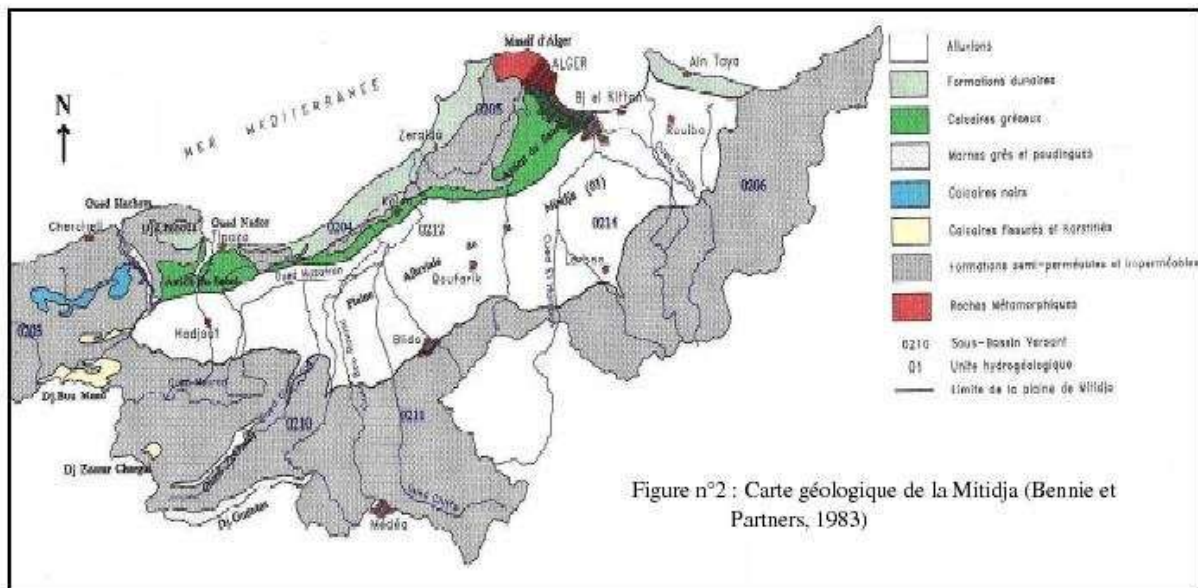


Figure n°2 : Carte géologique de la Mitidja (Bennie et Partners, 1983)

Figure 8 : Carte géologique de la Mitidja (Bennie et Partners, 1983)

L'aquifère quaternaire développe dans le centre du bassin est constitué d'alluvions grossières l'épaisseur varie de 100 m à 200 m au centre du bassin pou décroître vers le sud

L'astien se limite à une gouttière synclinale au nord du bassin ou l'épaisseur peut attendre 150m avec une diminution vers le sud a un facies en plus argileux. Entre les deux aquifères, il existe une formation semi-perméable dont l'épaisseur est de 100m au centre du bassin (Benziada, 2003).

✓ Points des prélèvements

L'échantillonnage a été effectué au niveau de dix-sept forages par les préleveurs du laboratoire dans de plusieurs communes à différentes dates (voir Tableau III).

Les résultats obtenus ont été prises de la base de données du laboratoire.

Tableau IV: Les différents points de forages

Forage	Code	Commune	Date
F Beni tamou	F1BT	Beni tamou	09,03,2021
F Aadl beni tamou	F4BT	Beni tamou	18,04,2021
F Nestlé water fl	F1B	Blida	21,04,2021
F06 Sidi el madani	F1C	Chiffa	28,04,2021
F Bezar	F2C	Chiffa	07,03,2021
F1 Talaoulma	F1M	Mouzaia	07,04,2021
F Bencharif	F1BO	Bouinan	02,05,2021
F Bounaas	F2BO	Bouinan	04,04,2021
F1 Hassainia	F3BN	Bouinan	06,06,2021
F2 Hassainia	F4BN	Bouinan	06,06,2021
F Cite communal	F1OA	Oued alleug	18,04,2021
F 1er novembre	F2OA	Oued alleug	07,04,2021
F Ghabet ezzaouech	F1BG	Bougara	03,05,2021
F Eldjenoud	F2BG	Bougara	03,5,2021
F Mhada	F1MF	Meftah	03,05,2021
F Ghraba nv	F1BF	Boufarik	11,04,2021
F Zaouia	F1L	Larbaa	08,06,2021

II.2. Analyse physico-chimique

➤ Prélèvement

Matériel

- Des bouteilles d'eau minérale à 1.5 L
- Glacières

Mode de prélèvement

Le prélèvement des échantillons a été réalisé directement à leurs robinets respectifs. En utilisant des bouteilles d'eau d'un litre et demi lavé et rincé avec l'eau à prélevé avant le remplissage (voir photo 3, annexe 5), ces bouteilles sont conservées dans une glacière à une température basse et hors de portée du soleil et ils sont transporté au laboratoire.

- Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler à un débit moyen pendant 1 – 2 minutes
- Rincer la bouteille 3 fois avec l'eau à analyser puis les remplir jusqu'au bord
- Fermer la bouteille avec le bouchon.
- Numéroter la bouteille pour les identifier
- Transporter la bouteille au laboratoire dans une glacière.

➤ Analyses

Les analyses sont effectuées selon les protocoles établis par le laboratoire ADE de Chiffa

II.2.1. Paramètres physiques

➤ Détermination du pH

La détermination électrométrique du pH s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre une électrode en verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution.

Réactifs

- Eau distillée ;
- Solution de KCl à 3 mol/l.

Matériel

- pH-mètre;
- Électrode ;
- Bécher de 50 ml.

Mode opératoire

La mesure est faite à l'aide du pH-mètre (voir photo 4, annexe 5)., par trempage de l'électrode dans l'échantillon.

Expression des résultats

La mesure du pH se fait selon l'instruction de travail du pH-mètre concerné, les mesures sont exprimées en unités de pH, à la température de 25°C.

➤ **Détermination de la température**

La mesure de température a été faite à l'aide de l'analyseur portable parallèle Hach SL1000, son récepteur est trempé dans l'échantillon et la valeur est prise après la stabilisation du thermomètre. Les résultats sont exprimés en °C

➤ **Détermination de la conductivité**

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

Matériel

- Hach SL1000
- Électrode de conductivité.
- Becher.

Mode opératoire

Les mesures de conductivité se font à l'aide l'analyseur portable parallèle Hach SL1000 (voir photo 5, annexe 5), en insérant l'électrode dans le bécher contenant la solution où l'eau a analysé.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la température de 25°C .

➤ Détermination de la turbidité

La turbidité d'une eau est causée par des matières non dissoutes (limon, argile, algue, grain de silice). Celles-ci atténuent la radiation incidente et les particules insolubles diffusent la radiation de façon inégale.

La mesure se fait à l'aide du turbidimètre optique (HACH TL2300) (voir photo 7, annexe 5).

Mode opératoire

- Remplir la cuvette de mesure
- Insérer la cuvette dans le puit de mesure
- Fermer le capot
- Appuyer sur entrer
- Prendre la valeur la plus haute puis enlever la cuvette

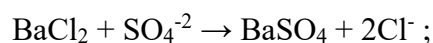
Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en NTU (Nephelometric Turbidity Units) si cette unité est sélectionnée.

II.2.2. Paramètres chimiques

➤ Détermination des sulfates

Ce protocole est pour but de déterminer le sulfate spectrophotomètre d'absorption moléculaire. Les ions sulfates sont précipités et dosés à l'état de sulfate de baryum suivant la réaction



Réactifs

- Solution stabilisante
- Solution de chlorure de baryum (BaCl_2) à 0.01N
- Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de sulfate de sodium (Na_2SO_4)

Matériel

- Matériel courant de laboratoire (fioles, pipettes, béchers ...)
- Spectrophotomètre UV/Visible
- Agitateur magnétique

Mode opératoire

- Prendre 20 ml de l'eau a analysé et on ajoute l'eau distillé jusqu' à 100 ml
- Ajouter de 05 ml de la Solution stabilisante
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Ajout de 2 ml de la Solution BaCl₂
- Agiter énergiquement pendant 1 mn. (2eme fois)
- Faire la lecture et enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre (HACH DL6000) à la longueur d'onde 420 nm.

Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en SO₄⁻² mg/L.

➤ **Détermination de l'alcalinité**

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, au niveau de pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. la première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0.01 N
- Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37 %.

Mode opératoire

- Amener 100 ml d'eau à analyser au pH 4.3 ; soit V₂ le volume total d'acide employé.
- Si ph > 8.3 verser lentement l'acide chlorhydrique pour obtenir cette valeur, noter le volume V₁ lu au dosimat..

Expression des résultats

Le titre alcalimétrique simple (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC), exprimé en mg/l par litre sont donnés respectivement par les expressions

- $TA = (V_1 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des carbonates} / V$
- $TAC = (V_2 \times N \times 1000) \times \text{masse molaire des bicarbonates} / V$

- Masse molaire des bicarbonates = 61mg
- Masse molaire des carbonates = 60mg
- Si l'eau contient des bicarbonates seulement donc $TA = 0$.
- $TAC = (HCO_3^-) \text{ mg/l} = V_1 * 61$.
- Si l'eau contient des carbonates et des bicarbonates donc
- $TA = (CO_3^{2-}) \text{ mg/l} / 2$.
- $TAC = (HCO_3^-) \text{ mg/l} + 2TA$.
- Où ;
- V est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100) ml.
- V1 est le volume de la solution d'acide chlorhydrique (HCl) à 0,01 N versé de la burette.
- V2 est le volume d'acide chlorhydrique en millilitres.
- N est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique = 0.01N.

➤ **Détermination des résidus secs**

Évaporation au bain d'eau bouillante d'un volume d'eau choisie en fonction des quantités de matières fixes présentes, dessiccation à l'étuve à température donnée et pesée du résidu.

Matériel

- Capsule en porcelaine
- Balance
- Étuve réglable

Mode opératoire

- Nettoyez la capsule à l'acide chlorhydrique (HCl), puis à l'eau distillée. La sécher par passage à l'étuve.
- Laisser refroidir presque jusqu'à la température ambiante puis placer dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser. Soit M0 la masse de la capsule vide.
- Faire évaporer progressivement au bain d'eau bouillante la prise d'échantillon introduite dans la capsule
- Une fois l'eau évaporée, placer la capsule dans l'étuve, réglée à 100-105°C et l'y laisser pendant 1 heure.

- Placer la capsule ensuite dans un dessiccateur pendant ¼ d'heure environ et peser.
- Recommencer le cycle chauffage à 100-105°C- refroidissement- pesés jusqu'à ce que deux pesées consécutives ne diffèrent pas de plus de 0.5 mg. Soit **M1** la masse trouvée.

Expression des résultats

Le résidu sec à 100-105°C exprimé en milligrammes par litre est donné par l'expression

$$(M1-M0)*1000/V$$

- **V** : Le volume, en millilitres, de la prise d'essai.
- **M0** : La masse, en milligramme de la capsule vide.
- **M1** : La masse, en milligrammes, de la capsule et de son contenu après étuvage à 100-105°C.

➤ Dosage des nitrates

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs

- Solution de Salicylate de Sodium à 0.5%
- Solution d'hydroxyde de Sodium à 30%.
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium
- Acide sulfurique (H₂SO₄) concentré.

Matériel

- Balance analytique de laboratoire précision 0.1 µg ;
- Capsules de 100 ml ;
- Pipettes ;
- Poires à pipeter ;
- Étuve pour séchage ;
- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire

- Introduire 10ml d'eau à analyser
- Ajouter 3 gouttes de la solution d'hydroxyde de Sodium à 30% ;
- Ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium à 0.5 % ;

- Évaporer à sec au bain-marie ou à l'étuve 75 - 88°C ;
- Prendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré ;
- Laisser reposer 10 minutes ;
- Ajouter 15 ml d'eau distillée ;
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium ;
- Faire la lecture au spectromètre UV-Visible à la longueur d'onde de 415 nm.

Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre UV-Visible en mg/l des nitrates.

➤ Dosage du calcium

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium.

Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

Réactifs

- Hydroxyde de sodium, solution 2 N
- Calcium, solution de référence à 100 mg/l
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l
- Murexide (indicateur)

Matériel

- Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA
- Matériel courant de laboratoire

Mode opératoire

- Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide).
- Bien mélanger le tout.
- Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement.
- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

Expression des résultats

La teneur en calcium, exprimée en mg/l

➤ Dosage de la somme du calcium et magnésium

Titration par complexométrie des ions calcium et magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène-diamine tétraacétique (EDTA) à un pH de 10. L'indicateur utilisé est le noir ériochrome T, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Lors du titrage avec l'EDTA la solution vire au bleu.

Réactifs

- EDTA, solution titrée à 0,01 mol/l
- Solution tampon pH 10
- Mordant noir 11, indicateur

Matériel

- Burette de 25 à 50 ml utilisée pour l'EDTA.
- Matériel courant de laboratoire.
- pH-mètre

Mode opératoire

- Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon
- Ajouter 4 ml de la solution tampon et une pincée d'indicateur NET
- Bien mélanger, la solution doit se colorer en rose.
- Titrer immédiatement avec la solution d'EDTA, en versant lentement jusqu'au virage au bleu.
- La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

Expression des résultats

Le facteur de correction F_c est égal à

$$F_c = \frac{\text{volume théorique (12.5ml)}}{v_0}$$

La concentration totale en ions calcium et magnésium ($\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$), exprimée en °F, ou mg/l ($1^\circ\text{F} = 4\text{mg/l}$)²⁴⁰⁸, elle est donnée par la formule

$$TH = V_2 \times 2 \times F \times Fc$$

TH : dureté exprimée en °F ;

V₂ : est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé ;

Fc : facteur de correction ;

F : facteur de dilution ;

➤ Dosage des chlorures

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage.

Réactifs

a) Solution de nitrate d'argent (AgNO₃) à 0,02 mol/l

b) Solution d'indicateur de chromate de potassium (K₂CrO₄) à 100 g/l

Matériel

- Burette ;
- Capsules en porcelaine de 100 ml ;
- Pipettes ;
- Fioles ;
- Bécher

Mode opératoire

- Introduire 100 ml de l'échantillon dans un bûcher, placé sur un fond blanc.
- Ajouter 1 ml d'indicateur de chromate de potassium
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'Argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur rougeâtre.

Expression des résultats

La concentration en chlorure *Pcl* exprimée en milligrammes par litre, est donnée par formule

$$Pcl = \frac{(Vs - Vb)}{Va} * Cf$$

- **PCI** : est la concentration en milligramme par litre de chlorure.

- **V_a** : est le volume, en millilitres de l'échantillon pour essai (maximum 100 ml ; les dilutions doivent être prises en compte).
- **V_b** : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de du blanc.
- **V_s** : est le volume, en millilitres de solution de Nitrates d'Argent utilisée pour le titrage de dû l'échantillon.
- **C** : est la concentration réelle exprimée en moles d'AgNO₃ par litre, de la solution de Nitrate d'Argent.
- **f** : est le facteur de conversion $f=35453$ mg/mol

➤ **Détermination du phosphore**

C'est une réaction des ions orthophosphates avec une solution acide contenant des ions molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate.

Réactifs

- Réactif mélange (solution molybdate acide)
- Acide ascorbique

Matériel

- Balance analytique
- Spectromètre

Mode opératoire

- Introduire 40 ml d'échantillon
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2mL de réactif mélange.
- Après un laps de temps compris entre 10 à 30 min faire passer dans le spectromètre a une longueur d'onde de 880 nm

Expression des résultats

Les résultats sont retranscrits sur la feuille des résultats puis dans une trame informatique

➤ Dosage de l'ammonium

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Réactifs

- Réactif coloré
- Solution de Dichloroisocyanurate de sodium

Matériel

- Matériel courant de laboratoire
- Spectrophotomètre UV/VIS.

Mode opératoire

- Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre
- 4 ml du réactif coloré homogénéisé ;
- 4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.
- Après au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm

Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.

➤ Dosage des nitrites

La réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'aide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec mesurage de l'absorbance à 540 nm.

Réactifs

- Réactif mixte

Matériel

- Matériel courant de laboratoire
- Spectrophotomètre UV-Visible.

Mode opératoire

- Introduire 50 ml d'échantillon,
- Ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 mn.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-
- Mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde (environ 540 nm).

Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l des nitrites.

➤ Dosage du fer

Addition d'une solution de phénantroline-1.10 a une prise d'essai et mesurage photométrique du complexe rouge- orange à une longueur d'onde de 510 nm.

Réactifs

Tous les réactifs seront préparés à partir d'eau distillée exempte de toutes traces de fer.

- Solution de chlorhydrate d'hydroxylamine à 100 g/l
- Solution de phénantroline-1,10
- Solution tampon acétate

Matériel

- La verrerie et flacons de prélèvement.
- Spectrophotomètre UV-Visible.
- Cuve photométrique,
- Balance analytique de laboratoire.
- Fioles.
- Pipettes.

Mode opératoire

- Prendre 50 ml d'échantillon.
- Transvaser la solution dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement
- Ajouter 2.0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.
- Ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.

- Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV Visible à 510 nm en utilisant une cuve de 10 mm².
- Établir une courbe d'étalonnage en portant la concentration en fer en mg/l, en abscisses et l'absorbance mesurer correspondante, en en ordonnée.

Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du fer.

II.3. Analyse bactériologique

Le but de cette étude est la recherche et le dénombrement des coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques fécaux dans deux milieux différents en milieu liquide 5 x 5

❖ Prélèvement

Matériel de prélèvement

- Une glacière
- Des flacons stériles en verre

Mode de prélèvement

Pour ne pas modifier les caractéristiques bactériologiques de l'échantillon, on a utilisé des flacons en verre stériles remis par le laboratoire

- Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler à un débit moyen pendant 1 – 2 minutes
- Ouvrir le flacon stérile et la remplir en tenant le bouchon dans sa protection orientée vers le bas pour éviter que des poussières viennent se déposer à l'intérieur
- Un petit volume d'air doit rester à la surface de manière à faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse
- Fermer le flacon avec le bouchon.
- Numéroter le flacon pour les identifier.
- Les échantillons ont été portés au laboratoire le jour même. Ils sont conservés à une température inférieure à 10°C dans l'obscurité et analysés endéans les 24 heures.

❖ La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes

La recherche et le dénombrement des bactéries coliformes, coliformes fécaux dans les eaux est réalisée en milieu liquide par la technique du NPP, se fait en deux étapes consécutives

- a) **Test de présomption** : réservé à la recherche des coliformes.
- b) **Test de confirmation (Mac Kenzie)** : réservé à la recherche des coliformes fécaux (thermo-tolérants), cela est fait à partir des tubes (+) du test de présomption.

Test de présomption

À partir de l'eau à analyser, porter sceptiquement

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. (Voir figure 22, annexe 4).

Incubation

L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10ème 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).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions.

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la recherche de Coliformes thermo tolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*. Les coliformes thermo tolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes, mais à 44 °C.

Escherichia coli est un coliforme thermo tolérant qui entre autre

- Produit de l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à 44 °C.
- Donne un résultat positif à l'essai au rouge de méthyl,
- N'utilise pas le citrate comme source unique de carbone.

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une öse bouclée dans tube contenant le milieu Schubert muni d'une cloche de Durham.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation

L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.

Lecture

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois

- Un dégagement gazeux,
- Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs.

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP dans 100 ml d'eau analysée en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois producteur de gaz et d'indole à 44 °C.

❖ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Tout comme la méthode de recherche de coliformes en milieu liquide celle de la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs

- **Test de présomption** : réservé à la recherche présomptive des streptocoques
- **Test de confirmation** : réservé à la confirmation réelle des streptocoques fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption

Test de présomption

À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu de ROTHE D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE D/C.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu ROTHE S/C.
- Bien mélanger le milieu et l'inoculum

Incubation

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures

Lecture

Les tubes présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs, seulement ces derniers ne doivent en aucun cas faire l'objet d'un dénombrement, mais doivent par contre, absolument faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA-LITSKY dans le but d'être confirmés. (Voir figure 23, annexe 4).

Test de confirmation

Le test de confirmation est basé sur la confirmation des streptocoques fécaux éventuellement présents dans le test de présomption

Les tubes de ROTHE trouvés positifs feront donc l'objet d'un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA-LITSKY

Bien mélanger le milieu et l'inoculum

Incubation

L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois

Un trouble microbien

Une pastille violette (blanchâtre) au fond des tubes.

Expression des résultats

La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table NPP. (voir figure 24 , annexe 4)

Les résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques obtenus après l'analyse des eaux des différents points de forages de différentes communes de la wilaya de Blida (voir tableau IX, annexe 1), les résultats seront comparés aux normes nationales (JORA, 2011) et internationales (OMS,2017).

III.1. Résultats des paramètres physico-chimiques

III.1.1. Paramètres physiques

III.1.1.1 Température

Les valeurs de la température des eaux de forage de la wilaya de Blida (figure 9) varient entre 11.2°C et 20.6°C pour les eaux prélevées entre le mois d'avril et le mois de mai, et entre 17.2°C et 22.8°C pour les eaux prélevées en mois de juin avec une moyenne de 18.1°C.

Pour la majorité des échantillons obtenus pour cette étude, les valeurs de température ne dépassent pas la norme (<25°C) (JORA, 2011).

La température et sa variation dépendent du type d'aquifère ainsi que du régime des eaux souterraines, profondeur de l'aquifère, interaction eaux de surface - eaux souterraines (Schürch, 2018).

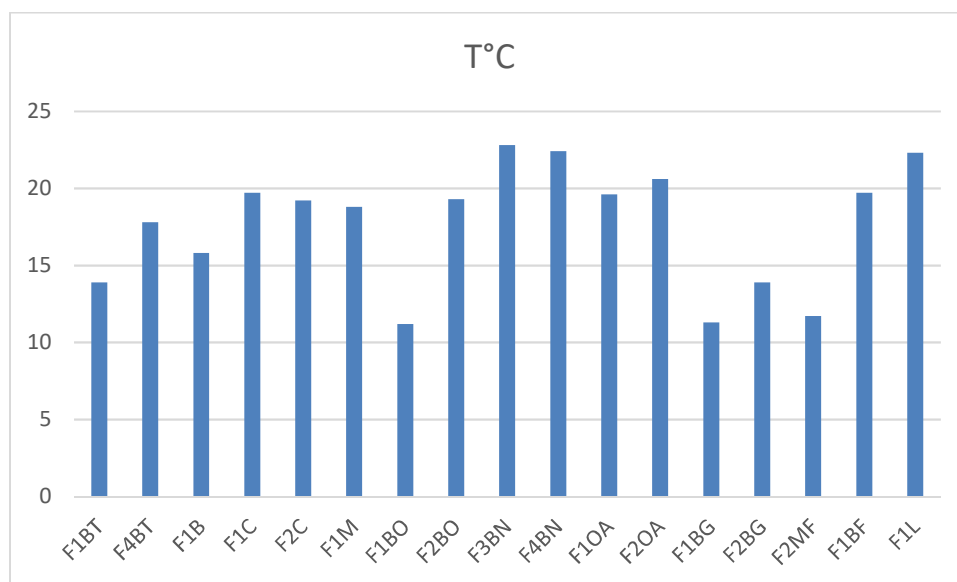


Figure 9: Variation de la température au niveau des forages de la wilaya de Blida

III.1.1.2. pH

Durant la période d'étude, les valeurs du pH des eaux brutes des forages ont varié entre 6.91 et 7.87. Ces valeurs sont dans l'intervalle de neutralité (figure 10).

Le pH n'a pas d'effets directs sur les consommateurs, il est l'un des paramètres opérationnels les plus importants de la qualité de l'eau (OMS, 2017).

Pour l'ensemble des eaux, elles répondent aux normes de potabilité internationales entre 6.5 et 9.5 (OMS, 2017).

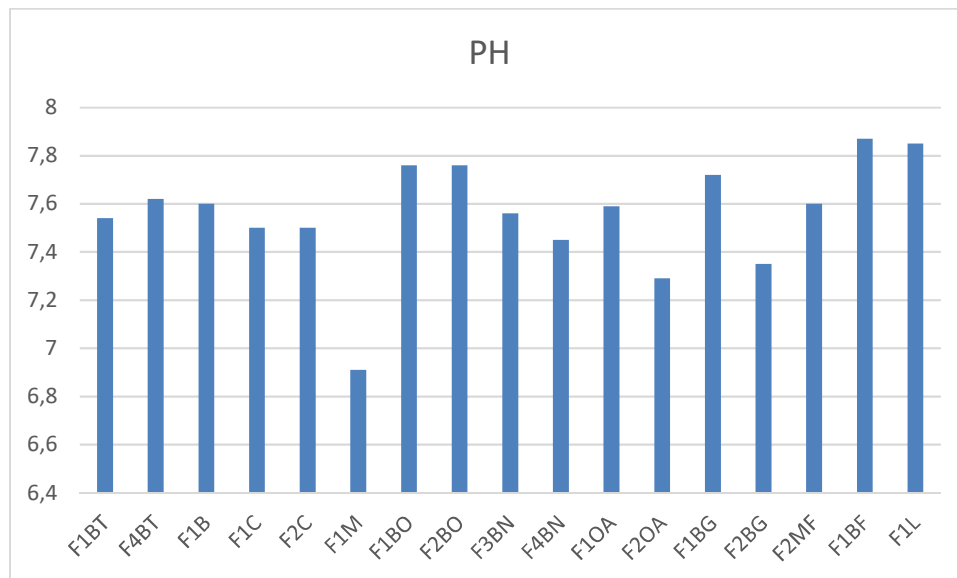


Figure 10: Variation du pH au niveau des forages de la wilaya de Blida

III.1.1.3. Conductivité électrique

Les résultats obtenus durant la période d'étude varient entre 250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 1620 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (figure 11) avec une moyenne de 894.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Après l'observation des résultats on a constaté que la conductivité dans la zone est de la wilaya illustrée par les points (F1BO,F2BO,F3BN,F4BN,F1BG,F2BG,F2MF,F1BF,F1L) avec une moyenne de 954.3 $\mu\text{s}/\text{cm}$ est plus supérieure que la zone Ouest représentée par les points (F1BT,F4BT,F1B ,F1C,F2C,F1M,F1OA,F2OA) , avec moyenne 698.63 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Les valeurs de la conductivité correspondent aux normes des eaux destinées à la consommation, elles sont tous $<2800 \mu\text{s}/\text{cm}$ (JORA, 2011).

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

La conductivité électrique des eaux souterraines à partir d'ions majeurs prédominants définit le faciès hydrogéochimique des eaux (**Kouassi et al., 2017**).

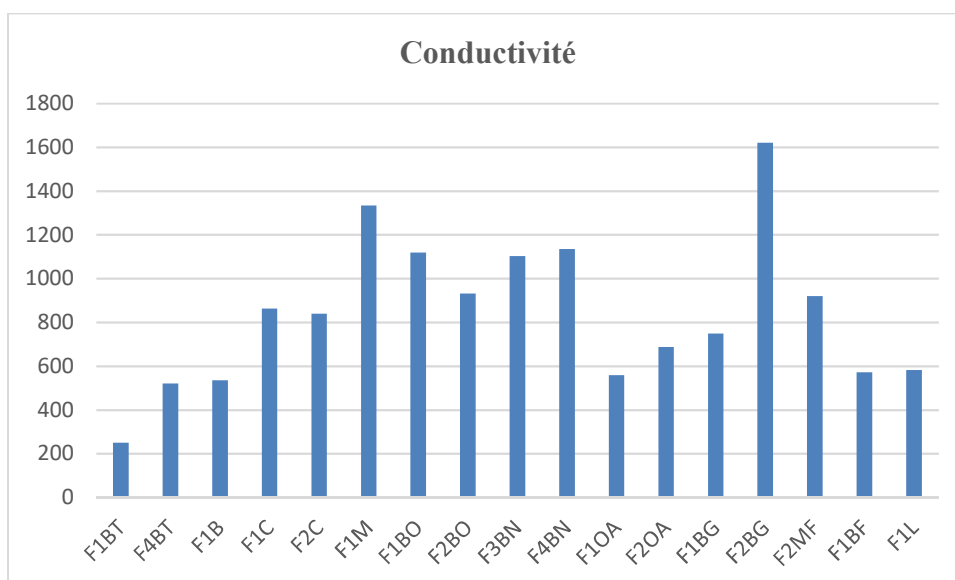


Figure 11: Variation de la conductivité au niveau des forages de la wilaya de Blida

III.1.1.4. Turbidité

D'après la figure 12, les valeurs de turbidité s'échelonnent entre 0.16 NTU et 3.35 NTU pour la majorité des points et elle augmente jusqu'à 8.31 NTU, 7.69 NTU pour les points F1L et F1M consécutifs avec une moyenne de 1.85 NTU.

L'augmentation de la turbidité au points F1L et F1M est due au mélange avec des eaux superficielles, aussi une possibilité de manque d'aménagement au tour des deux points. Ces valeurs supérieures au norme nationale >5 NTU (JORA, 2011) sont inacceptable. Les eaux des autres points de forages présentent des résultats suivent la norme de potabilité, <5 NTU donc elles sont acceptables.

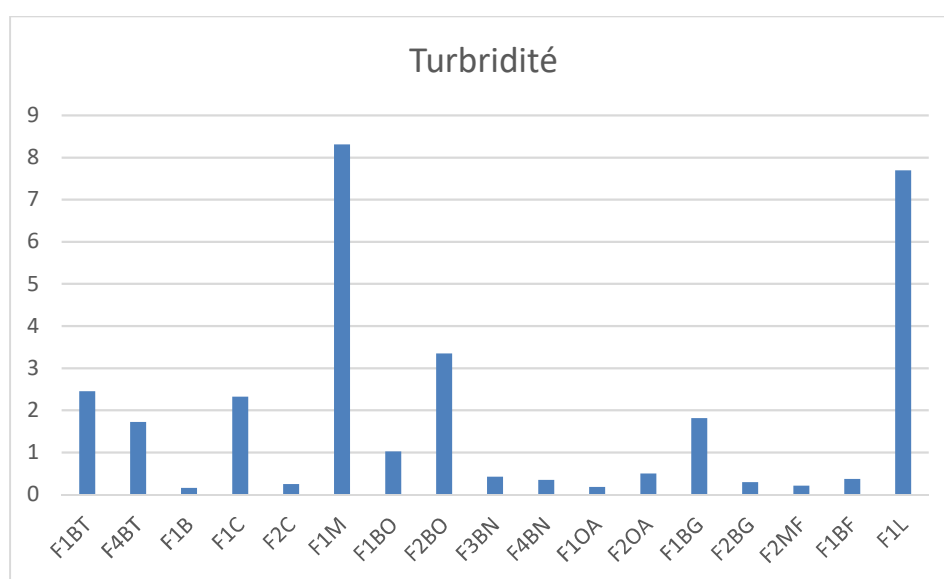


Figure 12: les résultats de la turbidité dans les eaux des forages de la wilaya de Blida

Une turbidité visible réduit l'acceptabilité de l'eau de boisson. Bien que la plupart des particules qui contribuent à la turbidité n'aient pas d'impact sur la santé (OMS, 2017).

III.1.1.5. Résidus secs

D'après la figure 13 les résultats des résidus secs trouvés dans les eaux des points de forages analysés présentent 279 mg/l comme valeur minimale et une valeur maximale de 1223 mg/l avec une moyenne de 552.17 mg/l.

Toutes les valeurs sont inférieures à la norme nationale <1500 mg/l (JORA, 2011), et à la norme internationale < 1000 mg/l, avec une seule valeur du point F2BG qui ne correspond pas et dépasse la mesure TDS <1000 mg/l (OMS, 2017).

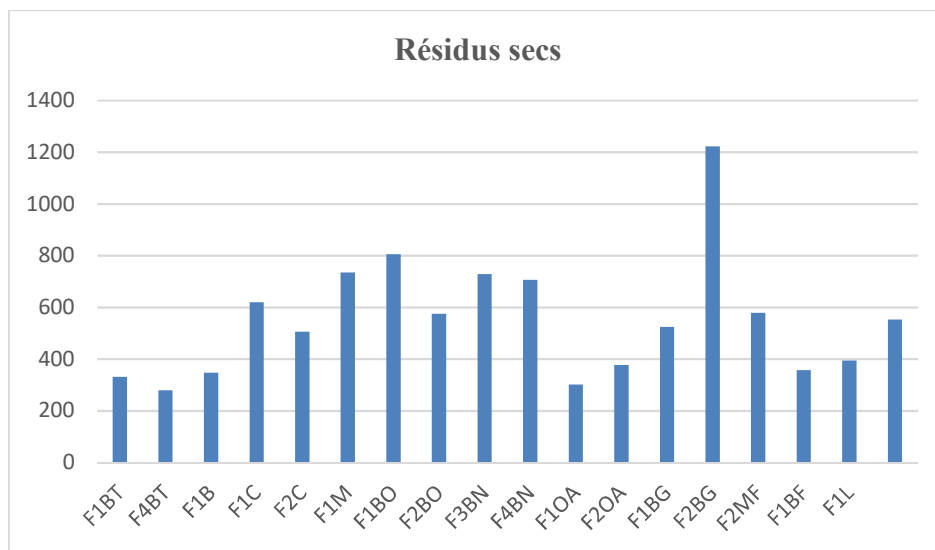


Figure 13: les résultats des résidus secs dans les eaux des forages de la wilaya de Blida

L'origine des extraits secs est principalement la roche mère, la matière organique solide et de rejets anthropiques. Les ES autochtone et allochtone sont constituées d'un mélange de matières organiques (algues, bactéries, débris de végétaux, composés humiques) et de composés inorganiques (carbonates, quartz) (Collin, 2004).

III.1.2. Paramètres chimiques

III.1.2.1 Alcalinité

Les résultats du titre alcalimétrique complet varient d'un forage à un autre entre 231.6 mg/l et 651.48 mg/l avec une moyenne de $307.13 \pm 96,688$ mg/l (voir figure 14).

Les résultats de dix-sept points sont inférieurs à la norme nationale <500 mg/l, le forage F1M (Mouzaia) est supérieur à 500 donc il est inacceptable (JORA, 2011).

L'Alcalinité a une relation avec les bicarbonates. Ces eaux analysées sont douces et d'une faible alcalinité essentiellement due aux faibles concentrations des ions bicarbonates (HCO_3^-) et l'inverse pour le cas du F1M qui présente une alcalinité élevée.

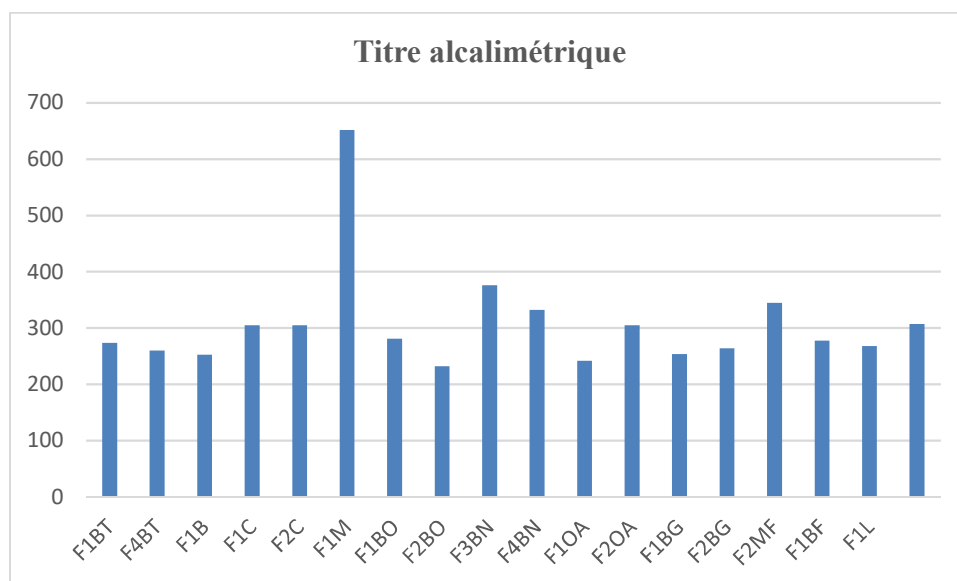


Figure 14: Résultats du titre alcalimétrique en (mg/l) des forages de la wilaya de Blida

III.1.2.2. Dureté totale (Th)

Le tableau suivant montre les résultats de la dureté totale dans différents points de forages

Tableau V: Résultats des analyses de la dureté totale en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida

Forage	Th
F1BT	220,41
F4BT	210
F1B	253,76
F1C	339,65
F2C	314,88
F1M	649,46
F1BO	359,16
F2BO	303,07
F3BN	495,93
F4BN	409,34
F1OA	203
F2OA	320,18
F1BG	357,21
F2BG	562,17
F2MF	327,93
F1BF	234,24
F1L	247,97

La dureté totale ou titre hydrotimétrique TH correspond à la somme des concentrations calcium et magnésium ou en fonction de la concentration de carbonate de calcium. Dans les résultats d'analyses, ce facteur change d'un forage à un autre. Cela a une relation avec la formation géologique des nappes souterraines et aussi leurs composantes chimiques.

D'après le tableau IV nous remarquons que la dureté totale des eaux de forage analysées varie entre 649.46 mg/l comme une valeur maximale et une valeur minimale de 203 mg/l, avec une moyenne de 341.67 ± 126.11 mg/l. avec une eau plus dure issue du point de forage F1M.

Les eaux prévenantes de terrains calcaires et surtout des terrains gypseux peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1 g/L de CaCO_3 . Par contre, les eaux en provenance de terrains cristallins, métamorphiques ou schisteux auront des duretés très faibles (Rodier *et al.*, 2009).

III.1.2.3. Calcium et Magnésium

D'après la figure 15 des concentrations élevées sont enregistrées au niveau des eaux de quelques points de forage de l'est et au centre de la wilaya de Blida (F1M, F1BO, F3BN, F4BN, F1BG et F2BG) qui sont au-dessus de 100 mg/l, les autres valeurs varient 58.37 mg/l et 98.58 mg/l avec une moyenne de $97,18 \pm 36,81$ mg/l.

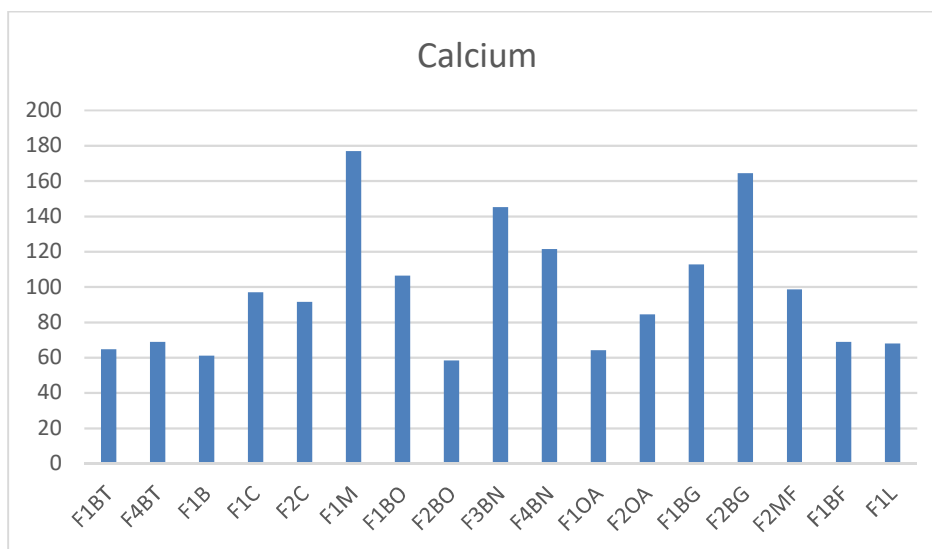


Figure 15: Variation de calcium en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida

Les concentrations en Magnésium (figure 16) varient entre 9.29 mg/l et 48.51 mg/l, les valeurs maximales sont enregistrées au niveau de F1M (Mouzaia) et F3BN (Bouinane) et la plus basse au niveau F4BT (Beni tamou) avec une moyenne de $23.58 \pm 10,32$ mg/l.

Les résultats des points de forages sont inférieurs à la norme nationale (**JORA, 2011**).

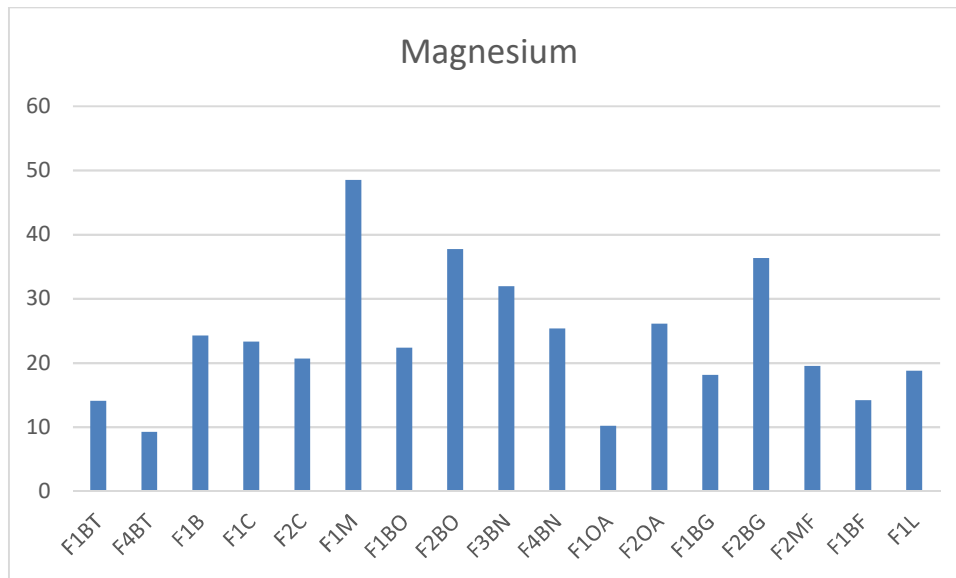


Figure 16: Variation de magnésium en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida

Généralement la dureté faite référence la quantité de calcium et de magnésium contenue dans l'eau. Ces deux éléments proviennent de l'altération de la roche mère. La teneur en calcium est habituellement plus élevée que le magnésium dans les eaux souterraines (**Couture et al., 2004**).

Selon **Dib (2009)** ils proviennent essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), qui sont solubles.

III.1.2.4. Chlorure

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés (**Rodier et al., 2009**). Les résultats des analyses des eaux des dix-sept points forages illustrés dans la figure 17 montrent des concentrations qui varient entre une valeur maximale de 302.1 mg/l enregistrée au niveau de F2MF et une valeur minimale de 24.11 mg/l enregistrée au niveau de F1BT, avec une moyenne de $87,92 \pm 10,32$ mg/l.

Tous les résultats sont inférieurs aux valeurs indicatives de la norme nationale 500 mg/l (**JORA, 2011**). Les eaux sont conformes aux exigences donc acceptable pour la consommation humaine

Selon **Dib (2009)** Les chlorures peuvent avoir une origine multiple ; soit par contamination par les eaux usées, soit par la dissolution des sels par lessivage des terrains

salifères. La dissolution de ces sels étant très facile d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argileuses et marneuses. Les chlorures donnent un goût désagréable et posent le problème de corrosion des canalisations et des réservoirs à partir de 50 mg/l (OMS, 2017).

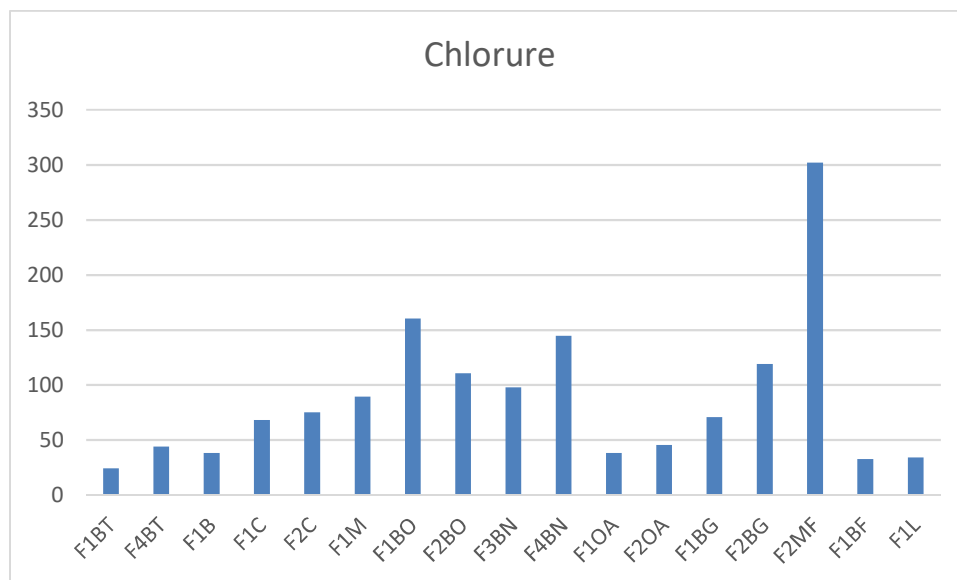


Figure 17: Variation de chlorure en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida

III.1.2.5. Sulfate

Les concentrations des sulfates dans les eaux analysées varient 7.96 mg/l et 115.1 mg/l (figure 18), les plus grandes concentrations sont enregistrées au niveau du forage F2BO et F1BG avec des valeurs respectives de 115.1 mg/l et 103,13 mg/l avec une moyenne de $66,55 \pm 30,71$ mg/l.

Les eaux de forages sont considérées de bonne qualité, car les valeurs des sulfates sont inférieures aux normes tolérées par la réglementation algérienne 400 mg/l (JORA, 2011).

L'origine de la plupart des composés sulfatés est l'oxydation des minerais de sulfites, la présence de schistes, ou de déchets industriels. Certains sols et certaines pierres contiennent des minéraux de sulfate. Comme l'eau souterraine se déplace à travers ceux-ci, certains sulfates sont dissous dans l'eau (Zouaoui, 2014).

Selon (Bellaredj, 2003) l'abondance, des sulfates pourrait être le résultat de la présence des évaporites.

Les sulfates ont une toxicité aiguë très faible, cependant un effet laxatif est observé pour des teneurs supérieures à 1000 mg/l (Zouaoui, 2014).

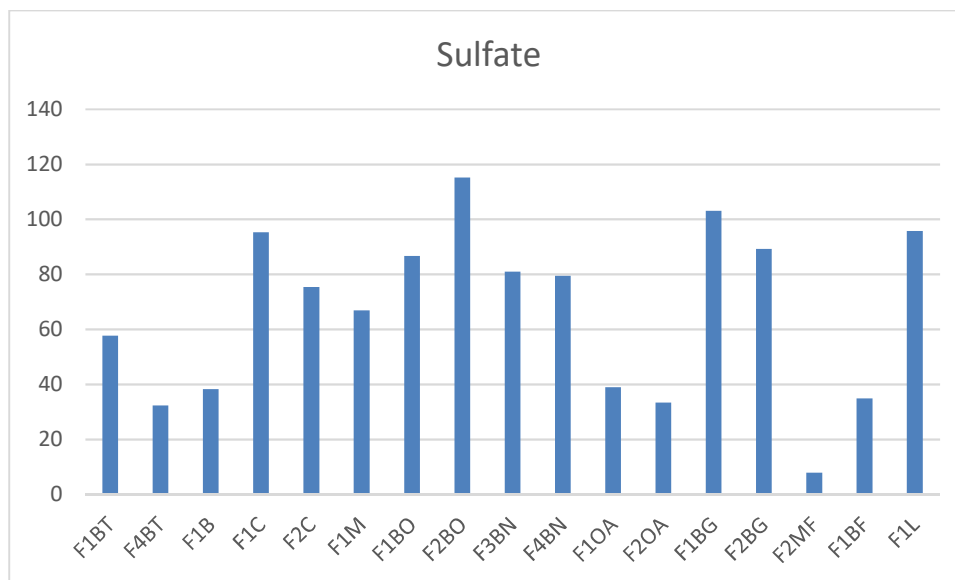


Figure 18: Variation de sulfate en (mg/l) au niveau des forages de la wilaya de Blida

III.1.2.6. Nitrates

Les teneurs en nitrates mesurées au niveau des dix-sept points de forages de la wilaya de Blida (Figure 19) sont comprises entre une concentration de 2.1 mg/l et 41.25 mg/l, les plus hautes valeurs sont enregistrées au niveau de F2OA, F3BN, F4BN avec concentrations consécutives de 41,25 mg/l, 39,2 mg/l, 30,08 mg/l et une moyenne de $21,48 \pm 10,48$ mg/l.

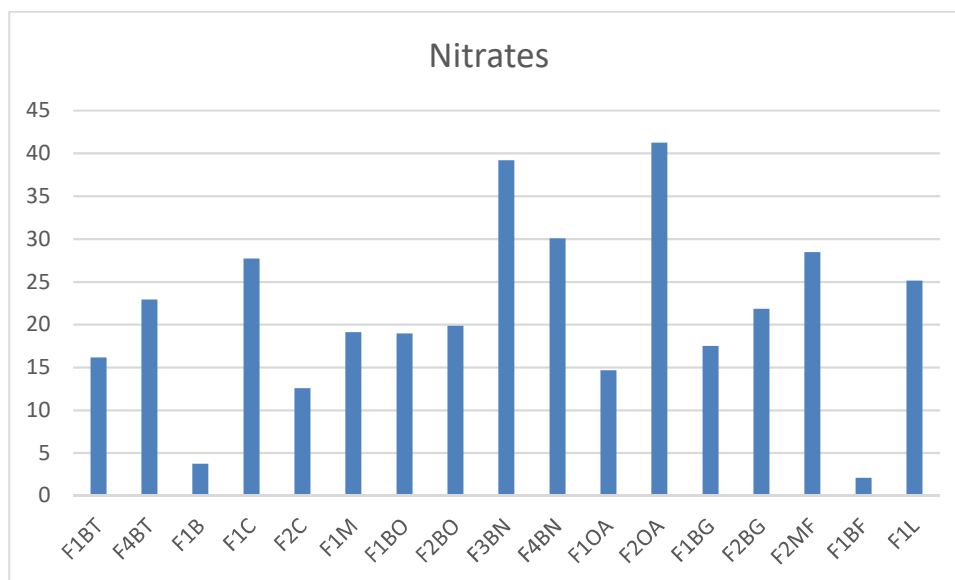


Figure 19: Variation des nitrates au niveau des forages de la wilaya de Blida

Nous avons remarqué que les forages des parties Est et Centre de Blida s'avèrent les plus vulnérables à la contamination par les nitrates du fait que leurs valeurs sont les plus élevés.

Cette zone est une zone agricole, donc cette augmentation des valeurs peut être expliquée par l'utilisation intensive probable des engrais chimiques et organiques dans l'agriculture ou parviennent aux nappes d'eau souterraines par ruissellement de ces terres et selon (Rodier et al.2009) par la décomposition de la matière organique.

Les eaux de pluie peuvent contenir des nitrates issus des oxydes d'azote et de l'ammoniac présent dans l'atmosphère (Rodier et al., 2009).

Le sol dans cette zone ne possède pas de propriétés physico-chimiques permettant de retenir le nitrate, ce qui engendre son lessivage facile par l'eau de pluie. De plus, la géologie de la Mitidja en forme de cuvette associée à une couche aquifère constituée de formations perméables (graviers et sables), a favorisé l'immigration des éléments azotés vers la zone saturée et la contamination de cette dernière jouant ainsi un rôle primordial dans la répartition des nitrates (Zamiche et al., 2017).

III.1.2.7. Orthophosphate

Tableau VI: Résultats des analyses du phosphore en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida

Forage	Po ₄ ⁻
F1BT	1,6
F4BT	<0,01
F1B	0,16
F1C	<0,01
F2C	<0,01
F1M	0,49
F1BO	0,02
F2BO	<0,01
F3BN	<0,01
F4BN	<0,01
F1OA	<0,01
F2OA	<0,01
F1BG	<0,01
F2BG	<0,01
F2MF	<0,01
F1BF	<0,01
F1L	0,06

Dans les milieux aquatiques, plus de 90 % du phosphore sous forme organique, et environ 70 % de celui - ci se trouve sous forme particulaire. Le phosphore inorganique soluble ne

constitue donc qu'une faible partie du phosphore total présent dans ces milieux aquatiques (**Ouakouak, 2017**).

Les orthophosphates sont rarement dosés dans les eaux souterraines : leur contribution à la balance ionique entre cations et anions est en effet minime. Les apports phosphatés dans les eaux souterraines font majoritairement, voire uniquement, référence à des impacts liés à des problèmes d'assainissement, plus qu'à des pratiques agricoles. (**Barbier et al., 2000**).

III.1.2.8. Nitrites

Le tableau VI montre une absence totale des nitrites dans l'ensemble des eaux de forage analysées avec une très faible concentration pour chaque <0.01 mg/l pour chaque point.

Toutes les concentrations sont inférieures à la valeur limite nationale 0.2mg/l (**JORA, 2011**) et internationale 0.1 mg/l (**OMS, 2017**)

Tableau VII: Résultats des analyses des nitrites en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida

Forage	NO ₂ ⁻
F1BT	<0,01
F4BT	<0,01
F1B	<0,01
F1C	<0,01
F2C	<0,01
F1M	<0,01
F1BO	<0,01
F2BO	<0,01
F3BN	<0,01
F4BN	<0,01
F1OA	<0,01
F2OA	<0,01
F1BG	<0,01
F2BG	<0,01
F2MF	<0,01
F1BF	<0,01
F1L	<0,01

Les concentrations d'après le tableau V varient entre une valeur minimale inférieure à 0.01 mg/l enregistré dans 70% des points et une valeur maximale de 1.6 mg/l enregistrée dans le cas de forage F1BT, avec une moyenne de $0.183 \pm 0,66$ mg/l.

Tous les points de forages présentent des valeurs inférieures à 5 mg/l donc selon la réglementation algérienne pour la présence de phosphate dans les eaux souterraines, ces eaux sont acceptables pour la consommation humaine (JORA ,2011).

Il est important de signaler que les eaux en contact avec certains terrains peuvent contenir des nitrites, on les trouve également dans les eaux pauvres en oxygène, ils sont toxiques pour les êtres vivants. Ils transforment l'hémoglobine du sang en une substance proche, la méthémoglobine qui ne joue plus son rôle dans l'oxygénation des cellules et des tissus (El Ouedghiri *et al.*, 2014).

III.1.2.9. Ammonium

Le tableau VII montre les concentrations d'ammonium dans les eaux brutes des points des forages de la wilaya de Blida, elles sont toutes inférieures à 0.01 mg/l.

Tableau VIII: Résultats des analyses d'ammonium en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida

Forage	Nh ₄ ⁺
F1BT	<0,01
F4BT	<0,01
F1B	<0,01
F1C	<0,01
F2C	<0,01
F1M	<0,01
F1BO	<0,01
F2BO	<0,01
F3BN	<0,01
F4BN	<0,01
F1OA	<0,01
F2OA	<0,01
F1BG	<0,01
F2BG	<0,01
F2MF	<0,01
F1BF	<0,01
F1L	<0,01

Les valeurs enregistrées sont toutes inférieures aux normes de potabilité nationale 0.5 mg/l (JORA, 2011) et internationale 0.2 mg/l (OMS, 2017).

La présence de l'ammonium est habituellement considérée comme un signe de pollution, car cette forme d'azote n'existe que dans les eaux riches en matière organique en décomposition surtout lorsque la teneur en O₂ est insuffisante pour la transformer en ions NO₃⁻ (**Dovonou et al., 2012**).

La présence de l'ammonium dans l'eau est liée, soit par réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites, soit aux rejets urbains dans les oueds et les chotts (**Dib, 2009**).

III.1.2.10. Fer

Le fer est l'un des éléments les plus abondants dans le sol (**Desjardins, 1998**). D'après le tableau VIII, les valeurs obtenues après l'analyse des eaux de forage de la wilaya de Blida sont toutes inférieures à 0.01 mg /l.

Les concentrations de fer dans les eaux sont inférieures aux valeurs spécifiées par le journal national 0.3 mg/l (**JORA, 2011**).

Tableau IX: Résultats des analyses du fer en mg/l des points de forages de la wilaya de Blida

Forage	Fe ₂ ⁺
F1BT	<0,01
F4BT	<0,01
F1B	<0,01
F1C	<0,01
F2C	<0,01
F1M	<0,01
F1BO	<0,01
F2BO	<0,01
F3BN	<0,01
F4BN	<0,01
F1OA	<0,01
F2OA	<0,01
F1BG	<0,01
F2BG	<0,01
F2MF	<0,01
F1BF	<0,01
F1L	<0,01

Le fer est un élément peu esthétique, présent généralement dans les eaux souterraines, générant des précipités colorés indésirables. Son origine est naturelle (altération des roches) ou industrielle (activités minières ou métallurgie) (**Drouiche, 2012**).

Le fer est souvent à l'origine, indirectement, de certaines maladies hydriques (**Anonyme, 1996**) si le fer provient de sources de surface, comme les effluents industriels ou les eaux usées, cela peut indiquer la présence d'éléments pathogènes ou d'autres contaminants provenant des eaux de surface (**Drouiche, 2012**).

Le fer est présent dans la plupart des sols sous forme de minéraux. Sa solubilisation est à l'origine des concentrations élevées dans les eaux. L'augmentation de la teneur en fer total de l'eau brute des forages est liée à la nature du sol à la suite de l'infiltration de l'eau qui entraîne en profondeur jusqu'à la nappe (**Anonyme, 1996**).

Les précipitations apportent une quantité de sodium minime dans l'eau souterraine, les teneurs anormalement élevées peuvent provenir du lessivage de sels, ou de la percolation à travers des terrains salés ou de l'infiltration d'eaux saumâtres. Dans les eaux souterraines non polluées et sans contact avec des évaporites, la teneur en sodium se situe entre 1 et 20 mg/L (**Nouayti, 2015**).

Bien qu'il n'existe pas de norme pour le sodium dans l'eau potable, il est recommandé aux personnes suivant un régime hyposodé de ne pas boire de l'eau contenant plus de 20 mg/L de sodium (**Polan, 1998**).

III.2. Résultats des paramètres bactériologiques

III.2.1. Coliformes totaux

D'après les résultats du tableau IX, nous avons observé une présence des CT au niveau des points F1BT, F4BT, F1C, F4BN, F2OA, F2BG et F1BG avec une valeur maximale pour le cas de ce dernier.

En outre, à l'exception du forage F1BO qui son taux est indénombrable, on a une absence totale de ces germes (0 UFC/100 ml) au niveau des forages F1B, F2C, F1M, F2BO, F3BN, F1OA, F2MF, F1BF et F1L.

Le journal officiel Algérienne (**JORA, 2011**) n'a pas cité valeur limite donc on ne peut pas dire si les résultats sont conformes en vertu du règlement.

Tableau X: Résultats des coliformes totaux

Forage	CT
F1BT	7
F4BT	7
F1B	0
F1C	4
F2C	0
F1M	0
F1BO	Ind
F2BO	0
F3BN	0
F4BN	4
F1OA	0
F2OA	8
F1BG	24
F2BG	6
F2MF	0
F1BF	0
F1L	0

Selon (**Guessoum et al., 2015**) les valeurs élevées, des CT montrent une détérioration de la qualité de l'eau. Cette contamination peut être causée par la présence à proximité des fosses septiques, de l'épandage de fumier ou d'engrais chimiques à proximité des points de forages. Aussi elle peut être due à une mauvaise protection du forage.

Le risque sanitaire relié à la présence de bactéries du groupe des coliformes totaux est souvent faible, à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* et de certaines bactéries opportunistes qui peuvent causer de graves maladies chez les patients débilisés. (El Haissoufi *et al.*, 2011), cependant selon (Barwick *et al.*, 2000), il existe des cas où il a été mis en évidence une association entre la détection des coliformes totaux et l'apparition d'épidémies d'origine hydrique.

III.2.2. Coliformes fécaux

La présence des coliformes fécaux comme *Escherichia coli* permet de mettre en évidence une pollution d'origine fécale, on note que presque 85% des forages de la wilaya de Blida étudiés présentent une absence de CF avec 0 UFC/100 ml, alors que les 3 restants présentent une valeur minimale de 4 UFC/100 ml enregistré dans le forage F1C, 7 UFC/100ml au niveau de F4BT et une valeur indéterminable F1BO. (Voir tableau X).

Tableau XI: Résultats des coliformes totaux

Forage	CF
F1BT	0
F4BT	7
F1B	0
F1C	4
F2C	0
F1M	0
F1BO	Ind
F2BO	0
F3BN	0
F4BN	0
F1OA	0
F2OA	0
F1BG	0
F2BG	0
F2MF	0
F1BF	0
F1L	0

Les CF comme *Escherichia coli* provient généralement des animaux y compris les humains, il y a plusieurs sources possibles : fumier, pâturage, fosses septiques, latrine et les animaux sauvages.

La présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence de microorganismes entéropathogènes (**Zmirou *et al.*, 1987**) comme les salmonelles et le virus de Norwalk (**Goodman *et al.*, 1982**) ; (**Craun, 1986**).

La présence des coliformes fécaux indique aussi un risque sanitaire d'origine hydrique qui se manifeste le plus souvent par des troubles gastro-intestinaux (nausées, vomissements et diarrhée), habituellement de courte durée (**Guessoum *et al.*, 2015**).

III.2.3. Streptocoques fécaux

Les résultats de l'étude des SF sont dans le tableau suivant :

Tableau XII: Résultats des streptocoques fécaux

Forage	SF
F1BT	1
F4BT	0
F1B	0
F1C	0
F2C	0
F1M	0
F1BO	0
F2BO	5
F3BN	0
F4BN	0
F1OA	14
F2OA	0
F1BG	0
F2BG	0
F2MF	0
F1BF	0
F1L	4

La recherche des streptocoques fécaux dans les forages étudiés a montré que 76% des points ne sont pas contaminés avec une absence totale des SF. Les 4 points contenant des SF sont F1BT, F2BO, F1L et F1OA avec des concentrations consécutives de 1 UFC/100 ml, 5 UFC/100 ml, 14 UFC/100 ml, 4 UFC/100 ml et une valeur maximale de 14 UFC/100 ml (voir tableau XI).

La réglementation algérienne impose l'absence des entérocoques intestinaux dans 100ml d'eau (**JORA, 2011**) pour que l'eau de forage soit qualifiée comme une eau de bonne qualité bactériologique.

La contamination des 4 points par streptocoques fécaux peut être traduite par une pollution fécale d'origine animale ou humaine (élevage des animaux, engrais naturels).les concentrations positives des SF dans les points F1OA,F2BO,F1L sont susceptible d'être causées par des rejets des eaux des égouts qui s'infiltrent dans le sol et aussi les déjections des bovins dans la région de Oued Alleug due à la présence intensive des activités d'élevage et de faible pourcentage dans la région de Bouinane et Larbaa.

Conclusion

Les zones des forages choisies renferment la plus grande réserve d'eau de la wilaya de Blida dont ils alimentent différentes communes. Leur étude a montré la susceptibilité des nappes souterraines et leur sensibilité aux agents contaminants induits par les activités anthropiques et naturels.

Au terme de cette étude qui avait pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des dix-sept points de forages de la wilaya de Blida, les caractéristiques des prélèvements analysés au niveau de laboratoire régional de ADE montrent :

La qualité chimique des eaux des dix-sept forages échantillonnés résulte une minéralisation moyenne. Cette minéralisation est due à la géologie de la région, conditions hydrodynamiques et l'activité anthropique modérée dans ces régions. Les paramètres comme la température, pH, turbidité, dureté totale n'ont pas d'effets directs sur les consommateurs.

Les eaux aux points étudiés ne sont pas vraiment différentes de qualités vis-à-vis de la fonction potabilité.

Les forages des parties Est et Centre de Blida s'avèrent les plus vulnérables à la contamination par les nitrates du fait que leurs valeurs sont un peu plus élevées par rapport à d'autres situés à l'Ouest due à l'activité agricole, rejets des eaux usées qui peuvent changer la composition chimique des eaux souterraines, mais les résultats obtenus sont toujours inférieurs aux normes nationales et internationales.

Les paramètres chimiques qui affectent le plus la qualité chimique des eaux de forages sont (Calcium, magnésium, chlorures, sulfates, nitrate, phosphate, sodium) avec des moyennes respectives de (97,18 mg/l , 23,58 mg/l, 87,92 mg/l , 66,55 mg/l , 21,482 mg/l, 0,1825 mg/l et 29,94 mg/l).

Le forage F1M (Mouzaia) présente un taux de turbidité et alcalinité supérieur aux normes nationales, cette dernière peut causer des troubles de tractus gastro-intestinal.

Une présence du fer dans les eaux des quelques points, mais la concentration n'est pas vraiment inquiétante.

Enfin, d'après les analyses bactériologiques il apparaît que la majorité des eaux de forages étudiés sont généralement d'une bonne qualité bactériologique, sauf quelques points qui présentent des germes pathogènes dus à une pollution d'origine animale ou humaine.

Cependant les aquifères de la région de la wilaya de Blida demeurent vulnérable à la pollution, donc il est primordial d'assurer la protection de cette ressource avant de sa dégradation.

Références bibliographiques

Ababou, R. Eléments d'hydrologie souterraine. Cours INPT/ENSEEIH-IMFT, Toulouse, 2007, p. 18

Adam P Et Baptiste P, Hydrogeologie & forage d'eau,2003, p. 03-04

Al-Qawati M, Yazami Idrissi A, Isslam Belhaili I , Marc F , Baichouti K , El Kharrim 1 et Belghyti D, Analyse Et Contrôle De La Qualité Physico-Chimique Des Eaux Souterraines De La Région Sidi Allal Tazi-Gharb-Maroc,2015, p. 426-427

Ambroise B, La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant, 1999, p. 37

Anonyme, Agence internationale de l'énergie atomique (IAEA), La Gestion Des Ressources En Eau, 2021, <https://www.iaea.org/fr/themes/les-eaux-souterraines>

Anonyme, Centre régionale pour l'eau potable et l'assainissement, la déferrisation des eaux de forage (synthèse des techniques expérimentées avec succès par le crepa), document technique, Première Edition,1996, p. 6, 49

Bakalowicz M., Aquifères karstiques in aquifères et eaux souterraines, 2006, p. 59-73

Bakouan C,Guel B, Hantson A, Caractérisation physico-chimique des eaux des forages des villages de Tanlili et Lilgomdé dans la région Nord du Burkina Faso-Corrélation entre les paramètres physico-chimiques. Afrique science, 2017, vol. 13, no 6, p. 7

Barbier J et Chery L, Le phosphore dans les eaux souterraines de France, État des connaissances,2000, p. 16, 43

Barraqué B, Gestion De L'eau : Parole D'expert,2004,
www.sagascience.cnrs.fr/doseau/decouv/mondial/numondial.html

Barwick, R. S., Levy, D. A., Craun, G. F., & Beach, M. J. Surveillance for waterborne-disease outbreaks--United States, 1997-1998. 2000, p.1,35

Beauchamp J, Qualité Et gestion de l'eau,2006, www.u-picardie.fr/beauchamp/cours.qge

Beaudry H M, Eaux, Edition Le Griffon Argile; Canada,1992, p.71

Belghiti M. L , Chahlaoui A , Bengoumi D , El Moustaine R , Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc),2013, p. 26

Bellaredj A, Caractérisation des eaux souterraines de la plaine de la m'leta (Algérie, nord - ouest) par application de méthodes statistiques multivariées et modélisation géochimique, Mémoire Magister, 2013, p. 54

Benhamida B ; Etude de la vulnérabilité a la pollution des eaux souterraines de la cuvette d'ouargla, 2015, p. 17

Benmerine B, Contribution à l'étude et l'évaluation de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux de consommation de la région d'oued es-saoura cas de béni-abbès, ougarta et zeghamra, 2016, p. 26

Benziada M, Hydrogéologie de la plaine de la mitidja oriental, 2003, p. 46

Bouchaala L, Charchar N et Gherib A, Ressources hydriques : traitement et réutilisation des eaux usées en Algérie. Algerian journal of arid environment, 2017, vol. 7, no 1, p. 86-87.

Bouchedja, A. La politique nationale de l'eau en Algérie. In : Ministère des Ressources en Eau, Agence de bassin hydrographique constantinois-Seybousse-Mellegue, Euro-RIOB 2012–10e Conférence internationale, Istanbul, Turquie. 2012., p. 6

Boudjadja, M. Messahel et H. Pauc, Ressources Hydriques En Algérie Du Nord, Revue Des Sciences De L'eau, 2003, p. 05

Bouziyani M, L'eau Dans Tous Ses États : Source De Vie, Ressource Épuisable, Maladies hydriques, pollutions chimiques, 2006, p. 07 , 25 – 27.

Briere F.G., Distribution et collecte des eaux. Presses inter Polytechnique, 2012, Canada, 2012, p. 04-05

Brogniez H, Rôle de la vapeur d'eau atmosphérique dans la régulation du système climatique : étude des zones tropicales. Thèse de doctorat. Université de Versailles Saint Quentin en Yvelines (UVSQ), 2016, p. 14

Brunaud D, Etangs Pelliculaires Et Réserves Naturelles : Principes De Fonctionnement Et Modalités De Classement, 2007, p. 04

Castany G, Hydrogeologie principes et methodes, 2e Cycle, 1982 , p. 228-229

Chapman D, Water Quality Assessments - A Guide To Use Of Biota, Sediments And Water In Environmental Monitoring -Second Edition, 1996, p. 24

Collin P, Caractérisation géochimique et hydrogéochimique de la matière en suspension de la rivière saint-charles, Québec, Canada,2004, p. 31

Couture I et Montérégie-Est M. Analyse d'eau pour fin d'irrigation. AGRI. VISION., 2004., p. 03

Craun, G. F., Nwachuku, N., Calderon, R. L., & Craun, M. F. (2002). Outbreaks in drinking-water systems, 1991-1998. *Journal of Environmental Health*, p. 65.

Derwich E, Benaabidate L , Zian A , Sadki O , Belghity D, Caracterisation Physico-Chimique des eaux de la nappe alluviale du haut sebou en aval de sa confluence avec oued fes,2010, p. 107-108,110

Desjardins.R , Le traitement des eaux. Presses inter Polytechnique, 1997, p.03 – 06

Dib I, L'impact de l'activite agricole et urbaine sur la qualite des eaux souterraines de la plaine de gadaine - Ain Yaghout (Est Algerien),2009, p. 68

Dovonou F, Boukari M, Babadjide C, Alassane A, Yalo N Et Mama D, Impact de la pollution chimique et bacteriologique sur l'aquifere superficiel de la zone de captage intensif de godomey au sud-benin,2012, p. 64

Drouiche, A, Contribution à l'étude de la vulnérabilité spécifique à la pollution par les éléments en traces métalliques et les hydrocarbures cas de la nappe d'eau souterraine de la Mitidja-Est Mémoire De Magister, 2012, p. 95

Dupont A , Hydraulique urbaine , Tom1,1978, p. 65

El Haissoufi, H., Berrada, S., Merzouki, M., Bennani1 , Benlemlih M et Idir M, Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. *Revue de microbiologie industrielle sanitaire et environnementale*, 2011, vol. 5, no 1, p. 56

El Ouedghiri. K , El Oualti. A, El Ouchy. M, Zerrouq. F, Ouazzani Chahdi et El Ouali Lalami1. A, Risques sanitaires liés aux composés chimiques contenus dans l'eau de boisson dans la ville de Fès: Cas des ions nitrates et nitrites (Health risks of the chemicals in drinking water in the city of Fez: nitrate and nitrite ions). *J. Mater. Environ. Sci*, 2014, vol. 5 p. 08

Ferradji K, evaluation des performances énergétiques et du confort thermique dans l'habitat : cas des logements hpe de l'opgi de blida,2017, p. 111-112

Goodman, R.A., H.B., Greenberg, T.E., Mckinley et J.D., Smith., Norwalk gastroenteritis with a water system in a rural Georgia community .Archives of Environmental health, 1982, p. 37.

Guergazi S et Achour S, Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. Larhyss Journal, 2005, vol. 4, p. 119 -127

Guessoum, H., Benbrahim, F., Halilat, M. T , Laouar F ,Bensalama M. et Darem S., Pollution biologique des eaux phréatiques de la région de Ghardaia (Cas de Sebseb). Journal of Advanced Research and Science and Technology, 2014, vol. 3, p. 248

Hossain M Z, Natural Convection In A Horizontal Fluid Layer Periodically Heated From Above And Below,2015, p. 11

Kettab A , Les ressources en eau en Algérie: Stratégies, enjeux et vision ,2001, p. 26

Kouassi A. M, Kouakou K. E. , Ahoussi Kouassi E. , Kouame K. F. , Biemi J. 2 ,Application of a statistical model to the simulation of the electrical conductivity of groundwater: casese study of the ex-area of n'zi-comoé (center-east of ivory coast),2017, p. 48

Lachassagne, P. et Wyns, R. Aquifères socles. Aquifères et eaux souterraines, 2006, vol. 2, p. 43-51.

Lambert R, Géographie du cycle de l'eau. Presses Univ du Mirail, 1996, p. 13

Le Calvez J et Le Calvez Y, Contribution A L'étude Des Foraminifères Des Eaux Saumâtres. Vie et Milieu, 1951, p. 03

M Schürch; M Bulgheroni; M Sinreich, la temperature des eaux souterraines, oÿce fédéral de l'environnement ofev, Division Hydrologie,2009, p. 44

Margat, J, Exploitations et utilisations des eaux souterraines dans le monde. Coédition: UNESCO et BRGM, 2008, vol. 52, p. 02.

Martina, A. I. N. A., Daoudab, M. A. M. A., Benjamin, Y. A. O., Jérômed, L. A. B. A. N. O. W. S. K. I., Mansourb, M. O. U. D. A. C. H. I. R. O. U., et Guya, M. A. T. E. J. K. A. Evaluation de la matière organique et de l'effet du traitement des eaux usées de papeterie par ultrafiltration et lagunage aéré,2010, p. 39

Nouayti N ; D Khattach et M Hilali, Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du jurassique du haut bassin de ziz (haut atlas central, maroc),2014, p. 1072-1076

OKI, T. The global water cycle. Global energy and water cycles, 1999, vol. 10, p. 5.

OMS 2017, Organisation mondiale de la santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson: 4e éd. Intégrant le premier additif.,2017

Ouakouak, A. Elimination du cuivre, des nitrates et des phosphates des eaux par adsorption sur différents matériaux. 2017. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra., p. 30

Polan, P et Henry, M. Qualité de l'eau souterraine dans la MRC de Coaticook. Vecteur environnement, 1998, vol. 31, no 5, p. 47

Rodier, J., Legube, B., et Merlet, N. L'analyse de l'eau. 9eme édition entièrement mise à jour. Dunod paris, 2009, p. 86,78,50

Roux J.C., Aquifères et eaux souterraines en France, collection scientifique et technique, 2006, p. 19

Saggai S, Boutoutaou D et Saker M L, Réduction De L'évaporation Des Eaux Dans Les Barrages : Une Stratégie Pour Augmenter Le Stockage De L'eau Dans Les Régions Arides Algériennes,2016, p. 02

Secrétariat de la Convention de Ramsar, Gestion des eaux souterraines Manuels Ramsar pour l'utilisation rationnelle des zones humides, 4e édition, vol. 11 , 2010 , p. 02

Touahria K. Evaluation de la qualite des eaux de forages par comparaison de leurs caracteristiques physico-chimiques (région de Tébessa). Thèse de Magister. University of Souk Ahras.,2013, p. 12, 13, 28

Vernoux J.F. Evaluer l'impact des eaux souterraines sur les eaux de surface et les écosystèmes associés,2013, p. 28

Yao T. K., Oga M., Fouché O , Baka D. et Biemi C. P. J, Évaluation de la potabilité chimique des eaux souterraines dans un bassin versant tropical : cas du Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire, Int. J. Biol. Chem. Sci.,6 ,2012, p. 7

Zamiche. S, Hamaidi-Chergui F et Demiai. A, Pollution of the quaternary aquifer of Mitidja (Algeria) by nitrates: origins and impacts on the quality of water for human consumption. Journal of Fundamental and Applied Sciences, 2018, vol. 10, no 1, p. 125

Zmirou, D., JP. Ferley, JF., Collin, M., Charrel et J., Berlin, A , follow –up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. American journal of public health, 1987, p.582-584.

Zouaoui S , Détermination des nitrites, nitrates, sulfates et orthophosphates dans les eaux de quelques forages de la ville de djelfa,2014, p. 26

https://www.who.int/water_sanitation_health/water-quality/household/fr/

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/directive-cadre-eau.html>

www.dspblida.dz

<https://www.lenntech.fr/francais/norme-eau-potable-oms-ue.htm>

www.abhs.dz/

www.oss-online.org

Lewebpedagogique.com

Annexe 1 : Résumé des résultats bactériologiques et physico-chimiques

Tableau XIII: Résumé des résultats bactériologiques

	CT	CF	SF
F1BT	7	0	1
F2BT	6	0	3
F3BT	168	0	0
F4BT	7	7	0
F1B	0	0	0
F2B	34	0	0
F1C	4	4	0
F2C	0	0	0
F3C	0	0	0
F1M	0	0	0
F1BO	Ind	Ind	0
F2BO	0	0	5
F3BN	0	0	0
F4BN	4	0	0
F1OA	0	0	14
F2OA	8	0	0
F1BG	24	0	0
F2BG	6	0	0
F1MF	0	0	0
F2MF	0	0	0
F1BF	0	0	0
F1L	0	0	4

Annexe 2 : Normes de l'OMS sur l'eau potable selon l'article OMS 2008

Tableau XV: Normes de l'OMS sur l'eau potable

Elément/ substance	Symbole/ formule	Lignes directrices fixées par l'OMS 2008
<u>Aluminium</u>	Al	0,2 mg/l
<u>Ammonium</u>	NH ₄ ⁺	Pas de contraintes
<u>Arsenic</u>	As	0,01 mg/l
<u>Baryum</u>	Ba	0,7 mg/l
<u>Bore</u>	B	0.5mg/l
<u>Cadmium</u>	Cd	0,003 mg/l
<u>Chlore</u>	Cl	on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
<u>Chrome</u>	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur		Pas de valeur guide
<u>Cuivre</u>	Cu ²⁺	2 mg/l
Cyanure	CN ⁻	0,07 mg/l
<u>oxygène dissous</u>	O ₂	Pas de valeur guide
<u>Fluorure</u>	F ⁻	1,5 mg/l
<u>Dureté</u>	mg/l CaCO ₃	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.05 à 1 mg/L
<u>Fer</u>	Fe	Pas de valeur guide
<u>Plomb</u>	Pb	0,01 mg/l
<u>Manganèse</u>	Mn	0,4 mg/l
<u>Mercure</u>	Hg	inorganique : 0,006 mg/l
<u>Molybdène</u>	Mb	0,07 mg/l
<u>Nickel</u>	Ni	0,07 mg/l
<u>Nitrate et nitrite</u>	NO ₃ , NO ₂	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité		Non mentionnée
<u>pH</u>		un optimum entre 6.5 et 9.5
<u>Sodium</u>	Na	Pas de valeur guide
<u>Sulfate</u>	SO ₄	500 mg/l
TDS		optimum en dessous de 1000 mg/l
<u>Zinc</u>	Zn	3 mg/l

Annexe 3 : Normes algériennes selon JORA 2011

Tableau XVI: Normes algériennes sur l'eau potable

GROUPE PARAMETRES	DE	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
Paramètres chimiques		Aluminium	mg/l	0,2
		Ammonium	mg/l	0,5
		Baryum	mg/l	0,7
		Bore	mg/l	1
		Fer total	mg/l	0,3
		Fluorures	mg/l	1,5
		Manganèse	µg/l	50
		Nitrites	mg/l	50
		Nitrites	mg/l	0,2
		Oxydabilité	mg/l O ₂	5
		Phosphore	mg/l	5
		Acrylamide	µg/l	0,5
		Anilinoïne	µg/l	20
		Argent	µg/l	100
		Arsenic	µg/l	10
		Cadmium	µg/l	3
		Chrome	µg/l	50
		Cuivre	mg/l	2
		Cyanure	µg/l	70
		Mercuré	µg/l	6
		Nickel	µg/l	70
		Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10	
	Zinc	mg/l	5	

Suite

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES
	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) Tolaux	µg/l	0,2
	fluoranthène,		
	benzo (3,4) fluoranthène,		
	benzo (11,12) fluoranthène,		
	benzo (3,4) pyrène,		
	benzo (1,12) pérylène,		
	indéno (1,2,3-cd) pyrène.		
	benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01
	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés extraits au CCl ₄	µg/l	10
	Phénols	µg/l	0,5
	Benzène	µg/l	10
	Toluène	µg/l	700
	Ethylbenzène	µg/l	300
	Xylènes	µg/l	500
Paramètres chimiques	Styrène	µg/l	100
	Agents de surface réagissant au	mg/l	0,2
	Épichlorehydrine	µg/l	0,4
	Microcistine LR	µg/l	0,1
	et carbamales, les herbicides,	µg/l	0,1
	à l'exception de aldrine et dieldrine		0,03
	Pesticides	µg/l	0,5
	Bromales	µg/l	10

Suite

GROUPE PARAMETRES	DE	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres organoleptiques		Couleur	mg/l Platine	15
		Turbidité	NTU	5
		Odeur à 12°C	Taux dilution	4
		Saveur à 25°C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux		Alcalinité	mg/l en CaCO ₃	500
		Calcium	mg/l en CaCO ₃	200
		Chlorures	mg/l	500
		Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
		Conductivité à 20°C	µS/cm	2800
		Dureté	mg/l en CaCO ₃	200
		Potassium	mg/l	12
		Résidu sec	mg/l	1500
		Sodium	mg/l	200
		Sulfates	mg/l	400
	Température	°C	25	

Paramètres bactériologiques

Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores	n/20ml	0

Annexe 4 : Figures simplifier d'identification bactériologiques

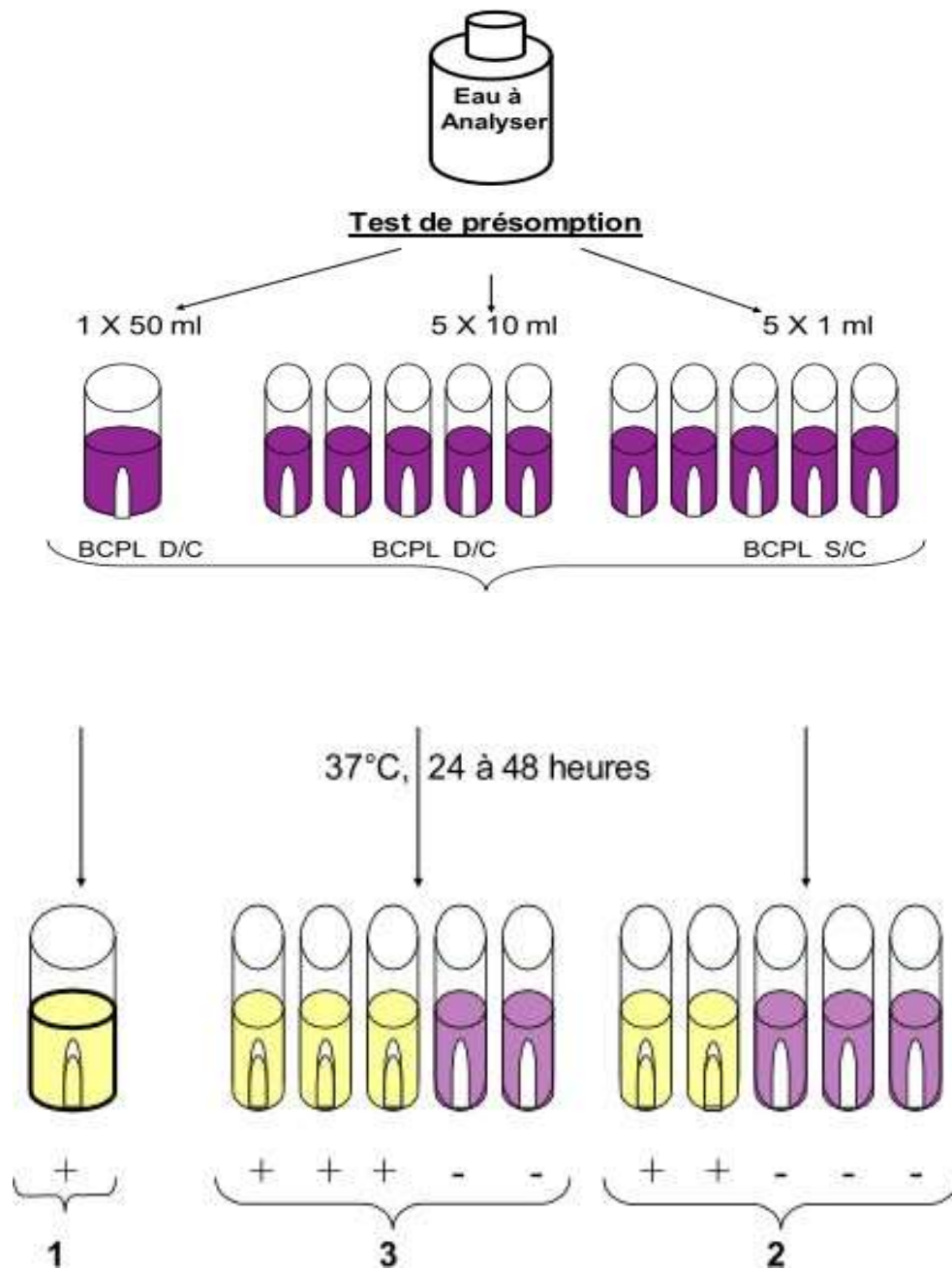
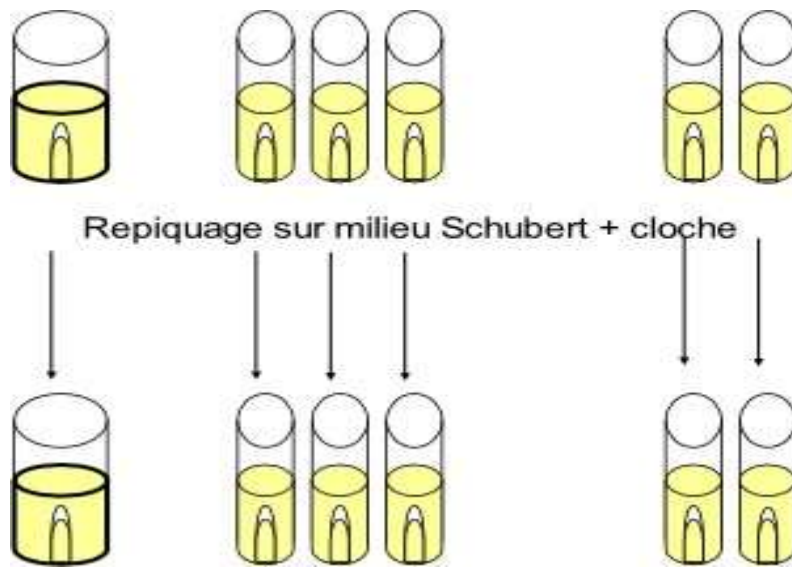


Figure 20: Recherche et dénombrement des coliformes totaux

Test de confirmation



Incuber à 44°C pendant 24h

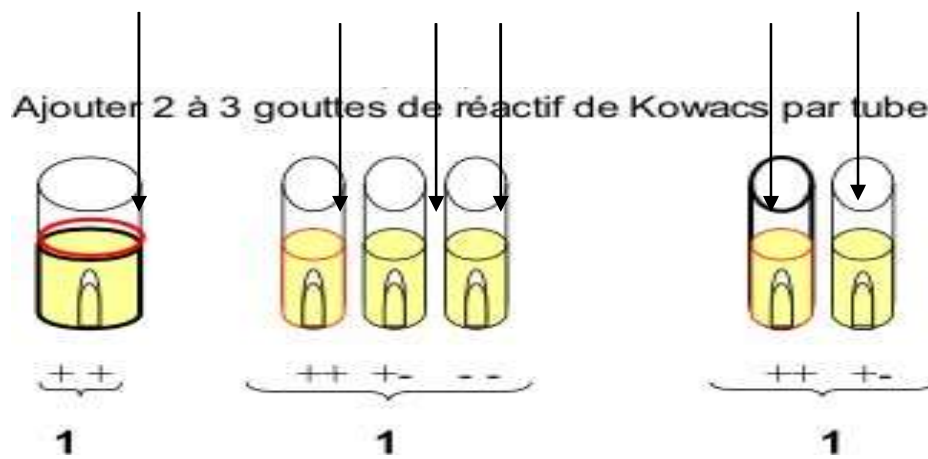


Figure 21: Recherche et dénombrement des Coliformes thermo tolérants et Escherichia Coli

Test de présomption

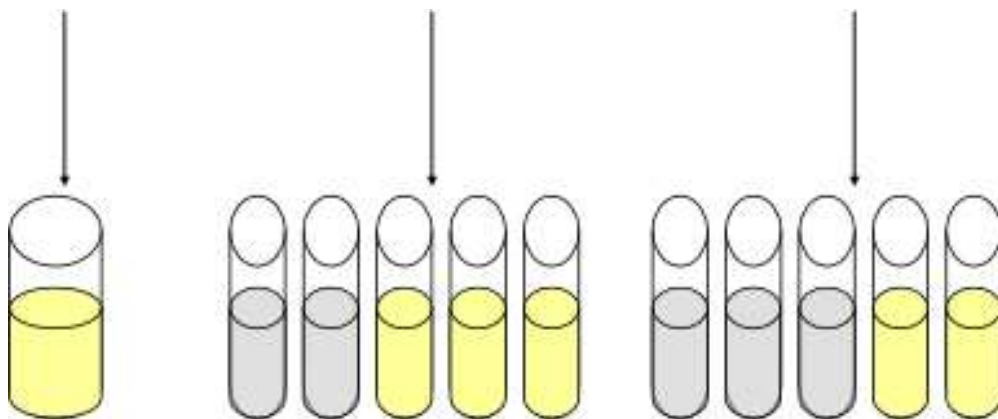
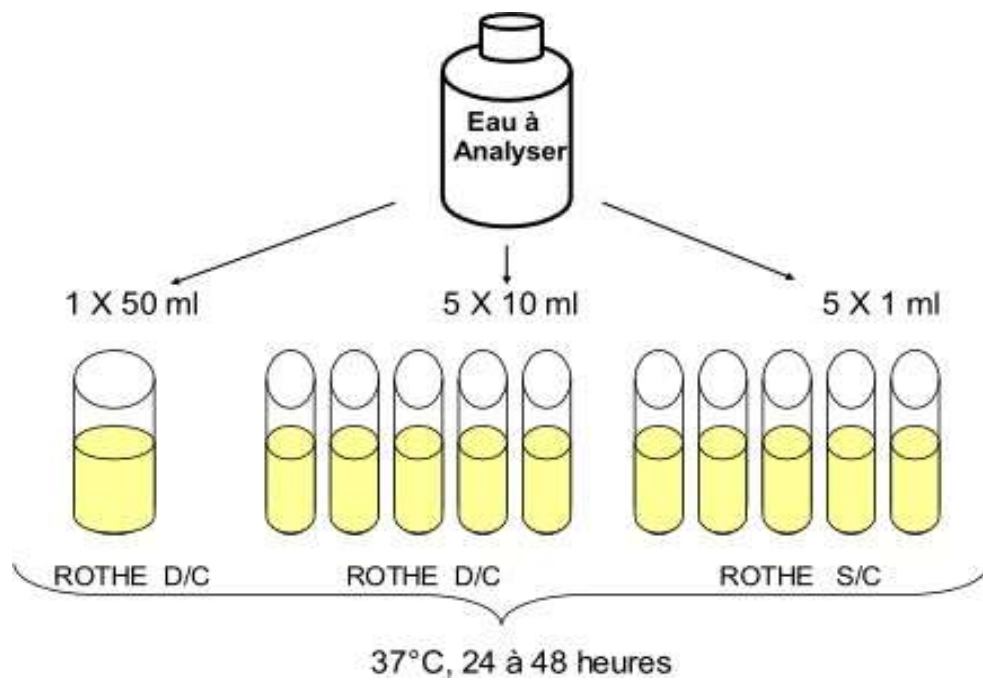
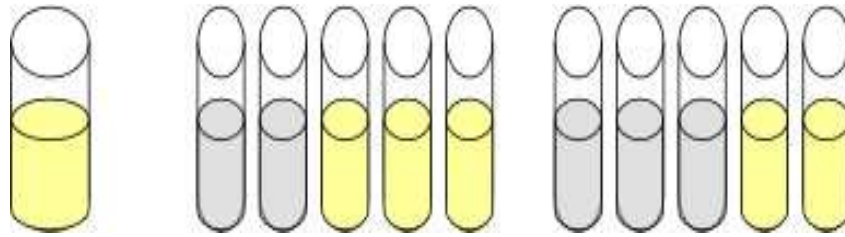


Figure 22: Recherche et dénombrement des Entérocoques intestinaux.

Test de confirmation



Repiquage sur milieu Litsky Eva

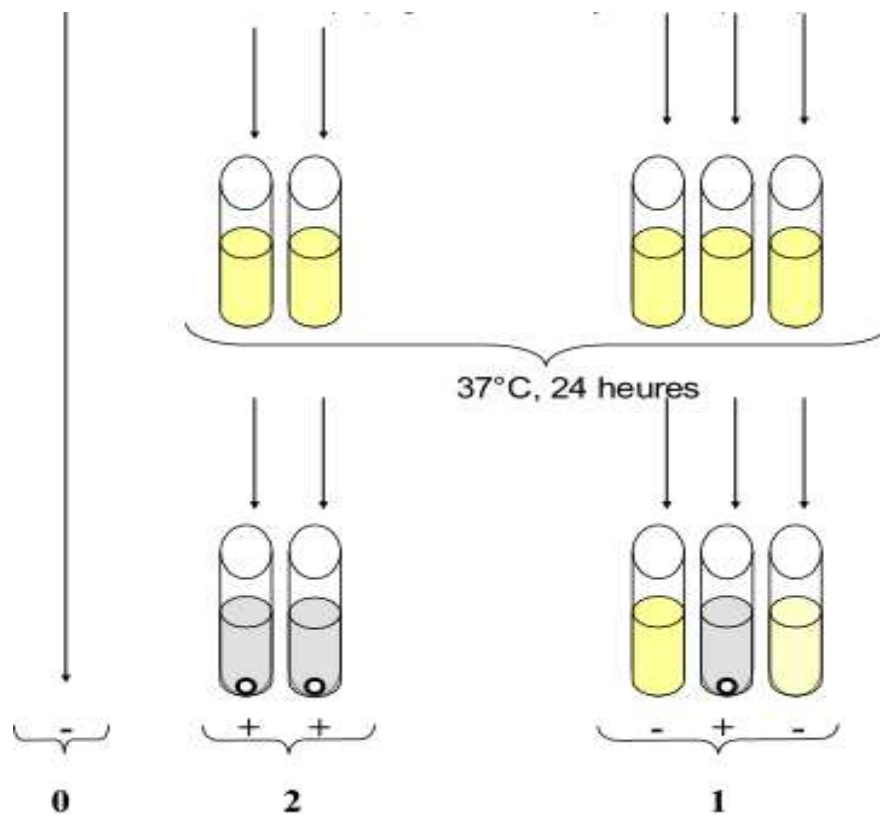


Figure 23: Dénombrement des Streptocoques du groupe « D »

Annexe 5 : matériels des analyses physico-chimiques et bactériologiques



Photo 1: une glacière



Photo 2: flacon stérile



Photo 3: Bouteille d'échantillonnage



Photo 4: pH-mètre



Photo 5: Turbidimètre



Photo 6: Analyseur portable SL1000



Photo 7: pH-mètre (2)



Photo 8: Spectrophotomètre



Photo 9: Agitateur

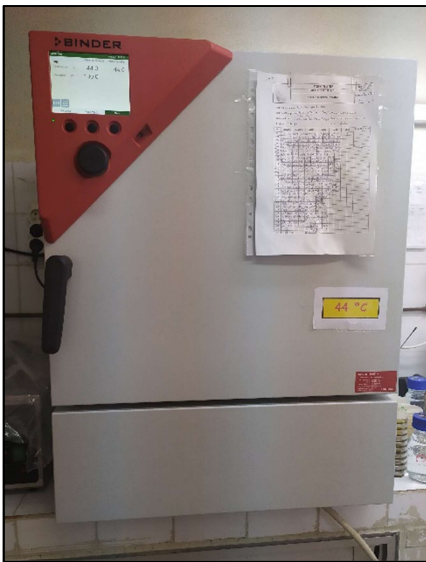


Photo 10: Étuve



Photo 11: Bain marie

Annexes 6 : Résultats des analyses physico-chimiques

Tableau XVII: Résumé statistiques des paramètres physico-chimiques

Paramètre	Moyenne	Max	Min	Unité
Température	17,647 ± 3,92	22,8	11,2	°C
PH	7,557 ± 3,928	7,87	6,91	
Conductivité	842,29 ± 343,995	1620	250	µs/cm
Turbidité	1,847 ± 2,512	8,31	0,16	NTU
Extrait sec	552,18 ± 241,566	1223	279	Mg/l
TAC	307,13 ± 96,687	651,48	231,8	Mg/l
Th	341,67 ± 126,11	649,46	203	Mg/l
Th(ca)	97,186 ± 36,809	176,81	58,37	Mg/l
Th(mg)	23,585 ± 10,318	48,51	9,29	Mg/l
Cl-	87,924 ± 68,667	302,06	24,11	Mg/l
SO42-	66,557 ± 30,711	115,14	7,96	Mg/l
No3-	21,482 ± 10,475	41,25	2,1	Mg/l
Po4 3-	0,182 ± 0,660	0,49	0,02	Mg/l
No2-	<0.01	<0.01	<0.01	Mg/l
Nh4+	<0.01	<0.01	<0.01	Mg/l
Fe2+	<0.01	<0.01	<0.01	Mg/l
Na+	27,451 ± 17,657	56,8	0,01	Mg/l