

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE ZIANE ACHOUR DE DJELFA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA
TECHNOLOGIE
Département des Sciences de la Matière



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

Master en chimie académique

Option : Chimie organique

Par : Sadem ZOUAOUI

Thème

**Détermination des nitrites, nitrates, sulfates et orthophosphates dans les
eaux de quelques forages de la ville de Djelfa**

Soutenu publiquement le : 14/10/2014

Devant le jury d'examen composé de :

M.S. RAHMANI	Maître- assistante	Université de Djelfa	<i>Présidente</i>
Mme.D. BELKHEIRI	Maître de conférences	Université de Djelfa	<i>Rapporteur</i>
M.L. SAOULI	Maître de conférences	Université de Djelfa	<i>Examineur</i>
Mme.M. DAHBI	Maître de conférences	Université de Djelfa	<i>Examineur</i>

Dédicaces

A la mémoire de mon professeur A. AZOUZI.

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes chers professeurs

A mes chers frères et sœurs

A mes tantes et à mes oncles.

A chaque cousin et cousine.

A mes amis,

je dédie ce modeste travail

Remerciements

Grace à Dieu vers lequel vont toutes les louanges, ce travail s'est accompli.

Grace à Dieu, j'ai l'honneur d'inscrire ici un immense remerciement à mes parents.

Je tiens à remercier mon encadreur **Dr. BELKHEIRI**, qui m'a toujours accueilli à bras ouverts et à tout moment, de m'avoir assisté le long de la réalisation du travail, qu'elle trouve ici ma sincère gratitude et ma profonde reconnaissance pour tous les efforts qu'elle a déployés dans ce sujet, ainsi que sa compréhension et sa patience.

Je remercie les membres du jury d'avoir accepté de juger ce travail.

J'adresse également mes remerciements à tous mes enseignants, qui m'ont donné les bases de la science.

Il me faut remercier, tout particulièrement, le personnel de la DHW pour leur accueil et leur aide

Je remercie également toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à ce travail. Qu'ils trouvent tous, ici, l'expression de ma gratitude et ma considération.

Liste des Tableaux

Titre	page
Tableau 1 : Débits des forages d'Oued seddeur	14
Tableau 2 : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux souterraines version 2012	16
Tableau 3 : Normes de l'OMS de l'eau potable	18
Tableau 4 : Normes Algériennes de l'eau potable	19
Tableau 5 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions nitrates	30
Tableau 6 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions orthophosphates	33
Tableau 7 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions sulfates	34
Tableau 8 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F1	38
Tableau 9 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F2	39
Tableau 10 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F3	39
Tableau 11 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F4	39
Tableau 12 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F5	39
Tableau 13 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F6	40
Tableau 14 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F7	40
Tableau 15 : Concentrations des paramètres étudiés pour le F8	40
Tableau 16 : Concentrations des paramètres étudiés pour le Fu	40
Tableau 17 : Concentrations des paramètres étudiés pour les forages d'Oued seddeur.	41
Tableau 18 : Tableau des indices	41

Liste des Figures

Titre	page
Figure 1: Cycle de l'eau.	3
Figure 2 : Les niveaux statiques des forages d'Oued seddeur.	10
Figure 3 : Positionnement des forages du champ captant Oued seddeur.	13
Figure 4 : Coupe NW – SE, traversant le bassin de Zahrez Gharbi et le synclinal de Djelfa.	13
Figure 5 : Les classes et les indices de qualité	18
Figure 6 : Principes de la spectrophotométrie	28
Figure 7 : Titrage spectrophotométrique.	29
Figure 8 : Tracé de la courbe d'étalonnage	29
Figure 9 : Courbe d'étalonnage des nitrates	36
Figure 10 : Courbe d'étalonnage des nitrites	37
Figure 11 : Courbe d'étalonnage des ions orthophosphates	37
Figure 12 : Courbe d'étalonnage des sulfates	38

ABREVIATIONS

d	: densité
E	: East
°F	: degré français
F ₁ , F ₂ , F ₃ , ...F ₈	: forage
F _u	: forage de l'université
M	: mase
μS/cm	: micro siemens par centimètre
NO ₃ ⁻	: Nitrate
NO ₂ ²⁻	: Nitrite
N	: Nord
O.M.S	: Organisation Mondiale de la Santé
PO ₄ ²⁻	: Ortho phosphate
pH	: potentiel d'hydrogène (l'acidité)
q.s.p	: quantité suffisante pour
O.M.S	: Organisation Mondiale de la Santé
S	: Sud
SO ₄ ²⁻	: Sulfate
SEQE	: Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau
NTU	: Unité de Turbidité Néphélométrique
V	: volume
W	: West

Sommaire

Introduction
Partie Théorique.....
Chapitre I : L'eau dans la nature	1
I.1. Généralités.....	1
I.2. Utilité de l'eau	1
I.3. Le cycle de l'eau.....	2
I.4. Sources d'eau.....	2
I.5. L'eau potable	4
I.6. Sources d'eau potable à Djelfa	4
I.6.1. Les eaux des nappes phréatiques	4
Chapitre II : Pollution des eaux souterraines	6
II.1. Généralités.....	6
II.2. Sources de pollution des eaux souterraines.....	6
II.2.1. Source naturelle	6
II.2.2. Source agricole	6
II.2.3. Source industrielle	7
II.2.4. Source résidentielle.....	7
Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés.....	9
III.1. Présentation de la zone d'étude.....	9
III.1.1. Oued Seddeur	9
III.1.2. Localisation du champ de captage d'Oued Seddeur	9
III.1.3. Aperçu géologique	11
III.1.4. Hydroclimatologie.....	12
III.2. Contexte hydrogéologique	12
III.2.1. Structure du System aquifère	12
III.2.2. Paramètres hydrodynamiques	12
III.3. Forages étudiés	14
III.3.1. Débits des forages	14
III.4.1. Paramètres physico-chimiques	15
III.5. Evaluation de la qualité des eaux.....	15
III.5.1. La grille de qualité de 2012.....	15
III.5.2. Le système d'évaluation de la qualité (SEQE) 2012.....	17

III.5.3. Normes de qualité des eaux.....	18
III.5.3.1. Normes de l'OMS sur l'eau potable.....	18
III.5.3.2. Les normes de paramètres physico-chimiques et paramètres indésirable selon normes algériennes.....	18
III.6. Paramètres étudiés	20
III.6.1. Nitrates et nitrites	20
III.6.2. Orthophosphates.....	23
III.6.3. Sulfates	26
Partie expérimentale.....	
Chapitre IV : Matériaux et Méthodes	27
IV.1. Echantillonnage	27
IV.2. Matériel.....	27
IV.3. Méthodes	27
IV.3. 1. Dosage des Nitrates.....	29
IV.3.2. Dosage des Nitrites.	31
IV.3.3. Dosage des orthophosphates.	32
IV. 3.4. Dosage des sulfates.	33
IV.4. Règle de calcul de l'indice pondéré.....	35
Chapitre V: Résultats et discussion	36
V.1. Les courbes d'étalonnage.....	36
V.1. 1. Courbe d'étalonnage des ions nitrates.....	36
V.1.2. Courbe d'étalonnage des ions nitrites	37
V.1.3. Courbe d'étalonnage des ions des orthophosphates	37
V.1.3. Courbe d'étalonnage des ions sulfates	38
V.2. Résultats d'analyse des échantillons	38
V.2.2. calcul des teneurs moyennes des eaux de l'oued Seddeur	40
V.2.3. Indice de qualité des eaux de l'Oued Seddeur	41
Conclusion	
Références bibliographiques.....	
Résumé.....	

Introduction

L'eau représente 71% de l'espace sur la planète dont 3% seulement est douce et 0.7 % est accessible à la consommation humaine. Cette quantité d'eau est estimée suffisante.

L'eau est une ressource élémentaire indispensable pour l'homme. On l'utilise pour des usages quotidiens, l'agriculture, la boisson, l'hygiène et l'industrie. Malgré son abondance, l'eau est inégalement répartie et accessible.

L'eau est essentielle pour la vie, cependant elle peut être aussi une source de maladie. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson (1).

La consommation d'une eau potable, facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau, doit bénéficier d'une attention particulière. En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé (1).

Dans le cadre de l'alimentation en eau potable de la ville de Djelfa, la direction de ressources en eau a inscrit, en 2007, un projet de transfert à partir de la région sud de la wilaya. Le site à partir duquel la ressource est transférée, est dit « Oued Seddeur » (2).

Cette nouvelle ressource qui permet d'alimenter environ 70 % de la population de la ville de Djelfa (2) a suscité notre intérêt pour mieux connaître sa qualité.

Un autre point d'eau a également attiré notre attention, il s'agit du forage desservant notre université et dont la qualité est peu connue.

Dans ce contexte, nous nous sommes proposé de contribuer à l'étude de quelques paramètres physico-chimiques des eaux provenant de ces ouvrages.

Ainsi nous nous sommes fixés comme objectif la détermination des ions nitrites, nitrates, sulfates et orthophosphates dans ces eaux par la méthode néphélométrique.

Pour ce faire, nous présentons, dans une première partie, une étude théorique visant à déterminer les paramètres à étudier ainsi que la présentation des normes de qualité de l'eau potable.

Une deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale, dans laquelle les différents matériels et méthodes sont décrits.

Enfin, nous terminerons ce manuscrit par une analyse et discussion des résultats obtenus. La comparaison des valeurs expérimentales que nous avons trouvées à celles prévues dans les normes permet de conclure sur la qualité de l'eau analysée.

Partie Théorique

Chapitre I : L'eau dans la nature

I.1. Généralités

L'eau (en latin Aqua, qui a donné aquatique et en grec Hydros, qui a donné Hydrique) est un élément sous forme liquide dans les conditions standards (température et pressions ambiantes). Elle est composée, sous sa forme pure, de molécules associant deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène sous la forme de H₂O. L'eau, sous sa forme liquide, est essentielle aux organismes vivants à la fois pour ses caractéristiques mécaniques et ses propriétés chimiques. Ces êtres vivants peuvent, par conséquent, être composés de jusqu'à 97% d'eau. D'un point de vue chimique, la pression exercée par l'eau, appelée pression Hydrostatique, est utilisée par les organismes pour se soutenir, que ce soit dans l'eau (méduse...) ou sur terre (végétaux) (3).

L'eau ne se trouve jamais à l'état pur (H₂O). Elle contient toujours des éléments minéraux et organiques ou encore des microorganismes. L'eau potable peut être bue, cuite ou utilisée à des fins domestiques et industrielles sans danger pour la santé. Elle peut être distribuée à partir de bouteilles, du robinet et, dans l'industrie, à partir de citernes. L'eau potable fait souvent l'objet de traitements préventifs variés(4).

I.2. Utilité de l'eau

Nous vivons sur la planète bleue où l'eau joue un rôle déterminant dans la vie des hommes, des animaux et des plantes. Mais seulement une plus petite partie, 0,3% des réserves globales en eau, sont utilisables comme eau potable. Et c'est justement cette petite partie qui est en danger. Les scientifiques attirent notre attention sur l'augmentation inquiétante de la pollution des réserves d'eau potable. Une réorientation radicale concernant notre environnement est donc nécessaire et de toute urgence.

L'eau potable propre et non polluée devient de plus en plus rare. La pollution chimique par des eaux usées de l'industrie et de l'agriculture, les eaux d'égouts des ménages chargées de détergents et de lessive ainsi que l'infiltration de substances toxiques ont pu atteindre quelques nappes phréatiques. Les distributeurs d'eau sont, par conséquent, confrontés à de gros problèmes concernant le respect des limites de pollution admissibles.

Les risques pour la santé provenant de la pollution d'eau ne sont pas encore assez étudiés. On connaît juste les effets de certaines substances nocives telles que les nitrates, les herbicides, les « pseudo-hormones », du plomb, du cuivre, des phosphates, du chlore etc. Ils sont soupçonnés de provoquer des cancers, des mutations, de la stérilité, des troubles du système nerveux et du cerveau, des dommages à l'ossature, des difficultés aux facultés intellectuelles et même, comme dans le cas des nitrates, la mort des nourrissons.

Mais même dans le cas où les valeurs limites sont respectées, on ne connaît pas l'effet cumulatif de ces substances nocives et on ne sait pas quelles combinaisons chimiques ils peuvent former dans le corps.

Après l'avoir bouillie, mais ceci n'élimine pas la plupart des substances nocives. Elles atteignent notre organisme directement par la nourriture. Un adulte consomme jusqu'à l'âge de 60 ans en moyenne environ 55.000 litres d'eau. Une telle quantité justifie l'exigence que cette eau soit saine.

Tout le monde sait que seulement une attitude écologique à long terme envers la nature pourrait éviter une situation dramatique. Pour se protéger dès maintenant, il est donc de plus en plus nécessaire de s'occuper soi-même de la préparation de son eau potable (5).

I.3. Le cycle de l'eau

L'eau, élément sous trois formes (liquide, gazeuse et solide), parcourt un cycle éternel. L'évaporation lente et incessante des fleuves, des lacs et des mers provoque la formation dans la haute atmosphère, de nuages qui par condensation se transforment en pluie. Une fraction des eaux de pluie ruisselle à la surface du sol et va grossir les cours d'eau et les lacs, d'où elle est sujette, d'une part à l'évaporation, d'autre part à l'infiltration à travers le sol. Une partie des eaux d'infiltration est reprise par la végétation qu'elle alimente avant d'être rejetée dans l'atmosphère c'est l'évapotranspiration. L'autre partie s'accumule dans le sous sol pour former des nappes souterraines qui, à leur tour peuvent former des sources émergentes à la surface du sol (fig.1)(1).

I.4. Sources d'eau

Moins de 1% de l'eau présente sur terre est de l'eau douce liquide. Pour s'approvisionner en eau douce, substance vitale pour l'homme et la société (boisson, agriculture, industrie, loisirs...), l'être humain puise dans de multiples sources. Tout d'abord, il prélève l'eau douce dans les eaux libres de surfaces, les plus visibles et les plus accessibles : sources, rivières, lacs(1).

Quand cela n'est pas suffisant ou possible, il creuse pour avoir accès aux réserves d'eau souterraines. Les puits lui permettent alors de puiser dans les nappes phréatiques, qui peuvent parfois être non renouvelable dans le cas de l'eau fossile. D'autre part, si les prélèvements sont trop importants, des masses d'eau impropre à la consommation (eau salée, polluée) peuvent envahir les nappes phréatiques et compromettre l'approvisionnement(3).

Une autre source est tout simplement la pluie. Quand les précipitations sont suffisantes, il est possible de collecter l'eau de pluie et de l'utiliser, à travers des citernes de récupération de l'eau de pluie par exemple(4).

S'il n'y a pas de pluie, on peut encore capter l'humidité de l'air et des nuages en favorisant la condensation de l'eau grâce aux énergies renouvelables ou à des structures telles que des filets ou des arbres-fontaines. Il existe également des projets pour exploiter la glace des icebergs. Idées très en vogue dans les années 1970, ces projets proposent de tracter en mer de petits icebergs, constitués d'eau douce gelée, jusqu'aux régions où l'eau fait défaut. Les difficultés techniques et le coût de l'opération ont laissé cette idée à l'état de projet, malgré quelques entreprises de chasse aux icebergs(3).

Enfin, quand aucune source d'eau propre n'est disponible ou suffisante, des eaux impropres à la consommation sont utilisées(2).

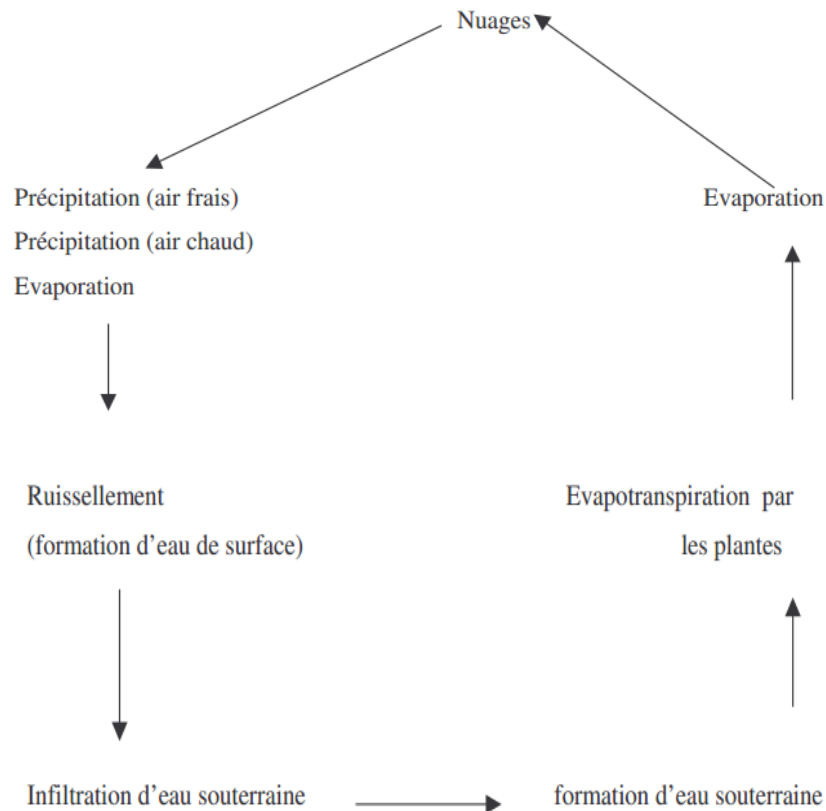


Figure 1 : Cycle de l'eau (1)

Il faut alors les traiter pour les rendre potables. Cette phase de traitement implique le plus souvent des infrastructures particulières, de l'énergie et des substances chimiques, ce qui est très coûteux (2).

Les deux traitements principaux sont la désalinisation de l'eau de mer et la potabilisation des eaux contaminées par des sédiments, des substances chimiques nocives et des pathogènes (1).

Pour préserver la qualité des ressources en eau et réduire l'importance des traitements de potabilisation, les eaux usées issues des activités humaines sont en général traitées avant d'être rejetées dans l'environnement.

L'ensemble des sources d'eau douce exploitables sont donc :

- les eaux libres de surface ;
- les eaux souterraines ;
- l'eau de pluie ;
- l'humidité de l'air ;
- les icebergs (en théorie) ;
- les eaux chargées en sédiments, contaminants et pathogènes ;

Malgré la diversité de ces sources, l'eau douce, et en particulier l'eau potable, reste une ressource rare qui fait défaut à un milliard de personnes. L'extension de l'accès à cette eau et la lutte contre son gaspillage sont donc un enjeu mondial de taille (3).

I.5. L'eau potable

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur. Selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée : il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou de toxiques, comme les nitrates et les phosphates, les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des " concentrations maximales admissibles " ont été définies. À l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme.

Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire : elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût. Pour avoir bon goût, il lui faut contenir un minimum de sels minéraux dissous (de 0,1 à 0,5 gramme par litre), lesquels sont, par ailleurs, indispensables à l'organisme. Enfin, elle ne doit pas corroder les canalisations afin d'arriver "propre" à la sortie des robinets. L'eau est aujourd'hui la denrée alimentaire la plus fortement réglementée (6).

I.6. Sources d'eau potable à Djelfa

La ville de Djelfa s'approvisionne en eau potable, uniquement avec les nappes phréatiques d'Oued Seddeur et Ain S'rar.

I.6.1. Les eaux des nappes phréatiques

Lorsqu'on a à choisir entre diverses sources d'approvisionnement en eau, la qualité de l'eau ne doit pas être l'unique considération. Il faut également tenir compte du débit de l'eau et de la pérennité du point d'eau. Compte tenu du coup élevé et de l'insuffisance des systèmes d'adduction d'eau, le captage des eaux souterraines avec les puits constituent l'une des meilleures sources d'eau de boisson dans nos pays en voie de développement, à condition que ces puits soient bien protégés (1).

En général, le choix de l'emplacement du puits doit être fait par les services chargés de l'hydraulique, en tenant compte des désirs de la population, de l'hydrogéologie et du terrain. Un puits ne peut fournir de l'eau que s'il rencontre une nappe. Les nappes peuvent être partout mais leur qualité, leur débit et leur profondeur sont très variables. On rencontre des nappes captives et des nappes libres. La nappe captive, aussi appelée nappe artésienne, est une nappe aquifère qui est confinée entre deux couches imperméables. La nappe libre, aussi appelée nappe aquifère, est une formation géologique perméable et saturée d'eau (1).

Chapitre I : l'eau dans la nature

Environ 96% de l'eau douce non gelée se trouve sous terre, ce sont les nappes phréatiques. Les réseaux de nappes phréatiques fournissent entre 25 et 40 % de notre eau potable. Ils représentent une ressource vitale dont la bonne gestion exige une compréhension des différents types d'aquifères et de leurs rythmes de renouvellement. Les aquifères les plus proches de la surface sont souvent reliés aux réseaux d'eau de surface. Ils peuvent se renouveler directement par infiltration des précipitations et de l'écoulement de surface, et s'écouler vers des cours d'eau ou des lacs. Si ces nappes diminuent, en raison du pompage, cela risque d'entraîner une réduction du débit des fleuves, un manque d'eau pour l'agriculture ou pour la consommation. Les aquifères les plus profonds peuvent se recharger indirectement à partir des eaux suintant lentement des nappes moins profondes. Mais toutes les nappes souterraines ne sont pas renouvelables. Dans de nombreuses régions du globe, nous pompons les nappes phréatiques plus rapidement qu'elles ne se rechargent. La majorité des nappes de certaines régions ont été chargées au cours des périodes précédentes, sous des climats beaucoup plus frais ou plus humides. Comme les carburants fossiles étaient créés sous des conditions qui n'existent plus depuis longtemps, cette «eau douce fossile» est considérée comme non-renouvelable (7).

L'Afrique du Nord, la Péninsule Arabe, l'Australie, la Sibérie et le centre des Etats-Unis contiennent de grands volumes d'eau fossile souterraine. L'eau douce fossile peut être un bienfait pour ceux qui vivent sous des climats arides ou semi-arides. Mais elle pose un dilemme aux gestionnaires de l'eau : l'utiliser aujourd'hui ou la conserver pour plus tard ? (7).

Une fois que les aquifères non renouvelables auront baissé et atteint un niveau qui ne justifiera plus le coût du pompage, ils cesseront d'être une ressource car ils ne se rechargeront pas dans un futur proche ni même lointain. Le pompage de cette eau risque d'avoir d'autres conséquences, par exemple l'augmentation de la salinité de l'eau due à une intrusion d'eau salée ou à un affaissement du sol (7).

Chapitre II : Pollution des eaux souterraines

II.1. Généralités

Les eaux souterraines sont, dans la plupart des cas, de meilleure qualité que les eaux de surface car elles sont moins directement exposées aux pollutions. Cependant, si les pollutions sont en général plus discrètes, elles peuvent persister beaucoup plus longtemps et il est très difficile de remédier à la contamination. Etant donné que les eaux souterraines sont souvent utilisées pour l'alimentation en eau potable, leur protection vis-à-vis des pollutions est un enjeu majeur (7).

De nos jours, les problèmes de pollution constituent un danger de plus en plus important pour l'homme. Parmi ces problèmes, la contamination de l'eau qui se pose avec acuité. En effet, l'eau est affectée de façon croissante par des matières minérales et organiques et même des micro-organismes dont certains sont pathogènes et donc dangereux pour la santé. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution, et sa protection s'impose à tous les niveaux (1).

II.2. Sources de pollution des eaux souterraines

Avec la pluie, les eaux sont entraînées en partie par ruissellements et en partie s'infiltrent contribuant à la recharge de la nappe, mais aussi sa pollution par l'entraînement des matières organiques et minérales de la surface.

Voici, une brève description de différentes sources de contamination:

II.2.1. Source naturelle

Les eaux souterraines contiennent quelques impuretés, même si elles ne sont pas affectées par les activités humaines. Les types et les concentrations d'impuretés naturelles dépendent de la nature du matériel géologique par lequel les eaux souterraines se déplacent, et de la qualité de l'eau de recharge. Les eaux souterraines se déplaçant à travers les roches et les sols sédimentaires, peuvent absorber un éventail de composés tels que le magnésium, le calcium, et les chlorures. Certaines couches aquifères ont des concentrations naturelles élevées en constituants dissous tels que l'arsenic, le bore, et le sélénium. L'effet de ces sources normales de contamination sur la qualité d'eaux souterraines dépend du type du contaminant et de ses concentrations (8).

II.2.2. Source agricole

Les pesticides, les engrais, les herbicides et les déchets animaliers sont des sources agricoles de contamination des eaux souterraines. Les sources agricoles de contamination sont nombreuses et variées: débordement des engrais et des pesticides pendant la manipulation, écoulement du chargement et lavage des pulvérisateurs de pesticide ou de tout autre équipement d'application, utilisation de produit chimique... Une région agricole qui manque de drainage est considérée par beaucoup de fermiers comme étant terre perdue du point de vue du revenu. Ainsi, ils peuvent installer des tuiles de drain ou des puits de drainage pour rendre la terre plus productive.

Les puits de drainage servent alors de conduit direct aux eaux souterraines pour les déchets agricoles.

Le stockage de produits chimiques agricoles près de conduits d'eaux souterraines, telles que les puits, les trous d'évier, est susceptible de s'accumuler et de provoquer une contamination. La contamination peut également se produire quand des produits chimiques sont stockés dans des secteurs découverts, non protégés du vent et de la pluie (8).

II.2.3. Source industrielle

Les industries de fabrication et de secteur tertiaire ont des demandes élevées en eau pour les procédés de refroidissement, de traitement ou de nettoyage. La pollution des eaux souterraines se produit quand l'eau utilisée est retournée au cycle hydrologique.

L'activité économique moderne exige le transport et le stockage de la matière employée dans la fabrication, le traitement, et la construction. De cette manière, une partie de ce matériel peut être perdue par débordement, par fuite, ou par mauvaise manipulation. L'élimination des pertes, associée aux activités ci-dessus, est une autre source de contamination des eaux souterraines. Certaines entreprises, habituellement sans accès aux réseaux d'égouts, se servent dans les eaux souterraines peu profondes. Elles emploient des fosses ou des puisards secs, ou envoient l'eau usagée dans les réservoirs septiques. Tout ceci peut mener à la contamination des sources souterraines d'eau potable. Les fosses et les puisards secs provoquent l'infiltration des déchets directement dans le sol. Les systèmes septiques ne peuvent pas traiter les pertes industrielles. Les pratiques en matière de disposition d'eau usagée de certains types d'entreprises, telles que des stations service d'automobile, fabricants de composant électrique ou de machine, processeurs de photo, sont particulièrement concernés parce que les déchets qu'ils génèrent sont susceptibles de contenir des produits chimiques toxiques. Les autres sources industrielles de contamination incluent: le nettoyage des réservoirs ou la pulvérisation d'équipement sur la terre, l'évacuation de déchets dans les systèmes septiques ou les puits secs, et le stockage de matériaux dangereux dans des secteurs découverts ou dans les secteurs qui n'ont pas des garnitures avec des drains ou des bassins de captation. D'autre part, les souterrains et les réservoirs de stockage contenant des produits pétroliers, des acides, des dissolvants ou des produits chimiques peuvent avoir des fuites dus à la corrosion, à des défauts, à des problèmes dans les installations,... L'exploitation du carburant et des minerais non-combustibles peut créer une contamination des eaux souterraines. Les problèmes proviennent du processus d'extraction lui-même, de l'élimination des déchets, et du traitement des minerais et des déchets qu'il crée (8).

II.2.4. Source résidentielle

Les systèmes résidentiels d'eau usagée peuvent être une source de différents types de contaminants, y compris des bactéries, des virus, des nitrates, et des composés organiques. Les puits utilisés pour l'évacuation des eaux domestiques usagées (les systèmes septiques, puisards, puits de drainage pour l'écoulement de précipitations exceptionnelles, puits de recharge d'eaux souterraines) sont particulièrement concernés par la qualité des eaux souterraines s'ils sont placés près des puits d'eau potable. Le stockage incorrect ou l'évacuation de produits chimiques ménagers tels que les peintures, les détergents synthétiques, les dissolvants, les huiles, les médicaments, les désinfectants, les produits chimiques de piscine, les pesticides, les batteries, l'essence et le carburant diesel peut mener à la contamination des eaux souterraines (8).

Chapitre II : Pollution des eaux souterraines

Lorsqu'ils sont entreposés dans les garages ou les sous-sols, le nettoyage des planchers, les flaques et les inondations peuvent introduire de tels contaminants dans les eaux souterraines. Lorsqu'ils sont jetés dans les poubelles des particuliers, ces produits seront éventuellement introduits dans les eaux souterraines si les déchetteries ne sont pas équipés pour traiter les matériaux dangereux. De même, les déchets vidés ou enterrés dans la terre peuvent souiller les sols et s'écouler dans les eaux souterraines (8).

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

III.1. Présentation de la zone d'étude

III.1.1. Oued Seddeur

Le site à partir duquel la ressource est transférée, est dit « oued Seddeur ». L'aquifère sollicité est une bicouche constitué par:

1. Les grès de l'Albien.
2. La formation gréseuse et argilo- gréseuse du Barrémien.
3. 10 forages sont achevés à ce jour, avec un débit mobilisé de l'ordre de 345 L/S.

Le présent rapport a pour objet la détermination de la variation du niveau dynamique dans les forages pour différentes périodes d'exploitation. Le résultat de cette simulation, va nous permettre dans un premier temps, de suivre l'évolution des rabattements dans les aquifères exploités du point de vu spatio-temporel et secundo, fixer la longueur de la chambre de pompage pour les futurs ouvrages d'exhaures à réaliser (10).

III.1.2. Localisation du champ de captage d'Oued Seddeur

Le champ captant d'oued seddeur est situé à 26 km au sud de la ville de Djelfa, il chevauche deux communes, celles d'Ain el bel et Tadmit (10).

Il est limité au

Nord : par le Djebel djellal al Rharbi.

Sud - Est:, par Bir hamida.

Est: par l'Oued Roumia

Et à l'Ouest: par l'Oued Tadmit.

Les coordonnées géographiques du champ captant sont :

X = 03° 01' 31.64" E Y = 34° 19' 57" N

X = 03° 11' 54" E Y = 34° 27' 3.75"

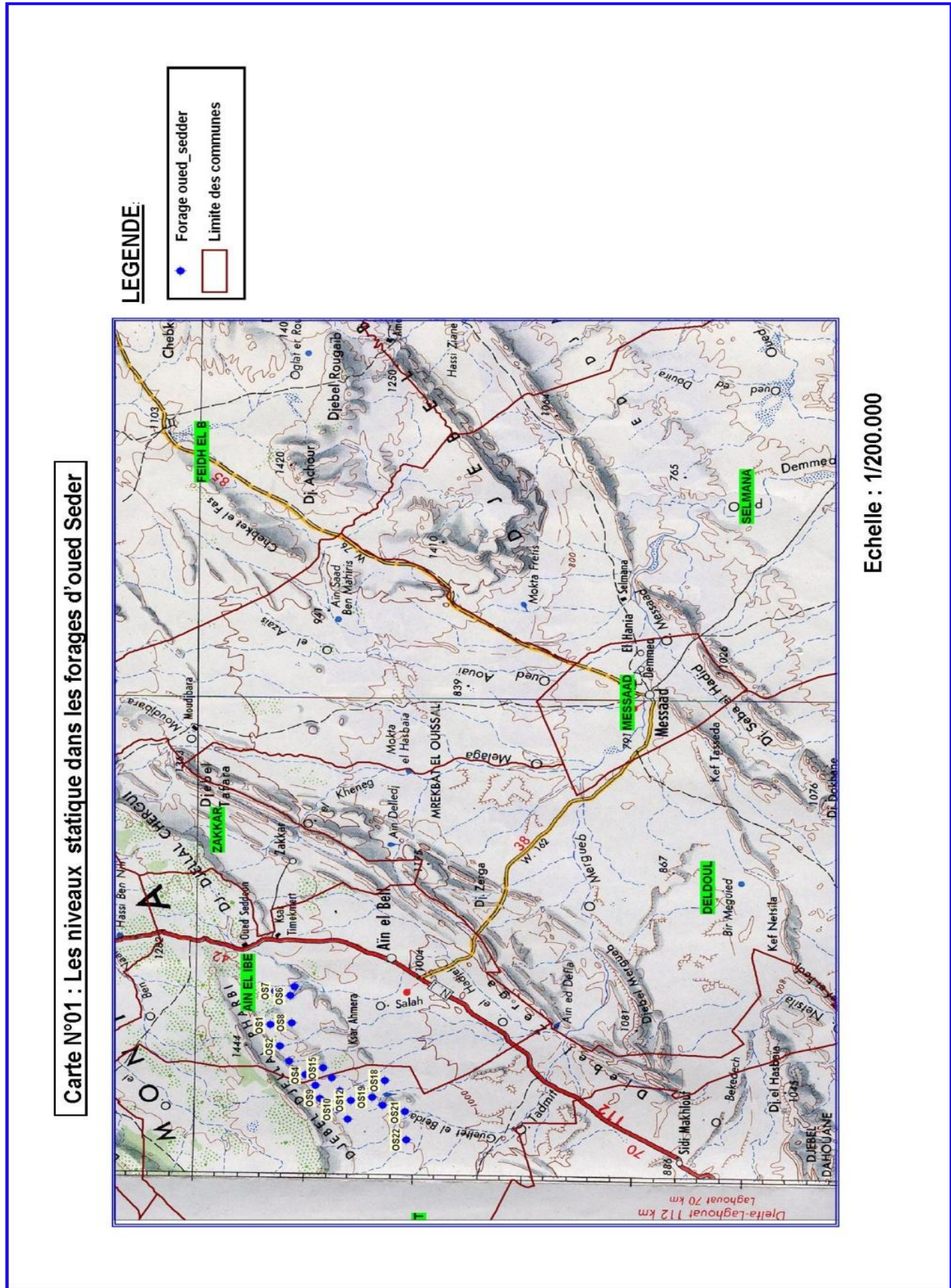


Figure 2 : Les niveaux statiques des forages d'Oued Seddeur (10).

III.1.3. Aperçu géologique

Le site du champ captant d'oued seddeur fait partie du synclinal de Djelfa. Il se présente comme une bande allongée sud ouest – Nord est, est constituée par les formations grés argileuses et carbonaté du crétacé inférieur (10).

La série géologique de la zone s'étend du barrémien au quaternaire, est formée de haut en bas comme suit :

III.1.3.1. Quaternaire (Holocène)

Il est composé de sables, graviers et argiles, et d'alluvions récentes par endroit des éboulis de pentes et d'accumulation des piémonts (10).

III.1.3.2. MP1 : Mio-pliocène

Le Mio-pliocène est composé d'argiles, de conglomérats, de calcaires lacustres et de marnes (50 m).

III.1.3.3. Crétacé supérieur

Le Crétacé est une période géologique qui s'étend de $\approx 145,0$ à $66,0$ millions d'années (Ma). Elle se termine avec la disparition des dinosaures non-aviens, de ammonites et de nombreuses autres formes de vie. Cette période est la troisième et dernière de l'ère Mésozoïque ; elle suit le Jurassique et précède le Paléogène (10).

Le Crétacé supérieur est la plus récente subdivision du Crétacé. Il est généralement considéré comme étendu de $99,6$ à $65,5$ Ma. Il se termine avec une extinction massive(10).

III.1.3.3.1. Campanien – Maëstrichtien

Ensemble marneux à la base et calcaire varié au sommet (180 à 250m) (10).

III.1.3.3.2. Coniacien – Santonien : Calcaire.

Le Coniacien est un étage géologique du Crétacé supérieur. On le situe entre $-89,8 \pm 0,3$ et $-86,3 \pm 0,5$ Ma, après le Turonien et avant le Santonien. Le Santonien est un étage stratigraphique du Crétacé supérieur. On le date entre $-86,3 \pm 0,5$ et $-83,6 \pm 0,2$ Ma, après le Coniacien et avant le Campanien (10).

III.1.3.3.3. Turonien: Calcaire dolomitique et marne (150 à 400m) (10).

III.1.3.3.4. Cénomaniens

Ensemble marno-calcaire avec présence de gypse (250 à 500m) (10).

III.1.3.5. Crétacé Inférieur

Le Crétacé inférieur est la période la plus ancienne du Crétacé. On considère généralement qu'il s'est étendu de 146 Ma à 100 Ma (10).

III.1.3.5.1. Albien

Grès et lentilles d'argiles, et calcaire ocre (300 à 500m).

III.1.3.5.2. Aptien

L'Aptien est l'avant-dernier étage stratigraphique du Crétacé inférieur. Il s'étend de $\approx -125,0$ à $\approx -113,0$ Ma, succédant au Barrémien et précédant l'Albien. Il est calcaire lithographique et marne (70 à 150m) (10).

III.1.4. Hydroclimatologie

La région d'oued Seddeur se situe entre deux sous bassins versants, d'une part celui du Zahrez et d'autre part le chott Melghir (10).

La zone d'étude se caractérise par un climat semi-aride à forte continentalité. La pluviométrie est, en général, irrégulière et caractérisée par une forte variabilité intermensuelle et interannuelle. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 250 mm/an (station de Tadmit) (10).

La température moyenne annuelle est de 13.4 °C et la moyenne mensuelle est de -0.8 à 33.5 °C. L'humidité relative moyenne annuelle est de l'ordre de 56% (10).

Le réseau hydrographique dans la région d'oued seddeur est constitué par des cours d'eaux temporaires qui entaillent les structures géologiques de crétacé inférieur. Parmi ces oueds on a : oued Roumia, Safia, Djenbia, et Snouber...etc. (10).

III.2. Contexte hydrogéologique

III.2.1. Structure du System aquifère

Suivant les séries litho-stratigraphique décrites dans la région d'étude, le système aquifère d'oued seddeur peut être assimilé à une bicouche constitué par :

III.2.1.1. La nappe de l'Albien

Caractérisé par des formations gréseuses compactes avec des passages marneux à la base, constituant un substratum. L'aquifère albien affleure en bandes étroites et allongées suivant la direction Sud ouest- Nord Est, le pendage des couches est régulier, et varie entre 15° à 25 ° de direction NW(10).

III.2.1.2. La nappe du Barrémien

Constitué par des grès rouges, parfois blanchâtres ou jaunâtre. Les grès sont compacts en général.

III.2.2. Paramètres hydrodynamiques

III.2.2.1. Transmissivité-Débit et Débit spécifique

III.2.2.1.1. L'aquifère Albien

1. Le niveau statique oscille entre 43.01m (Os4) et 86.26 m (Os2).
2. Débit variant entre 20 et 45 l/s
3. Transmissivité dans le champ captant varie entre 2.25×10^{-2} m²/s et 7.08×10^{-3} m²/s.
4. Débit spécifique varie entre 0.5 et 3.89 l/s/m.

III.3. Forages étudiés

Nous allons étudier la qualité des eaux de 8 forages de l'Oued Seddeur et le forage de l'université.



Photo 1 : Vue extérieure du forage



Photo 2 : Vue intérieure du forage

III.3.1. Débits des forages

A ce jour, 10 forages sont achevés. Les eaux de 08 d'entre eux sont acheminées vers un château principal où elles sont traitées à l'eau de javel. Les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau du château d'eau peuvent être considérées comme étant la moyenne de ces paramètres pour chaque forage(10).

Tableau I : Débits des forages d'Oued seddeur

Forages	F1	F2	F3	F3	F5	F6	F7	F8	total
Débit (l/s)	20	30	30	35	45	40	40	25	265

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques (9).

III.4.1. Paramètres physico-chimiques

III.4.1.1. Température

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C. L'activité métabolique des organismes aquatiques est également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes (10).

La température d'une eau potable doit être inférieure en été, supérieure en hiver à la température de l'air (11).

La source principale de nuisance thermique pour les eaux de surface est constituée par les centrales thermiques (70 à 80 %), le reste étant lié à la métallurgie, aux industries chimiques et alimentaires, etc. (12,13).

L'élévation de la température s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface et d'une diminution de la solubilité des gaz, en plus cette augmentation de la température favorise l'autoépuration, et accroît la vitesse de sédimentation (14).

III.4.1.2. pH

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques. Il intervient avec d'autres paramètres (11).

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6 (15). Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (10).

III.5. Evaluation de la qualité des eaux

Le Système d'évaluation de la Qualité de l'eau, ou SEQ-Eau, est un outil pour caractériser et évaluer la qualité des eaux (de surface ou souterraines) en France. Il est utilisé depuis le début des années 2000 par tous les acteurs de l'eau.

Ce système est basé sur la notion de l'indice de qualité pondéré qui est calculé pour chaque paramètre et pour chaque altération (16).

III.5.1. La grille de qualité de 2012

La grille de qualité associe, pour une série de paramètres principalement physico-chimiques, des valeurs seuils à 5 classes de qualité. Cette grille dite « multi-usages » est construite sur la base d'une évaluation sommaire des aptitudes de l'eau aux principaux usages anthropiques et à la vie des poissons (Tableau 2) (11).

La qualité générale d'une eau est celle du paramètre important le plus défavorable. Cependant, deux paramètres secondaires sont nécessaires pour déclasser une eau.

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

Tableau 2 : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux souterraines 2012 (12).

Classes de qualities	Excellent	Bonne	Moyenne	Mauvaise	Très mauvaise
Indices	100-80	80-60	60-40	40-20	20-0
Temperature					
Temperature de l'eau	20-21,5	21,5-25	25-28	28<	-
Acidification					
PH	6,5-8,2	6,0-9	5,5-9,5	4,5-10	-
Métiers azotes hors nitrates					
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,1-0,5	0,5-2	2-5	5<	-
NKJ (mg/l N)	1-2	2-4	4-10	10<	-
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,03-0,3	0,3-0,5	0,5-1	1<	-
Nitrates					
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2-10	10-25	25-20	50<	-
Métiers phosphoric					
PO ₄ ³⁻ (mg/l PO4)	0.2-0,5	0,5-1	1-2	2<	-
Phosphor total (mg/l)	0,05-0,2	0,2-0,5	0,5-1	1<	-

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

conductivité mini ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	180-2500	120-3000	60-3500	04000	>04000<
Chlorures (mg/l)	50-100	100-150	150-200	200<	-
Sulfates (mg/l)	60-120	120-180	190-250	250<	-
Calcium (mg/l)	32-160	22-230	12-300	0-500	>0-500<
Magnésium (mg/l)	50-75	75-100	100-400	400<	-
Sodium (mg/l)	200-225	225-250	250-750	750<	-

Cinq classes de qualité sont aussi définies selon les lettres A, B, C, D et E

A : eau de bonne qualité, permettant généralement tous les usages.

B : eau de qualité satisfaisante, permettant généralement la plupart des usages.

C : eau de qualité douteuse, certains usages risquent d'être compromis.

D : eau de mauvaise qualité, la plupart des usages risquent d'être compromis.

E : eau de très mauvaise qualité, tous les usages risquent d'être compromis (11).

Chaque classe est définie par un ensemble de valeurs seuils que les différents paramètres physico-chimique ou biologiques ne doivent pas dépasser.

III.5.2. Le système d'évaluation de la qualité (SEQE) 2012

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau, permet d'évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à assurer certaines fonctionnalités. Les évaluations sont réalisées au moyen de plusieurs paramètres physico-chimiques et chimiques regroupés en des indicateurs, appelés altérations. Ces altérations comprennent des paramètres de même nature ou ayant des effets comparables sur le milieu aquatique ou les usages. En identifiant les altérations, le SEQ E, permet un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de correction nécessaires pour son amélioration en fonction des utilisations souhaitées (11).

La qualité de l'eau est décrite, pour chacune des altérations, à l'aide de 5 classes de qualité allant du bleu pour la meilleure, au rouge pour la pire et d'un indice variant en continu de 0 (le pire) à 100 (le meilleur) (Figure 5). L'indice de qualité permet de juger de l'évolution de la qualité de l'eau à l'intérieur d'une même classe, sans même qu'il y ait de changement de classe. Ce qui permet une évaluation précise (11).

L'indice d'un paramètre s'obtient par pondération et l'indice d'une altération s'obtient par la moyenne des valeurs pondérées des paramètres caractérisant la dite altération (11).

L'indice de qualité global de l'eau est l'indice le plus faible obtenu par pour l'ensemble des altérations considérées, La classe de qualité obtenue est celle de l'altération avec l'indice le plus bas (11).

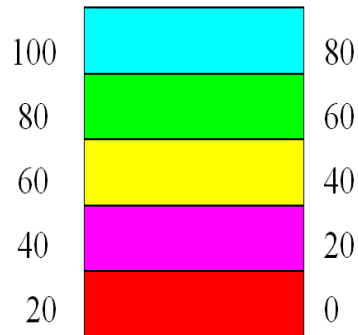


Figure 5 : Les classes et les indices de qualité

III.5.3. Normes de qualité des eaux

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques. Elle doit par ailleurs, être limpide, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable. En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique (1).

A l'addition de les normes SEQE et l'Organisation Mondiale de la Santé (O M S) relatives à la qualité de l'eau de boisson. Ainsi pour notre étude nous nous référons aux normes de l'OMS et les normes algériennes de l'eau potable dans les tableaux qui suivent :

III.5.3.1. Normes de l'OMS sur l'eau potable

Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable (Tableau 3) (18).

III.5.3.2. Les normes de paramètres physico-chimiques et paramètres indésirable selon normes algériennes

En Algérie, Il existe des normes officielles pour la qualité de l'eau potable (Tableau 4).

Tableau 3 : Normes de l'OMS sur l'eau potable (18).

Element/substance	Symbol/formule	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	Al	0,2 mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	Pas de contraintes
Antimoine	Sb	0.02 mg/l
Arsenic	As	0,01 mg/l
Baryum	Ba	0,7 mg/l
Béryllium	Be	Pas de valeur guide
Bore	B	0.5mg/l
Cadmium	Cd	0,003 mg/l

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

Chlore	Cl ⁻	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Chrome	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	chrome total : 0,05 mg/l
Couleur		Pas de valeur guide
Cuivre	Cu ²⁺	2 mg/l
Cyanure	CN ⁻	0,07 mg/l
oxygène dissous	O ₂	Pas de valeur guide
Fluorure	F ⁻	1,5 mg/l
Dureté	mg/l CaCO ₃	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	H ₂ S	0.05 à 1 mg/L
Fer	Fe	Pas de valeur guide
Plomb	Pb	0,01 mg/l
Manganèse	Mn	0,4 mg/l
Mercure	Hg	inorganique : 0,006 mg/l
Molybdène	Mb	0,07 mg/l
Nickel	Ni	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	NO ₃ ⁻ NO ₂ ⁻	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité		Non mentionnée
pH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Sélénium	Se	0,01 mg/l
Argent	Ag	Pas de valeur guide
Sodium	Na	Pas de valeur guide
Sulfate	SO ₄ ²⁻	500 mg/l
Etain inorganique	Sn	Pas de valeur guide : peu toxique
TDS		Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	U	0.015 mg/l
Zinc	Zn	3 mg/l

Tableau 4 : Normes de l'ADE sur l'eau potable (10).

Parameters	Unités	Les normes AL
pH	Unité pH	6.5-8.5
La conductivité électronique		2800
La turbidité	NTU	5

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

La dureté	°F	50
L'alcalinité	°F	-
L'anhydride carbonique libre	mg/l	-
Les chlorures	mg/l	200
Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	0,1
Magnésium	mg/l	150
Calcium	mg/l	200
Sodium	mg/l	200
Aluminium	mg/l	0,2
Potassium	mg/l	20
Résidu sec	mg/l	2000
chlorure	mg/l	500
sulfate	mg/l	400
Ammonium	mg/l	0,5
Phosphate	mg/l	1,5
fer	mg/l	0,3
Manganèse	mg/l	0,5
Cuivre	mg/l	1,5
Zinc	mg/l	5
plomb	mg/l	0,05
Chrome total	mg/l	0,05
Cadmium	mg/l	0,01
mercure	mg/l	0,001
Cyanure	mg/l	0,05
Arsenic	mg/l	0,05
Phénol	mg/l	0,002

III.6. Paramètres étudiés

Dans notre étude, nous allons étudier quatre paramètres chimiques : Nitrates, Nitrites, Orthophosphates et Sulfates.

III.6.1. Nitrates et nitrites

Les Nitrates et les nitrites sont des substances chimiques naturelles qui entrent dans le cycle de l'azote. Ce sont des ions naturels présent partout dans l'environnement, ils sont tous les deux le produit de l'oxydation de l'azote (ils représentent 78 % de l'atmosphère) (14).

III.6.1.1. Nitrates

Les nitrates sont, d'un point de vue chimique, des sels de l'acide nitrique. Ces sels sont caractérisés par la présence de l'ion nitrate NO_3^- . Le nitrate est un composé inorganique et il est composé d'un atome d'azote et de trois atomes d'oxygène (14).

C'est la forme oxyde la plus stable, ils sont peu réactifs et beaucoup utilisés dans les engrais, forment des substances chimiques brutes dans divers procédés industriels et comme agent de conservation des aliments (15).

Les nitrates représentent le composant le plus stable des formes de l'azote, mais sous l'action microbienne, ils peuvent être réduits en nitrite, qui est la forme la plus toxique (16).

Ils existent naturellement dans les sols et les eaux. Les ions nitrates se forment naturellement au cours du cycle de l'azote, notamment lorsque des matières organiques se décomposent, par l'action des bactéries du sol (16).

Le nitrate n'est normalement pas dangereux pour la santé à moins qu'il soit réduit en nitrite (NO_2^-), (14) Dans l'eau souterraine, le nitrate provient principalement de la décomposition des matières végétales et animales, des engrais, du fumier et des eaux usées (15).

L'azote organique se transforme par oxydation en composés ammoniacaux puis en nitrates. Les nitrates sont également fabriqués de manière industrielle, à partir de l'azote de l'air et de gaz naturel, car ce sont des engrais (14).

III.6.1.2. Nitrites

Le Nitrite NO_2^- est très instable, très réactif il peut jouer le rôle d'oxydant ou de réducteur, cette grande instabilité explique en partie sa toxicité (16).

En raison de la stabilité de l'ion nitrate la plus part des substances azotées de l'environnement ont tendance à se transformer en nitrate. Par conséquent toutes les sources d'azote (notamment l'azote organique l'ammoniacal et les engrais) devraient être considérées comme source des nitrates dans l'eau (en particulier les eaux souterraines) comprennent les matières animales et végétales en décompositions (15).

Pour ces raisons, le consommateur est devenu méfiant à l'égard de l'eau de robinet lorsqu'il est citadin ou à l'égard de l'eau de puits lorsqu'il vit à la campagne et ce manque d'intérêt, l'a naturellement incité à boire de l'eau embouteillée (16).

III.6.1.3. Nitrates - nitrites et l'environnement

Les fertilisants agricoles, le fumier, les rejets domestiques d'eaux usées et la décomposition d'organismes végétaux et animaux figurent parmi les sources les plus importantes de nitrates et nitrites. Compte tenu de leur très grande solubilité dans l'eau, les sels de nitrates et de nitrites peuvent migrer facilement dans le sol et se retrouvent dans les eaux souterraines servant de sources d'approvisionnement en eau potable (14).

L'origine des nitrates dans l'eau souterraine est principalement due aux engrais, aux systèmes septiques, et du stockage des engrais ou des systèmes de diffusions. Les engrais à l'azote ne sont pas absorbés par les plantes, volatilisés, ou emportés par le nettoyage des surfaces dans les eaux souterraines sous forme de nitrate. Ceci rend l'azote non disponible pour les plantes, et peut également augmenter la concentration dans les eaux souterraines au-dessus des

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

niveaux admissibles pour la qualité de l'eau potable. Les systèmes septiques éliminent seulement la moitié de l'azote des eaux usées, laissant l'autre moitié dans les eaux souterraines, ceci conduit à une augmentation des concentrations en nitrate (15).

Les nitrates (NO_3^-) constituent le stade final de l'oxydation de l'azote présent dans la nature sous différentes formes. En agriculture, ils sont utilisés principalement pour fertiliser les cultures (engrais minéraux et organiques, déjections animales). Si les nitrates sont appliqués en trop grande quantité ou au mauvais moment, les excès non absorbés par les plantes sont lessivés par les pluies et rejoignent les eaux souterraines et les eaux superficielles et dans ce cas l'excès de nitrates peut être considéré comme dangereux pour la santé humaine. Les concentrations élevées en nitrates et nitrites dans l'eau constituent un problème de pollution et de santé publique dont les paramètres sont liés à nos conditions de vie (14).

Pourquoi ces composés suscitent-ils donc une inquiétude? Parce que les nitrates s'accumulent dans notre environnement et constituent le premier maillon d'une chaîne de transformation biologique et chimique qui aboutit à la formation de composés toxiques dans notre organisme. En outre, si les teneurs indiquent une concentration de nitrates- nitrites supérieure à 50 mg/l, il faudra vérifier la présence de sources de contamination au voisinage du lieu de captage comme la fosse septique et l'épandage de fumier ou d'engrais, et apporter au besoin les correctifs appropriés (16).

III.6.1.4. Effets des nitrates - nitrites sur la santé

Chez l'homme les nitrates ne présentent aucune toxicité, mais constituent le premier maillon d'une chaîne de transformation biologique et chimique qui aboutit à la transformation de composés toxiques dans notre organisme par contre les nitrites peuvent être mortels à forte dose dans le sang (14).

La consommation d'une eau ayant une concentration supérieure à 50 mg/l (OMS) peut représenter une source importante de nitrates. L'eau consommée peut produire une maladie, la méthémoglobinémie, qui affecte la capacité du sang à transporter l'oxygène. Les bébés de moins de six mois font partie du groupe le plus à risque et ne doivent pas consommer une eau dont la concentration en nitrates est supérieure à 50 mg/l. Par mesure de prudence, Les femmes enceintes consommant de l'eau chargée en nitrates peuvent indirectement entraîner une anémie de l'enfant en cours de développement (16).

La méthémoglobinémie est depuis longtemps considérée comme l'effet cible préoccupant chez les humains exposés au nitrate dans l'eau potable. Des études scientifiques démontrent des cas de méthémoglobinémie chez des nourrissons alimentés au biberon, qui sont la population vulnérable pour cet effet. Des résultats des études récentes chez les animaux et les êtres humains suggèrent que des effets sur la fonction de la glande thyroïde sont aussi un effet cible préoccupant. Des études ont indiqué un effet chez les enfants d'âge scolaire, mais aucune étude n'a été menée chez les nourrissons, qui seraient aussi la population vulnérable pour cet effet sur la santé. De plus, les données scientifiques actuelles laissent supposer l'existence d'un lien entre le cancer et l'exposition au nitrate dans l'eau potable lorsque les conditions causent une nitrosation dans le corps humain (15).

Même s'il n'existe aucune étude qui pourrait, seule, être utilisée pour établir une recommandation pour le nitrate dans l'eau potable, les études disponibles menées chez les

humains ne montrent aucun effet néfastes à la santé (que ce soit la méthémoglobinémie ou des effets sur la glande thyroïde) à des niveaux inférieurs à 45 mg/L. À ce niveau d'exposition, l'augmentation estimée de risque de cancer serait dans la plage de concentrations considérée essentiellement négligeable par Santé Canada (11).

III.6.1.5. Aspect toxicologique des nitrates et des nitrites

Dans un milieu acide, l'estomac de l'être humain, l'ion nitrite donne naissance à de l'acide nitreux qui génère du dioxyde d'azote. Le dioxyde d'azote est capable de réagir avec des substances azotées qu'on appelle amines (les nitrosamines). Les nitrosamine endommagent les gènes et provoquent des cancers dans toutes les espèces animales (14).

III.6.1.6. Métabolisme des nitrates et des nitrites chez l'homme

L'ion nitrate est la forme stable de l'azote, Une fois ingère, il peut être réduit en nitrite par des bactéries présentes dans le corps, en particulier dans la bouche, mais aussi l'intestin grêle et le colon. A partir de 25 mg/L, Les nouveaux-nés peuvent manquer d'oxygène parce que les nitrites issus des nitrates oxydent le fer ferreux (Fe^{2+}) de l'hémoglobine des globules rouges en fer ferrique (Fe^{3+}). La méthémoglobine qui en résulte est incapable de fixer l'oxygène (14). Plus on consomme de nitrates dans l'eau, plus on fabrique de nitrosamines. Les populations qui affichent des taux élevés de cancers de l'œsophage et de l'estomac sont aussi celles chez lesquelles on retrouve des taux élevés d'une nitrosamine,

La N-nitrosopropylamine. Plusieurs études ont trouvé que les nitrates de l'eau augmentent le risque de certains cancers. En fait, la toxicité des nitrates varie selon l'environnement dans lequel ils sont métabolisés. La vitamine C bloque la formation de nitrosamines en réduisant l'ion nitrite en monoxyde d'azote (16).

III.6.1.7. Métabolisme

Le nitrate ingéré est facilement absorbé par la partie supérieure de l'intestin grêle et rapidement distribué dans tout l'organisme. Environ 25 pour cent sont circulés dans la salive, et 20 pour cent environ de ce qui est contenue dans celle-ci sont transformés en nitrite par la microflore buccale, si le pH de l'estomac est élevé les bactéries réductrices prolifèrent et le nitrate se trouve converti en nitrite. La production de nitrite augmente avec l'âge et est stimulée par les infections bactériennes provoquant la diarrhée. Le nitrite est facilement absorbé dans l'estomac et dans l'intestin grêle (14).

Dans l'estomac, il peut réagir avec les amines secondaires et tertiaires, présentes dans les aliments comme le fromage ou la viande, pour former des composés Nitrosés. L'estomac est le siège d'une synthèse endogène de nitrate, estimée à environ 62 mg/jour. Cette synthèse augmente considérablement pendant les infections gastro-intestinales et selon le type d'infection, on peut observer également la synthèse de grandes quantités de nitrites. Dans les conditions normales, de 80 à 100 pour cent du nitrate ingère par les nourrissons sont excrétés dans l'urine (14).

III.6.2. Orthophosphates

Les phosphates sont des composés phosphorés. Dans la nature, le phosphore (P) est généralement présent sous forme de molécules de phosphates (17). Dans les eaux naturelles et les eaux usées, le phosphore se trouve principalement sous la forme de phosphates.

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

Différentes formes de phosphates existent dans l'environnement comme les ortho phosphates ou «phosphore réactif», les phosphates hydrolysables et les phosphates organiques (17).

Les ortho phosphates (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), qui sont des sels minéraux de l'acide phosphorique (H_3PO_4). Cette forme, parfois notée o-P, est également appelée lors de la mesure des concentrations dans les eaux « phosphore réactif » (18).

III.6.2.1. Sources de phosphate

Contrairement à l'azote, les composés gazeux du phosphore sont presque inexistant dans l'atmosphère. Il n'existe donc pas de réservoir atmosphérique important.

Le phosphore est naturellement présent dans certaines roches (ignées ou sédimentaires). Le lessivage de celles-ci par les processus naturels d'érosion conduit à sa solubilisation dans les milieux aquatiques. En absence d'intervention humaine, les eaux de surfaces contiennent cependant très peu de phosphates. Meybeck (1989) n'estime que la teneur naturelle (aussi appelée fond biogéochimique) en PPO_4^{3-} des cours d'eau est inférieure à 0,025 mg. L1et dépend principalement de la nature du substratum géologique (17).

Le phosphore est un élément minéral nutritif essentiel pour les végétaux, présent entre autres dans l'ADN et les molécules énergétiques type ATP (19).

En conditions naturelles, le phosphore est présent en très faible quantité dans les eaux souterraines (19).

Les ortho phosphates dissous dans l'eau sont utilisables pour la croissance des végétaux, ils sont « bio disponibles ». Lors de la décomposition de la matière organique phosphorée, les bactéries présentes dans les eaux, les sédiments et les sols la transforment en phosphates minéraux dissous selon le processus de Minéralisation (18).

Les phosphates sont moins aisément lessivables que les nitrates. Ils s'adsorbent aisément aux particules de sol, de sédiment et aux particules en suspension pour former des complexes organiques ou minéraux. Par conséquent lors de l'infiltration de l'eau dans les sols, une fraction des phosphates Initialement dissous dans l'eau sera retenue par les particules de sol.

Une partie est généralement entraînée et contamine les eaux superficielles et les nappes phréatiques (11).

Ils peuvent être dissous ou particulaires. Les ortho phosphates sont les phosphates qui peuvent être dosés sans hydrolyse ou sans digestion oxydante.

La présence du phosphore dans les eaux naturelles vient principalement de l'utilisation des détergents ainsi que du drainage des terres agricoles fertilisées. En général (17).

III.6.2.2. Phosphates et environnement

L'enrichissement excessif des eaux en phosphate provoque l'eutrophisation des eaux concernées. Cette eutrophisation se manifeste par une prolifération des algues et des herbiers, dans des zones où d'autres facteurs (température, éclaircissement, vitesse, nutriments) ne limitent pas le développement végétal. Ces conditions sont généralement réunies dans les plans d'eau et cours d'eau très lents (canaux, biefs) (17).

En Bretagne, l'enrichissement en matières nutritives azotées et phosphorées des eaux s'exprime par des proliférations de phytoplanctons. Cette situation peut avoir des effets

Chapitre III : Zone d'étude et paramètres étudiés

importants sur l'environnement comme la baisse de l'oxygène dissous, la modification de la couleur de l'eau et le dégagement d'odeurs désagréables lors de la décomposition de ces micro-organismes. Les cyanobactéries, par exemple, peuvent également libérer des toxines qui sont nocives pour les mammifères et l'homme en particulier. Cela peut avoir des conséquences sur les usages de l'eau (baignades, activités nautiques, potabilisation) et sur l'économie locale (18).

En milieu côtier, le stockage de phosphore dans les sédiments estuariens rend cet élément nutritif disponible pour la production végétale (phytoplancton, algues). Il participe à leur prolifération (algues vertes et blooms phytoplanctoniques). Même si l'azote, et non le phosphore, est l'élément déterminant pour la prolifération des algues vertes en Bretagne, cette modification de l'équilibre biologique du milieu a des conséquences sur l'écologie aquatique. L'eutrophisation des eaux côtières peut entraîner des phénomènes d'hypoxie ou anoxie, c'est-à-dire un manque ou une absence d'oxygène dissous dans l'eau à cause de sa consommation accrue par les bactéries aérobies qui décomposent les végétaux morts (20).

III.6.2.2. Effets sur la santé

Concernant les effets sur la santé humaine, le phosphore ne constitue pas une menace directe aux doses et sous les formes rencontrées dans les eaux de boisson provenant du réseau d'eau potable. Il ne présente aucune toxicité et est essentiel dans l'alimentation humaine (11).

Cependant, l'excès de phosphore favorise la prolifération de cyanobactéries dans les plans d'eau. Ces dernières présentent une réelle menace sur le plan sanitaire.

Par leur masse, les cyanobactéries peuvent entraîner des problèmes de gestion du traitement de l'eau pour sa potabilisation (perturbation des filtrations). De plus, les toxines, peuvent déjà être présentes dans les eaux brutes ou être libérées lors du traitement de potabilisation de l'eau. Cependant, même si elles ne sont pas éliminées par les traitements physico-chimiques conventionnels (coagulation, floculation, décantation, filtration), elles réagissent aux traitements par oxydation (ozonation, chloration) et par l'emploi de charbon actif (17).

Un excès de phosphore (on parle d'hyperphosphorémie) peut causer :

- un trouble hormonal : insuffisance de fonctionnement de la glande parathyroïde,
- un mauvais fonctionnement des reins (insuffisance rénale).

Parmi les conséquences : des troubles digestifs, à plus long terme des problèmes de vaisseaux, mais également osseux (18). Un excès de phosphore perturbe le métabolisme du calcium et la minéralisation osseuse (20). Le phosphore en excès est soupçonné depuis quelques années de favoriser les maladies cardiovasculaires, osseuses et rénales (17). Un taux élevé de phosphore est associé à une mortalité plus élevée, mais on en sait encore peu sur les risques associés à la consommation de phosphore (20).

III.6.3. Sulfates

Le sulfate (SO_4^{2-}) est composé de soufre (S) et d'oxygène (O). Cet élément est présent à l'état naturel dans le sol et la roche (20).

Les sulfates (SO_4^{2-}) peuvent être trouvés dans presque toutes les eaux naturelles (22).

III.6.3.1. Sources de Sulfate

Les sulfates sont présents à l'état naturel dans divers minéraux. Le sulfate de calcium est la forme la plus souvent retrouvée dans les eaux souterraines et les concentrations les plus élevées sont généralement d'origine naturelle. Toutefois, leur présence dans les eaux peut aussi provenir des apports agricoles et des rejets industriels (21).

L'origine de la plupart des composés sulfates 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 (22).

III.6.3.2. Effets sur l'environnement

Les animaux sont sensibles aux niveaux élevés de sulfate. Pour les jeunes animaux, de hauts niveaux de sulfates peuvent créer des diarrhées sévères et dans certains cas la mort, les animaux ont tendance à s'habituer aux eaux fortement chargées en sulfate avec le temps. En diluant l'eau chargée (22), Il est déconseillé d'utiliser une eau renfermant plus de 1000 mg/l pour l'abreuvement des animaux (24).

Les sulfates contribuent aux pluies acides, qui acidifient les milieux naturels. Ils réduisent aussi la visibilité lors des épisodes de smog (23).

Une teneur en sulfates élevée rend également l'eau agressive, ce qui accentue la corrosion rapide des équipements de distribution (24).

III.6.3.3. Risques pour la santé

Les personnes pas habituées à boire de l'eau avec un niveau important de sulfate peuvent souffrir de déshydratation et de diarrhées en buvant celle-ci. Les enfants sont souvent plus vulnérables que les adultes (24).

Les sulfates ont une toxicité aiguë très faible, cependant un effet laxatif est observé pour des teneurs supérieures à 1000 mg/l. Afin de prendre en compte cet éventuel effet laxatif pour les nourrissons, il est recommandé de ne pas utiliser une eau contenant plus de 250 mg/l de sulfates, référence de qualité fixée par le Code de la Santé Publique (23).

Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériaux et Méthodes

IV.1. Echantillonnage

Les prélèvements d'eau ont été effectués manuellement. Des bouteilles en polyéthylène de 2 litres propres et nettoyées à l'aide d'une solution d'acide nitrique diluée (1N) ont été utilisées. Avant chaque prélèvement, les flacons sont rincés avec de l'eau prélevée afin d'éviter toute contamination des échantillons.

IV.2. Matériel

- Spectrophotomètre
- Etuve
- pH mètre
- Flacon de 500 ml
- Fioles en verre et plastique
- Ballons de 100 ml
- Bêchers de 50 ml
- Erlenmeyers
- Burette de 10 ml ou 25 ml
- Cuvette de 10 ml ou 25 ml
- Pipette de 2 ml
- Ciseaux et poires
- Plaque chauffante
- Eprouvette de 50 ml
- Agitateur magnétique
- Barreau magnétique
- Baguette et papier hygiénique

IV.3. Méthodes

Il y a plusieurs méthodes et appareils pour calculer les concentrations de paramètres des 4 composantes étudiés. Dans ce travail nous avons opté pour la méthode spectrophotométrique.



Photo 3 : Photo de la spectrophotométrie (UV Mini 1240)

Principe de la spectrophotométrie

Le spectrophotomètre fait passer une radiation (lumière) monochromatique (une seule longueur d'onde) à travers une longueur l (longueur de la cuve du spectrophotomètre) de solution et mesure l'absorbance A (grandeur liée à la quantité de lumière absorbée par la solution) (25).

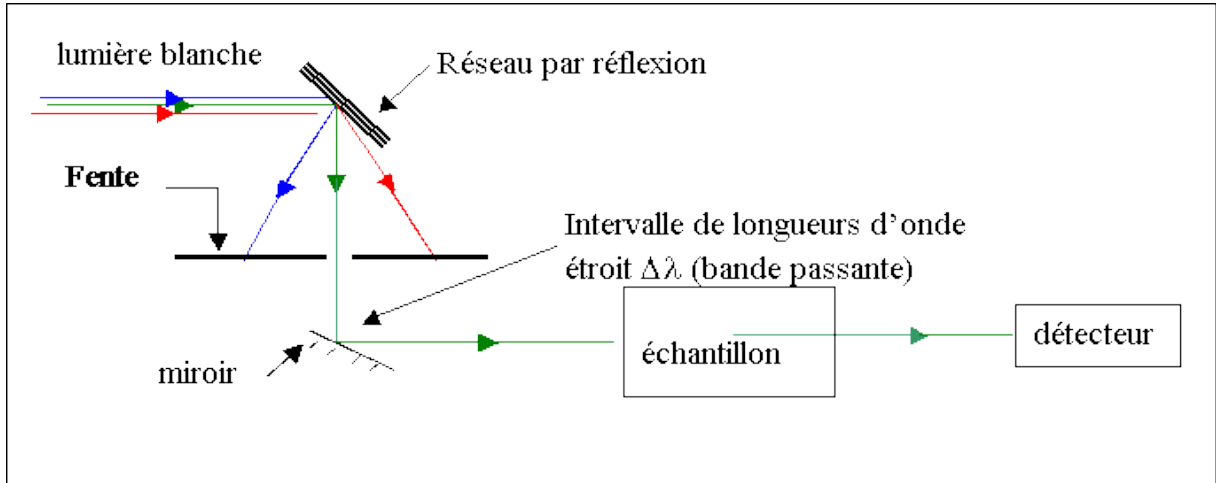


Figure 6 : Principe de la spectrophotométrie (25)

Soit I_0 l'intensité de la lumière incidente et I l'intensité de la lumière transmise.

Le spectrophotomètre compare I et I_0 à travers soit la transmittance T ($T = I / I_0$) ou l'absorbance $A = - \text{Log } T$.

Si l'énergie associée à la radiation de longueur d'onde λ_1 n'est pas du tout absorbée par la solution étudiée, alors $A(\lambda_1) = 0$. Si l'énergie associée à la radiation de longueur d'onde λ_2 est absorbée à 99 % par la solution étudiée, alors $A(\lambda_2) = 2$.

L'énergie est transmise à $1 / 100 = 0,01 = 10^{-2}$. Il faut régler le zéro en plaçant le solvant dans la cuve et l'absorbance doit être nulle. Connaissant le spectre d'absorption d'une espèce chimique, on peut mesurer, à l'une de ces longueurs d'onde, les variations de l'intensité I d'un faisceau lumineux traversant une même épaisseur L de solution en fonction de la concentration.

Ceci permet d'établir expérimentalement la courbe $A = f(C)$ reliant l'absorbance et la concentration de la substance étudiée (à L et l constantes), en effectuant les mesures de A pour diverses concentrations.

Cette courbe est une courbe d'étalonnage.

La courbe expérimentale d'étalonnage permet de déterminer la concentration inconnue d'une solution de cette substance par mesure de son absorbance et report sur la courbe $A = f(C)$ (25).

Loi de Beer-Lambert:

$A = \epsilon \times l \times C$ Avec

- A: absorbance de la solution (sans unité)
- l: longueur de la solution traversée par la lumière (en cm)
- C: concentration de la solution (en mol .L⁻¹)
- ϵ : coefficient d'extinction molaire (en L.mol⁻¹.cm⁻¹)

ϵ dépend de la nature de la solution et de la longueur d'onde
On retiendra simplement que: $A = k \times C$ (25).

Titration spectrophotométrique :

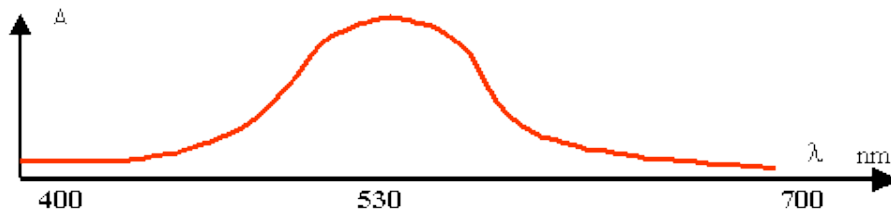


Figure 7 : Titration spectrophotométrique (26).

On recherche le maximum d'absorption pour l'espèce chimique
On trace la courbe d'étalonnage $A=f(C)$ à l'aide de solutions de concentrations connues.

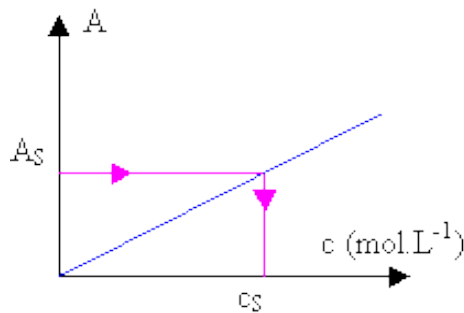


Figure 8 : Tracé de la courbe d'étalonnage(26).

- On place la cuve contenant la solution qui a une concentration inconnue dans le spectrophotomètre et on mesure A_S .
- On lit alors graphiquement C_S sur la courbe d'étalonnage (25).

IV.3. 1. Dosage des Nitrates (27).

Principe

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

Réactifs

- Nitrate de potassium (KNO_3)
- Salicylate de sodium
- Chloroforme
- Hydroxyde de sodium en pastilles ($NaOH$)
- Acide sulfurique
- Tartrate double de sodium et de potassium (sel de Seignette)
- Eau distillée
- Acide chlorhydrique à 5%

Préparations des dosages

Pour éviter toute contamination, il est recommandé de rincer la verrerie et les pipettes à l'acide chlorhydrique à 5 % puis à l'eau distillée.

- **Solution stock de nitrate de potassium** (50 mg.l⁻¹ d'ions des nitrates)

Dissoudre 0,0815 g de nitrate de potassium anhydre dans 990 ml d'eau distillée, ajouter 1 ml de chloroforme (conservateur) et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.

- **Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium**

Dissoudre progressivement 40 g de soude et 6 g de tartrate double de sodium et de potassium dans 100 ml d'eau distillée.

- **Solution de salicylate de sodium à 0,5 % (à préparer extemporanément)**

Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

Etablissement de la droite d'étalonnage.

1. Dans une série de flacons de 60 ml, nous introduisons successivement, la solution (1) selon le tableau.

Tableau 5 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions nitrates

Numéro de flacon	T	1	2	3	4	5
Solution (1) stock de nitrate de potassium à 50 mg .l ⁻¹ d'ions nitrates (ml)	0	2	4	6	8	10
Eau distillée (ml)	10	8	6	4	2	0
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1	1	1
Concentration en ions nitrates en mg.l ⁻¹	0	10	20	30	40	50

2. Evaporer chaque flacon à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
3. Laisser refroidir.
4. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes.
5. Ajouter 15 ml d'eau distillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
6. Mesurer l'absorbance de chaque échantillon au colorimètre (longueur d'onde : 415 nm) et construire le graphique représentant l'absorbance en fonction de la concentration en nitrates (A = f [nitrates])

Dosage dans l'échantillon

1. Introduire 10 ml d'eau à analyser dans un récipient de 60 ml (pour des teneurs en nitrate supérieures à 50 mg.l⁻¹, opérer une dilution).
2. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.
3. Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la procédure d'étalonnage à partir du point 2.

Expression des résultats

1. Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 415 nm).
2. Déterminer graphiquement la concentration en nitrates dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

La courbe donne la teneur en nitrates, exprimée en milligrammes par litre d'eau.

IV.3.2. Dosage des Nitrites (27).

Principe

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence des ions ammonium et du phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

Réactifs

- Solution fille étalon à 0,0023 g/l de NO_2
- Eau distillée
- Acide chlorhydrique pur ($d = 1,19$)
- Acide sulfanilique
- Phénol cristallisé
- Chlorure d'ammonium

Préparations des dosages

- **Réactif de Zambelli**

Acide chlorhydrique pur ($d = 1,19$)	260 ml
Acide sulfanilique	5 g
Phénol cristallisé	7,5 g
Chlorure d'ammonium	135 g
Eau distillée	625 ml

Courbe d'étalonnage

L'établissement de la courbe d'étalonnage, pour cette méthode, nécessite l'emploi des solutions étalon de nitrites normalisées, que nous n'avons pas au niveau de notre laboratoire. Aussi, nous sommes-nous proposé d'utiliser une courbe d'étalonnage des nitrites déjà établie dans la littérature (27).

Dosage des échantillons

Prélever 50 ml d'eau à analyser, puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

1. Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 435 nm).
2. Déterminer graphiquement la concentration en nitrites dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

La courbe donne la teneur en nitrites, exprimée en milligrammes par litre d'eau.

IV.3.3. Dosage des orthophosphates (27).

Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des ortho-phosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réactifs

- Acide sulfurique (d =1,84)
- Molybdate d'ammonium
- Acide ascorbique
- Eau distillée
- Tartrate double d'antimoine et de potassium

Préparations des dosages

- **Solution de molybdate d'ammonium à 40g/l.**

Filtrer si- Solution d'acide sulfurique (d =1,84) à 15% environ en volume.

Nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4°C

- **Solution d'acide ascorbique à 20g/L :**

Acide ascorbique 2g
Eau permutée q.s.p. 100 ml

À préparer chaque jour.

- **Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g/l :**

Tartrate double d'antimoine et de potassium 0,28 g
Eau permutée q.s.p 100ml

- **Réactif 1 :**

Solution d'acide sulfurique 50 ml
Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium 5 ml
Solution de molybdate d'ammonium 15 ml
Eau permutée q.s.p 100 ml

Conserver le réactif au réfrigérateur à 4°C.

- **Solution mère étalon à 50mg/l de phosphore :**

Dihydrogénophosphate de potassium des séché au préalable

A l'étuve à 100°C 219,1 mg
Eau permutée q.s.p 100ml

Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

- **Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore.**

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.

Établissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25ml :

Tableau 6 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions orthophosphates

Numéro des flacons	T	I	II	IV	IV	V
Solution étalon de phosphore à 1mg (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau permutée	20	19	15	10	5	0
Correspondance en milligrammes de phosphore	0	0,001	0,005	0,01	0,015	0,02

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4ml de réactif 1, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25ml. Attendre 30minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm en cuve de 1cm. Construire la courbe d'étalonnage.

Dosage des échantillons

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25ml, ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

1. Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde : 700 ou 800 nm).
2. Déterminer graphiquement la concentration en ortho phosphate dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

La courbe donne la teneur en ortho phosphates, exprimée en milligrammes par litre d'eau.

IV. 3.4. Dosage des sulfates (27).

Principe

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de Baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de Tween 20 ou de polyvinyle-pyrrolidone.

Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre.

Réactifs

- Solution d'acide chlorhydrique au 1/10.
- Solution de polyvinyle - pyrrolidone ou de Tween 20 à 25%.
- Solution de chlorure de baryum stabilisée: chlorure de Baryum (BaCl₂, 2H₂O) 10g
- Solution de Tween 20[polyoxyéthylène (20) sorbitan monolaurate] Ou 5 ml de solution de polyvinyle – pyrrolidone 20 ml
- Eau permutée q.s.p 100 ml
- Solution étalon de sulfate de sodium à 150mg/ L SO₄²⁻ de : Sulfate de sodium anhydre 0,221g
- Eau permutée q.s.p 1000ml

- Établissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de tubes numérotés, introduire successivement:

Tableau 7 : Etablissement de la courbe d'étalonnage des ions sulfate

Numéro de flacon	T	I	II	IV	IV	V	
Solution étalon de sulfate à 1mg (ml)	0	1	3	5	7	9	10
eau permutée (ml)	50	49	47	45	43	41	40
acide chlorhydrique au 1/10. (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Solution de chlorure de baryum stabilisée (ml) 5	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance en mg/L de SO_4^{--}	0	3	9	15	21	27	3.0

Agiter 2 ou 3 fois énergiquement. Après 15 minutes de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650nm .Construire la courbe d'étalonnage.

Dosage des échantillons

Dans un tube, introduire successivement:

Eau à analyser	50ml
Acide chlorhydrique au 1/10	1ml
Solution de chlorure de baryum +Tween 20	5ml
Ou solution de chlorure de baryum +PVP	

Préparer dans les mêmes conditions un tube témoin en remplaçant l'eau à Analyser par de l'eau permutée.

Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et

Faire les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 650nm.

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

Expression des résultats

1. Effectuer la lecture au colorimètre (longueur d'onde 650 nm).
2. Déterminer graphiquement la concentration en sulfates dans l'échantillon à partir de la droite d'étalonnage.

La courbe donne directement la teneur en sulfates exprimée en milligrammes de SO_4^{--} par litre d'eau.

IV.4. Règle de calcul de l'indice pondéré (IP)

$$IP_{pa} = III + [(Is - III)/(bs - bi)]*(bs - pa)$$

- IP_{pa} : indice pondéré du paramètre analysé
- III : Indice inférieur
- Is : Indice supérieur
- bi : borne inférieure
- bs : borne supérieure
- pa : paramètre analysé (11)

Chapitre V: Résultats et discussion

V.1. Les courbes d'étalonnage

Les résultats d'analyse des différents paramètres ont été obtenus en se référant à des courbes d'étalonnage préalablement établies. Ces courbes sont présentées dans les figures 6,7, 8 et 9. Les valeurs d'absorbance étant obtenues par lecture directe sur le spectrophotomètre, les valeurs de concentrations en ions nitrates, nitrites, orthophosphates et sulfates sont déduites par projection sur les courbes d'étalonnage.

V.1. 1. Courbe d'étalonnage des ions nitrates

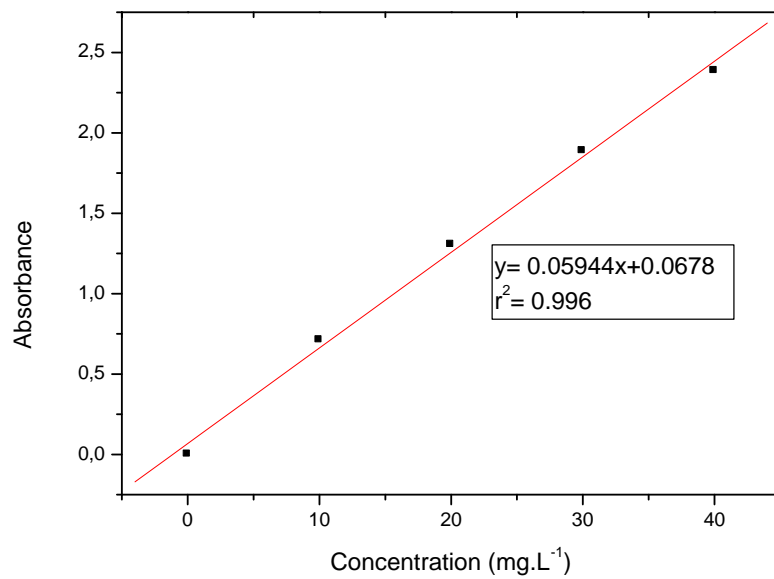


Figure 9 : Courbe d'étalonnage des nitrates

V.1.2. Courbe d'étalonnage des ions nitrites

Nous n'avons pas établi cette courbe et nous prenons la courbe déjà fait en le livre de roder 2005 parce que il faut acheter les étalons

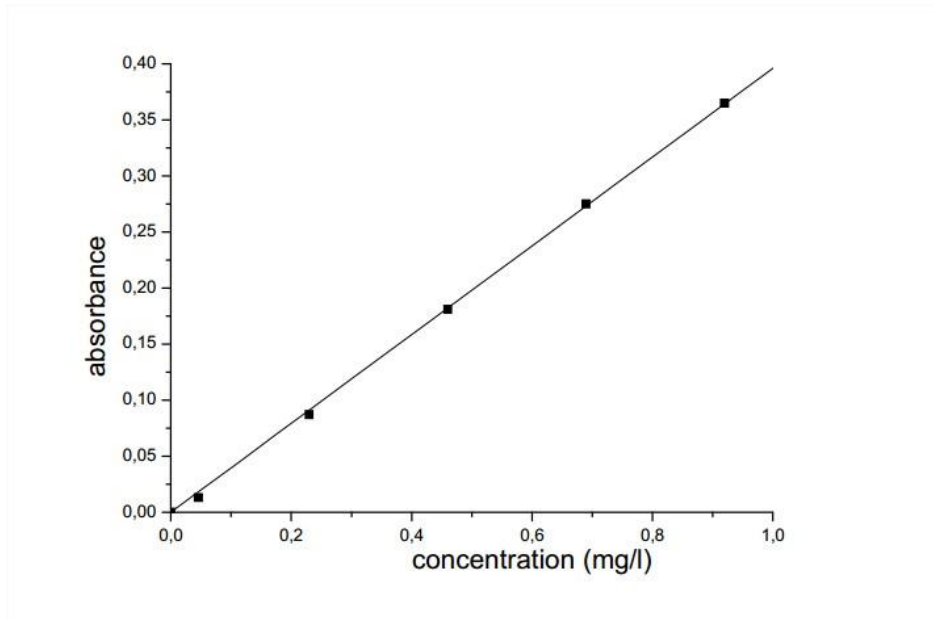


Figure 10 : Courbe d'étalonnage des nitrites (40)

V.1.3. Courbe d'étalonnage des ions des orthophosphates

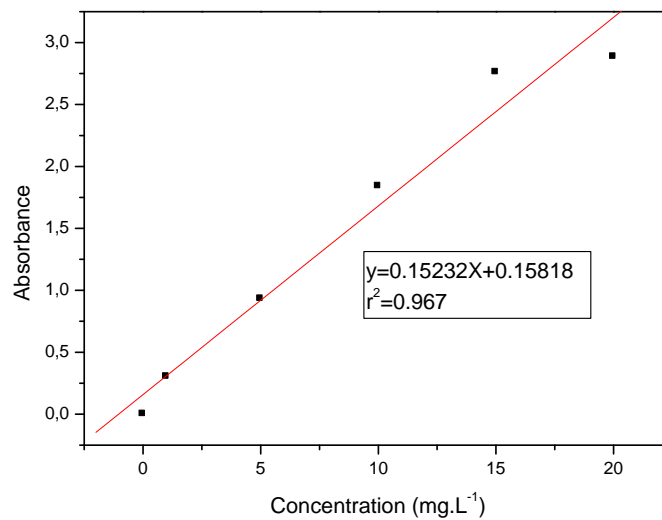


Figure 11 : Courbe d'étalonnage des orthophosphates

V.1.3. Courbe d'étalonnage des ions sulfates

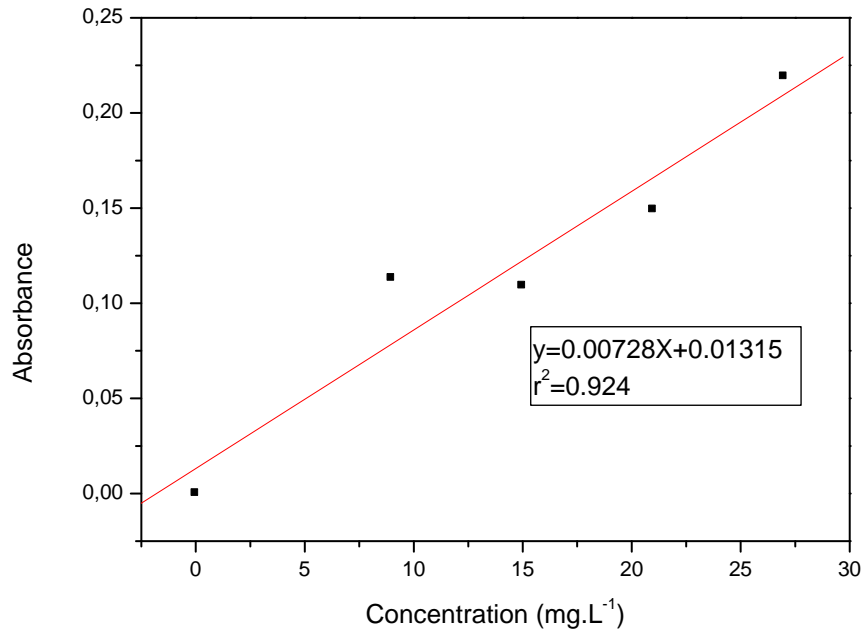


Figure 12 : Courbe d'étalonnage des sulfates

V.2. Résultats d'analyse des échantillons

Nous présentons les résultats d'analyse de tous les paramètres étudiés dans un seul tableau par forage. Ceux-ci sont regroupés dans les tableaux de 9 à 17.

Il ressort de la lecture de ces tableaux de valeurs que les concentrations en nitrates, nitrites, sulfates et orthophosphates sont très basses. Toutes les eaux ont un pH neutre. Ces paramètres ont des valeurs très conformes aux systèmes de normes algériennes, mondiales (OMS, SEQE).

V.2.1. Forage 1

Tableau 8 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 1

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	22.01	0	0.25	110.5	7,2
Essai 2	21,44	0	0.29	110,88	7,2
Moyenne	21,77	0	0,27	110,69	7,2

V.2. Forage 2

Tableau 9 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 2

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	10,27	0	0,05	65,5	7.25
Essai 2	10,27	0	0,03	65,5	7.25
Moyenne	10,27	0	0,04	65,5	6.95

V.2.3. Forage 3

Tableau 10 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 3

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	6,7	0	0	64,77	7,13
Essai 2	6,7	0	0	65,13	7,14
Moyenne	6,7	0	0	64,95	6,83

V.2.4. Forage 4

Tableau 11 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 4

	nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	9,11	0	0	49,98	7,1
Essai 2	9,03	0	0	49,98	7,09
Moyenne	9,07	0	0	49,98	6,79

V.2. 5. Forage 5

Tableau 12 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 5

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	6,90	0	0,04	131,1	7.02
Essai 2	6,94	0	0,04	164,08	7.03
Moyenne	6,92	0	0,04	127 ,59	6,72

V.2.1.6. Forage 6

Tableau 13 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 6

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	3,01	0	0	134,2	6.88
Essai 2	3,75	0	0	120,98	6.89
Moyenne	3,38	0	0	127,59	6,58

V.2.1.7. Forage 7

Tableau 14 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 7

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	8,62	0	0	121,07	7.13
Essai 2	8,54	0	0	126,69	7.14
Moyenne	8,58	0	0	123,88	6,83

V.2.1.8. Forage 8

Tableau 15 : Résultats d'analyse de l'eau du forage 8

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	2,96	0	0	179,5	7.22
Essai 2	3,98	0	0	187,22	7.04
Moyenne	3,47	0	0	183,36	6,82

V.2.1.9. Forage de l'université

Tableau 16 : Concentrations des paramètres étudiés pour le forage de l'université

	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Essai 1	42,7	0	0	194,02	7
Essai 2	42,7	0	0	170,22	7.94
Moyenne	42,7	0	0	182,12	6,95

Comparées aux normes de l'OMS et aux normes algériennes, les teneurs en paramètres étudiés sont acceptables.

V.2.2. calcul des teneurs moyennes des eaux de l'oued Seddeur

Nous avons étudiés et calculer le moyen de concentration de chaque paramètre dans qu'est mélangé les résultats dans le tableau sous dessous.

Calcul de la concentration moyenne de chaque Paramètre :

$$C_{\text{moyenne}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=8} \text{débit}_i \cdot C_i}{\sum \text{débit}}$$

Tableau 17 : Concentrations calculées de l'eau du réservoir de l'oued Seddeur

Paramètre	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)	pH
Moyenne	8,07	0	0,03	106,65	7,06

Ces valeurs révèlent une eau distribuée quasi-exempte de nitrites, de nitrates et d'orthophosphates. La teneur en sulfates est considérable mais reste sous le seuil de potabilité indiquée dans les normes.

V.2.3. Indice de qualité des eaux de l'Oued Seddeur

Tableau 18 : Tableau des indices

paramètre	Nitrates	Nitrites	Orthophosphate	Sulfates	pH
indice	81,3	182.3	165.1	80.02	90,31

Nous avons calculé l'indice de qualité pour chaque paramètre. La valeur la plus basse est celle relative aux sulfates (80,02). Cette valeur étant comprise entre 80 et 100, indique la bonne teneur.

Conclusion

Ce travail a été réalisé dans le but d'étudier quelques paramètres physico-chimiques à savoir nitrates, nitrites, sulfates et orthophosphates des eaux provenant des forages sud de la ville Djelfa (oued Seddeur) et du forage de l'université.

Ces forages qui permettent de desservir plus de 70% de la population de la ville de Djelfa ont un débit total de 265 l.s^{-1} . Cette ressource est des plus importantes dans l'alimentation en eau potable, de point de vue débit.

Pour atteindre notre objectif, nous avons effectué des analyses chimiques sur des échantillons d'eau judicieusement prélevés dans chaque forage.

Nous avons employé la méthode néphélométrique, et toutes les analyses ont été dupliquées.

Les résultats obtenus, montrent que les eaux d'oued Seddeur ont des teneurs très basses en nitrates, nitrites, ortho phosphates et sulfates ce qui est conforme aux normes de potabilité des eaux. Ces valeurs sont respectivement de : 8.07, 0.00, 0.00, 106.65 mg.l^{-1} .

Un calcul pondéré de la concentration en différents paramètres a également permis de rendre compte de la bonne qualité des eaux provenant des forages de l'Oued Seddeur, après leur mélange dans le réservoir destiné à l'AEP.

Les teneurs en nitrates, nitrites, orthophosphates et sulfates obtenues pour le forage de l'université sont de 42.4, 0.00, 0.00 et 182.12 mg.l^{-1} , respectivement. Bien que plus élevées que celles des eaux de l'Oued Seddeur, ces valeurs restent dans les normes.

Références bibliographiques

- 1- Coulibaly .K, Grade docteur en pharmacie (diplôme Etat), faculté Médecine de pharmacie et d'odontologie Bamaco 2004-2005 Etude la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de puits de certains quartiers de district de Bamaco ,32pg.
- 2- Baziz.N, diplôme de magister option dynamique des milieux physiques et risques 2000, naturels (Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna-Pg104.
- 3-Bouziani. M, l'eau de pénurie aux maladies édition Ibn khaldoun 2000p.247
- 4-Figarolla. J, Leyral. G, Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Éd. Scérén CRDP d'Aquitaine2002, Paris, 360 p.
- 5-Rodie.J, 1984, l'analyse des eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mer, édition de nord, paris.
- 6-Diallo.M, 2010.Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux puits en fonction du traitement a l'hypochlorite de sodium. Grade de docteur en médecine. (Diplôme d'état), faculté de Médecine de pharmacie et d'adouto – stomatologie,2010. MALI ,55-56 pg
- 7-Lagrab .H ,Semane.S , étude de la qualité des eaux potables de la ville de Djelfa par régionalisation stochastique des paramètre hydro chimiques, thèse, Ing ,Biologie, 2007 université de Djelfa
- 8-OMS, 1985, directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève, vols
- 9-OMS, 1997, surveillance de la qualité de l'eau de boissons Genève.
- 10-Direction de l'ADE 2014
- 11-Merabete. S, Grade Magister en chimie analytique, faculté des sciences exactes département de chimie, Constantine 2009-2010 évaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Beniharoun
- 12-Fiche sur le nouveau système d'évaluation de la qualité des eaux secrétariatd'état aupers du ministère de l'énergie des mines, de l'eau et de l'environnement, chargé de l'eau et de l'environnement département de l'eau. Rouauma du Maroc ,2012.
- 13-OMS, 2008, office national.
- 14- Gounfoud .N, thème Qualité des eaux de consommation dans la région de Constantine Teneur en nitrates et nitrites. Université de Mentouri – Constantine. Sciences Alimentaires et Nutrition. Anneé 2009.
- 15-Nasri.h, Leajel .n, Jaafar. N, Université de sciences et génie section chimie (analyse), étude les caractéristiques physico-chimique Quelques eaux minérale dans marché algérien et comparé avec sources naturelles.
- 16-Rodier.J, 1997, l'analyse des eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mer, édition de nord, paris.

- 17- Banas.D, et Lata.J, 2004, Université Paris-Sud ; Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution ; UMR 8079 - CNRS/ENGREF/Univ. Paris-Sud ; Bât 362 ; F-91405 Orsay Cedex France.
- 18-Ladjel.S, Centre de formation en métiers de l'eau, Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation. Les cahiers techniques du stage T 7, 2009 Tizi Ouzo, 101 p.
- 19-Behlouli.D, et Laibiad.S, contrôles De qualité et analyse, (Etude de la qualité des eaux de quelques sources de la région de Djelfa : Etude comparative des paramètres physico-chimiques), Pg11.17.
- 20-Boeglin.J, technique de l'ingénieur,(propriété des eaux naturelles),pg1110.
- 21-Habila. S, Etude de l'impact du barrage Béni Haroun sur l'environnement : Effets Ecotoxicologiques Mémoire de Magister en Biologie : Ecotoxicologie. 2008 Université de Jijel.
- 22-Khali.F , MELGHIT M. Qualité physico-chimique, pollution organique et contamination métallique (Fe, Cu, Mn et Zn) des eaux des barrages Hammam Grouz, Béni Haroun et de L'oued Rhumel Mémoire Ingénieur d'Etat en Ecologie : Pathologie des écosystèmes.2007 Université Mentouri- Constantine.
- 23-Klein.D, June 22, 1991.Water source as risk factor for Helicobacter pylori infection in Peruvian children; Pancet ; Vol 337 .
- 24-Traore .S, Problématique de la qualité de l'eau consommé par les populations dans les quartiers de Bamako et environs non approvisionnés par le réseau d'adduction d'eau potable de E.D.M SA. 2003Thèse pharmacie Bamako.
- 25-Programme international sur la sécurité chimique 2013.
- 26-Directives de qualité pour l'eau de boisson deuxième édition vol2. Critères d'hygiène et document à l'appui.1986
- 27-Rodier. J, Bazin. C, Broutin. J, Chambon P, Champsaur. H, Rodi.l, 2005.L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires,eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris p 194 215

Résumé

L'objectif de ce travail était de déterminer quelques paramètres de qualité des eaux destinées à la boisson et qui desservent le coté sud de la ville de Djelfa. Il s'agit des huit forages de l'Oued Seddeur et le forage de l'université.

Les paramètres chimiques étudiés sont les nitrites, nitrates, orthophosphates et sulfates. Leur analyse a été réalisée par la méthode néphélométrique.

Les résultats d'analyse obtenus sont comparés aux normes de potabilité internationales (OMS) et algériennes. La conformité aux normes a été vérifiée pour tous les paramètres étudiés.

Mots clés : nitrites, nitrates, orthophosphates, sulfates, eaux souterraines, néphélométrie

خلاصة

الهدف من البحث هو تحديد بعض الخصائص لنوعية المياه الموجهة للشرب والتي تغطي الناحية الجنوبية للمدينة الجلفة. ومصدرها ثمانية آبار بالإضافة الى بئر الجامعة.

تطرقنا في هذا العمل الى دراسة بعض المركبات المتواجدة في المياه ومنها النتترات والنتريت والكبريتات والاورتوفوسفات مستخدما جهاز nephelométrique

ومن ثم قمنا بمقارنة مع المعايير الدولية وتبين ان هاته المياه تخضع لمعايير مياه الشرب

الكلمات المفتاحية : النتترات, النتريت, الاورتوفوسفات, الكبريتات, المياه الجوفية.

Abstract

This work aimed to study some chemical parameters of drinking water quality. The different water samples were taken from the holes serving the south side of Djelfa city. Eight holes of Oued- Seddeur and the hole of our university are chosen for this study.

Chemical parameters studied were nitrites, nitrates, sulfates and orthophosphate. The analysis was conducted by the nephelometric method.

The analytical results obtained are compared to international (OMS) and Algerian drinking water standards. Compliance with standards has been checked for all the studied parameters.

Keywords: nitrite, nitrate, orthophosphate, sulfate, groundwater, nephelometry