

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



Mémoire

de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomiques

Spécialité : Eau et environnement

Thème

Efficacité de la désinfection des eaux de consommation des forages de Boukhalfa de Tizi-Ouzou

Réalisé par :

M^{elle} **BENAMANE Narimane**

M^{elle} **BEN OUMELGHAR Nadjat**

Évalué par :

Mr BERRADJ O.

Maitre conférence A

Président

UMMTO

Mr SMAIL A.

Maitre conférence B

Promoteur

UMMTO

M^{me} BERROUANE N.

Doctorante

Examinatrice

UMMTO

Année universitaire : 2020 / 2021

REMERCIEMENTS

*En premier lieu, nos profonds remerciements vont au **bon Dieu** de nous avoir donné la volonté et le courage de réaliser ce travail*

Nous plus vifs remerciements à :

***Mr SMAIL Adel**, notre promoteur, d'avoir accepté de diriger ce mémoire et assurer notre encadrement, pour son soutien, sa patience, veuillez trouver ici l'expression de notre profonde et notre sincère gratitude.*

***Dr METAHRI Mohammed Saïd**, Doyen de la faculté des Sciences Biologiques et Science Agronomiques, pour toutes ses remarques et tous ses conseils avisés tout au long du master.*

***M^{me} Aissaoui Dyhia**, nous la remercions ainsi pour le savoir qu'elle nous a transmis, pour sa disponibilité, ses conseils et ses orientations qui nous ont été très précieux sur le plan scientifique.*

Les membres de jury qui nous feront l'honneur d'examiner ce travail

❖ ***Mr BERRADJ Omar***

❖ ***M^{me} BERROUANE Naoual***

*Nous remercions ainsi **M^{me} LADJEL Samia**, la responsable du laboratoire de l'ADE de Boukhelfa et l'ensemble du personnel, de nous avoir aidé et guidé tout au long de notre stage pratique.*

Enfin, on tient à remercier tous les enseignants qui nous ont éduqué et formé depuis nos premiers pas à l'école primaire jusqu'à ce jour de soutenance.



Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents, qui m'ont donné la vie, qui m'ont éduqué et qui m'ont beaucoup soutenu tout au long de mes études. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler.

Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

*À mes deux chers et adorables frères **Anis** et **Mounir**, je vous souhaite tous le bonheur, et que Dieu vous garde.*

*À toute la famille **BENNAMANE** et **ADI***

*À mon cher oncle **Karim***

*À toutes mes copines: **Dyhia**, **Lydia**, **Amel**, **Lynda**, **Samra** et **Rodaïna***

*À mon binôme et amie **Nadjet***

À tous les ami(e)s qui me sont cher(e)s et que je n'ai pas cité.

Narimane

A decorative border made of stylized black and white flowers and leaves, framing the text. The flowers are large and multi-petaled, with smaller leaves and smaller flowers interspersed between them.

Dédicace

Je dédie ce travail :

À mes très chers parents, source de vie et de bonheur, qui m'ont donné la vie, qui m'ont éduqué et qui m'ont beaucoup soutenu tout au long de mes études. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler.

Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

*À mes chères sœurs **Souad, Lyla, Chahra** et **Melissa***

À mes chères nièces et chers neveux

*À ma chère tante **Houria***

*À mon mari **Ahcen***

À ma belle famille

*À mon binôme et amie **Narimane***

À tous les ami(e)s qui me sont cher(e)s et que je n'ai pas cité.

Nadjet

Liste des tableaux

Numéro	Titre	page
Tableau 1	Principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines	6
Tableau 2	Principales maladies à transmission hydrique et agents microbiologiques Responsables	9
Tableau 3	Avantages et inconvénients de la chloration	11
Tableau 4	Avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone	14
Tableau 5	Avantages et inconvénients de la désinfection aux UV	15
Tableau 6	Valeurs des températures de l'eau brute et traitée (°C)	22
Tableau 7	Valeurs du pH de l'eau brute et traitée	22
Tableau 8	Teneurs en conductivité de l'eau brute et traitée (µs/cm)	23
Tableau 9	Valeurs de turbidité de l'eau brute et traitée (NTU)	23
Tableau 10	Teneurs en TA de l'eau brute et traitée (mg/l)	24
Tableau 11	Teneurs en TAC de l'eau brute et traitée (mg/l)	24
Tableau 12	Teneurs de la dureté de l'eau brute et traitée (mg/l de CaCO ₃)	24
Tableau 13	Teneurs en calcium de l'eau brute et traitée (mg/l)	25
Tableau 14	Teneurs en chlorure de l'eau brute et traitée (mg/l)	25
Tableau 15	Teneurs en ammonium de l'eau brute et traitée (mg/l).	26

Tableau 16	Teneurs en nitrite de l'eau brute et traitée (mg/l).	26
Tableau 17	Teneurs en Sodium de l'eau brute et traitée (mg/l).	27
Tableau 18	Teneurs en potassium de l'eau brute et traitée (mg/l).	27
Tableau 19	Teneurs en sulfate de l'eau brute et traitée (mg/l).	27
Tableau 20	Teneurs en nitrate de l'eau brute et traitée (mg/l).	28
Tableau 21	Teneurs en matière organique de l'eau brute et traitée (mg/l).	28
Tableau 22	Dose du chlore résiduel de l'eau brute et traitée (mg/l).	29
Tableau 23	Présence des coliformes totaux dans les eaux de forage (UFC/ml).	29

Liste des figures

Numéro	Titre	page
Figure 1	Situation géographique des forages (DRE TO, 2019)	17
Figure 2	Spectrophotomètre	19
Figure 3	Spectrométrie d'émission à flamme	19

Liste des abréviations

ADE	Algérienne des eaux	MES	Matière en suspension
AHA	Acide haloacétique	MTH	Maladies à Transmission Hydrique
B.C.P.L	Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromocrésol	MO	Matière Organique
B.L.V.B	Bouillon Lactosé Bilié au Vert.	OMS	Organisation Mondiale de la Santé
C.E	Conductivité Electrique.	NTU	Néphélométrie Turbidité Unit
CGP	Cocci à Gram Positif	pH	Potentiel Hydrogène
DBO	Demande Biochimique en Oxygène.	SPCS	Sous-Produit Chlorés
DCO	Demande Chimique en Oxygène.	TA	Titre Alcalimétrique
E. Coli	<i>Escherichia Coli</i>	TAC	Titre Alcalimétrique Complet
EDTA	Acide Ethylène Diamine Tetracétique	THM	Trihaloméhane
JORAD	Journal officiel république algérienne démocratique	T.G.E.A	Gélose Tryptone Glucose à l'Extrait de levure.
Ms	Micro-siémens	TH	Titre Hydrométrique

SOMMAIRE**Liste des tableaux****Liste des figures****Liste des abréviations****Introduction**2**Chapitre I : Rappels Bibliographique**

1. Définition de l'eau potable.....	4
2. Ressources en eau naturelles	4
2.1. Ressources en eau conventionnelles.....	4
2.1.1. Eaux superficielles.....	4
2.1.2. Eaux souterraines	4
2.2. Ressources en eau non conventionnelle	6
2.2.1. Eaux usées	6
2.2.2. Eaux de mer	6
3. Principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines	6
4. Pollution des eaux naturelles	7
4.1. Différents types de pollution de l'eau naturelle	8
4.1.1. Pollutions physiques	8
4.1.2. Pollutions chimiques	8
4.1.3. Pollutions biologiques	8
5. Maladies à transmission hydrique	8
6. Désinfection des eaux de consommation	9
6.1. Désinfection par le chlore.....	10
6.1.1. Effet germicide et rémanent	11
6.1.2. Différents formes du chlore dans l'eau	12
6.1.3. Réaction du chlore avec l'eau	12
6.1.4. Sous-produits de la chloration	12
6.1.5. Facteurs influençant la désinfection au chlore	13
6.2. Désinfection par l'ozone	14
6.3. Désinfection par les rayonnements Ultra-Violets (UV)	15

Chapitre II : Matériel et Méthodes

1. Zone d'étude	17
1.1. Présentation du laboratoire de l'ADE	17
2. Matériel utilisé	17
2.1. Matériel d'analyse physicochimique	17
2.2. Matériel d'analyse Bactériologique	18
3. Méthodes d'analyses	19
3.1. Méthodes d'analyses physicochimiques	19
3.2. Méthodes d'analyses bactériologiques	19
4. Echantillonnage.....	20
4.1. Echantillons destinés aux analyses physicochimiques	20
4.2. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques.....	20

Chapitre III : Résultats et Discussion

1. Résultats	22
2. Discussion	30

Conclusion	36
-------------------------	----

Références bibliographiques	39
--	----

Annexes



Introduction

Une eau saine est nécessaire à la vie, à l'hygiène et à la prévention de maladie à transmission hydrique. Elle constitue un patrimoine d'une nation. L'eau est une préoccupation constante de toutes les époques et de tous les lieux. Jadis on s'interrogeait sur la pureté microbiologique des eaux, de nos jours on s'inquiète non seulement de sa qualité microbiologique mais aussi de ses caractéristiques physico-chimiques. Au cours des dernières décennies, les problèmes relatifs à la protection et à l'utilisation des ressources en eau se sont accentués dans le monde. (GARTET *et al.*, 2001).

Les ressources naturelles en eaux sont constituées des eaux souterraines et superficielles. Elles sont prélevées pour être destinées à la consommation humaine. Parmi ces sources les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable car elles sont plus à l'abri des polluants que les eaux de surface (GUERGAZI *et al.*, 2005). Ces eaux sont susceptibles de contenir des substances diverses, de nature physicochimique, tel que: les sels minéraux, les matières en suspension, les micropolluants organiques et minéraux, et de nature biologique comme les bactéries, les virus, et les parasites. Certains de ces éléments peuvent non seulement dégrader la qualité organoleptique de ces eaux mais aussi créer des problèmes de santé publique (BEAUDRY, 1984).

Selon l'OMS (2005), chaque année à 1,8 millions de personnes dont 90 % d'enfants de moins de cinq ans, vivant pour la plupart dans les pays en développement meurent de maladies diarrhéiques (y compris du choléra); et que 88 % des maladies diarrhéiques sont imputables à la mauvaise qualité de l'eau, à un assainissement insuffisant et à une hygiène défectueuse. Il est donc indispensable de caractériser précisément la composition de ces eaux pour cerner les paramètres à corriger et prévoir le traitement adéquat.

La chloration de l'eau est un moyen très efficace pour la désinfection de l'eau qui a permis de réaliser des progrès considérables en termes de santé publique dans les pays industrialisés. L'ajout de chlore à l'eau potable a permis de réduire sensiblement les risques de transmission de maladies par l'eau. Toutefois, le chlore réagit également avec les matières organiques d'origine naturelle présentes dans l'eau, telles les substances organiques azotées résultant de la décomposition des matières vivantes. Cette réaction chimique produit une famille de composés appelés sous-produits de la chloration qui peuvent être nocif pour la santé et pour l'environnement (COSTET-DEIBER, 2013).

Le but principal de cette étude, consiste à contrôler l'efficacité de la désinfection en chlore des eaux de consommation des forages de boukhalfa de la ville de Tizi Ouzou.



Chapitre I
Rappels Bibliographique

1. Définition de l'eau potable

L'OMS (2004) définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques, physico-chimiques, microbiologiques et à des substances indésirables et toxiques. Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable ne signifie pas qu'elle soit exempt d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie.

2. Ressources en eau naturelles

Les ressources en eau naturelles se divisent en deux groupes : les ressources en eau conventionnelles et les ressources en eau non conventionnelles.

2.1. Ressources en eau conventionnelles

Les ressources en eau conventionnelles sont constituées des eaux superficielles (barrage, lacs, rivière...) et des eaux souterraines (nappes, puits, sources).

2.1.1. Eaux superficielles

Elles sont constituées par les eaux des ruisseaux, rivières, fleuves, étangs, lacs, barrage-réservoirs, glaciers. Bien qu'il semble s'agir de masses d'eau bien individualisées solide ou liquide, immobile ou en mouvement, on ne doit pas oublier qu'elles se retrouvent en contact étroit avec le sol d'un côté et avec l'atmosphère de l'autre côté (VILAGINES, 2005).

2.1.2. Eaux souterraines

Les eaux souterraines regroupent l'ensemble des réserves d'eau qui se retrouvent dans le sous-sol, qui sont composé de :

2.1.2.1. Nappes

On distingue deux catégories principales de nappes : les nappes libres et les nappes captives.

a) Nappe libre

Les nappes libres sont directement alimentées par les eaux de ruissellement. Très sensibles à la pollution, elles sont à l'origine des sources et des forages (LOUP, 1974). Les nappes libres peuvent être soit des nappes phréatiques soit des nappes alluviales :

• Nappes phréatiques

Sont les premières rencontrées lors du creusement d'un puits. Elles présentent l'inconvénient d'être quasi totalement polluées, sur tout le territoire, par les fosses septiques, pesticides, engrais... elles fournissent donc une eau non potable (VILAGINES ; 2005).

• Nappes alluviales

Sont des nappes aquifères qui se forment dans les alluvions constituant le lit de la rivière. Elles sont donc en rapport direct avec le cours d'eau qui l'alimente. Le séjour dans le lit filtrant surmontant la nappe étant en général bref, la qualité biochimique et microbiologique de l'eau souterraine sera voisine de celle de l'eau superficielle qui l'alimente et sujette aux mêmes variations. On se retrouve donc, avec une nappe alluviale, confronté aux mêmes problèmes de qualité et de variabilité qu'avec les nappes phréatiques (GHALEB, MOKRANI, 2019).

b) Nappes captives

Les nappes captives sont emprisonnées entre deux couches de terrains imperméables. L'alimentation de ces nappes est assurée par l'infiltration sur leurs bordures. Les nappes de ce type sont les plus fréquentes et généralement les plus profondes ; elles sont sous pression: leur niveau piézométrique se situe généralement entre leur toit imperméable et la surface du sol; elles sont dites « artésiennes » quand ce niveau se situe au-dessus de la surface du sol (DEGREMONT, 2005).

2.1.2.2. Puits

Ce sont les ouvrages de captages les plus répandus, ils vont du simple puits individuel à des forages très profonds susceptibles de fournir de gros débits :

a) Puits individuels

Ils sont habituellement creusés par piochage en évitant notamment la proximité des fosses septiques. Ils peuvent être maçonnés au fur et à mesure de leur avancement ou encore murillés par enfoncement de buses de ciment. Le principal problème des puits individuels est qu'ils n'atteignent que la nappe phréatique pratiquement toujours polluée (VILAGINES ; 2005).

b) Puits collectifs

Ce sont des ouvrages industriels qui peuvent être à faible profondeur. Situées dans les nappes alluviales et munis de pompes, ils peuvent avoir des débits considérables. A grande profondeur, le puits perd son nom pour s'appeler forage. Ces grandes profondeurs permettent d'éviter au maximum les risques de pollution et de trouver des nappes ayant un débit suffisant (VILAGINES ; 2005).

2.1.2.3. Sources

Les sources résultent d'une nappe phréatique, plus rarement d'une nappe profonde. Une eau de source est une eau d'origine souterraine microbiologiquement saine et protégée contre le risque de pollution (GROSCLAUDE, 1999).

2.2. Ressource en eau non conventionnelle

2.2.1. Eaux usées

Les eaux usées sont toutes les eaux utilisées pour les activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent toutes sortes de pollution et de nuisance au milieu récepteur (DUGNIOLE, 1980 ; GLANIC ET BENNETON, 1989).

2.2.2. Eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leurs fortes concentrations en sels dissous. La salinité de la plupart des eaux de mer varie entre 33000 à 37000 mg/l (DESJARDIN ; 1997).

3. Principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines

Les eaux de surface sont plus chargées en matières en suspension que les eaux souterraines, ainsi que des matières colloïdales, plancton animal et végétal. Les eaux souterraines sont souvent considérées comme des eaux naturellement pure ce qui est une erreur, car souvent elles contiennent du fer, du manganèse, de l'ammoniaque, et des matières organique sans parler de la teneur en fluor et nitrates (KETTAB, 1992), (tableau.1).

Tableau 1: Principales différences entre les eaux superficielles et les eaux souterraines (Degremont, 2005).

Caractéristiques	Eaux superficielles	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES (argile, algue...)	Liée surtout aux matières en solution (acide humique) ou due à une précipitation (fer, Mn)
Gout et odeur	Fréquents	Rare (Sauf H ₂ S)
Minéralisation globale (ou salinité, TDS)	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...	Sensiblement constante, en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région

Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grand quantité
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation: absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrates	Peu abondants en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur en général modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluant minéraux et organique	Présentes dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptible de disparaître rapidement après la suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Solvant chlorés	Rarement présents	Peuvent être présents (pollution de la nappe)
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes, virus, plancton (animal et végétal))	Ferro bactéries et sulfato-reductrices fréquentes
Caractère eutrophe	Possible: accentué par les températures élevées	Non

4. Pollution des eaux naturelles

La pollution est une modification défavorable ou nocive des propriétés physicochimiques et biologiques de l'eau, produites directement ou indirectement par les activités humaine, les rendant impropres à l'utilisation normale établit (METAHRI, 2012).

4.1. Différents types de pollution de l'eau naturelle

On peut distinguer plusieurs catégories de pollution des eaux selon la nature et les usages des polluants qui sont à l'origine de ces pollutions :

4.1.1. Pollutions physiques

IL s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau; qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle-même), les matières flottables (plus légères que l'eau elle-même) et les matières non séparables (de même densité que l'eau) (BOUZIANI, 2000).

4.1.2. Pollutions chimiques

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple: les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autre sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses. Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories: Les substances chimiques dites indésirables, les pesticides, les produits apparentés, les détergents et les colorants et autre éléments toxiques (LITIMI, MOKRANI, 2018).

4.1.3. Pollutions biologiques

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces microorganismes. L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont: les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire. (LITIMI, MOKRANI, 2018).

5. Maladies à transmission hydrique

Les maladies d'origines hydriques sont des infections, qui sont dues à un agent infectieux, bactérie, virus ou protozoaires (Tableau.2). La transmission d'une maladie infectieuse fait intervenir un agent infectieux, un sujet réceptif, et une hôte d'introduction. Dans le cas des infections d'origines hydriques, les agents responsables qui ont contaminé l'eau proviennent des individus malades, des porteurs sains, ou des animaux (HASLAY et LECLERC, 1993).

Tableau 2 : Principales maladies à transmission hydrique et agents microbiologiques responsables d'après (Haslay *et leclerc*, 1993).

Origine	Maladies	Agents pathogènes
Parasitaires	Dysenterie amibienne	Entamoebahistolyca
	Gastro-entérites	Giardia lamblia Cryptosporidiumparvum
Bactérienne	Fièvres typhoïde et Paratyphoïde	Salmonella typhi Salmonella paratyphi A et B
	Dysenterie bacillaire	Shigella
	Cholera	Vibrio cholerae
	Gastro-entérites	Escherichia coli enterotoxinogène Campylobacter jejuni Yersinia enterocolitica
Virale	Hépatites A et E	Virus hépatite A et E
	Poliomyélite	Virus poliomyélitique
	Gastro-enterites	Rotavirus Enterovirus Calicivirus Adenovirus...

6. Désinfection des eaux de consommation

Qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles, les eaux pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié (VALENTIN, 2000).

Dans la préparation de l'eau potable, la désinfection est l'étape la plus fréquente, la plus importante (OFSP, 2010). Elle permet de détruire ou d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies (DEJARDIN, 1997).

Il peut s'agir d'une désinfection basée sur l'emploi d'agents oxydants (ozone, chlore, dioxyde de chlore) ou sur celui de rayonnement UV. Pour réussir le traitement de désinfection, il faut choisir le bon procédé de désinfection selon certains critères (OFSP, 2010) :

- la composition de l'eau brute.
- le désinfectant doit détruire rapidement les germes pathogènes, les virus et les spores.
- il doit être peu onéreux, fiable et facile à manipuler.
- il doit assurer un pouvoir rémanent suffisant dans le temps.
- il ne doit pas être toxique.

❖ **Mode d'action du désinfectant**

La désinfection implique l'élimination des micro-organismes, l'inactivation des virus pathogènes en altérant leur structure et inhibant leur métabolisme ou leur fonction vitale. La désinfection peut avoir trois actions (DARBORD, 2003).

- inhibition de la croissance des germes.
- action mortelle sur les germes et les microbes.
- prévenir la recolonisation des germes dans l'eau ou dans les réseaux de distribution.

6.1. Désinfection par le chlore

La chloration de l'eau potable est largement répandue dans le monde pour prévenir et limiter le risque infectieux véhiculé par l'eau du robinet. Elle consiste à éliminer et/ou inactiver les microorganismes tels les virus, les bactéries et les protozoaires, susceptibles de transmettre de graves maladies (DESJARDINS, 1997). Le chlore présente aussi l'avantage (tableau.3) de conserver son pouvoir désinfectant lors de la distribution de l'eau vers les usagers. Ainsi, l'eau traitée à la station est protégée par la présence de chlore en faible quantité et conserve son excellente qualité jusqu'aux consommateurs. Le chlore est un gaz jaune-vert. C'est le plus connu et le plus universel (DEGREMONT, 2005). La plupart des systèmes de traitement des eaux essayent de produire un taux de chlore résiduel libre de 0,6 mg/l dans une eau traitée et de maintenir au moins de 0,2 mg/l de chlore résiduel total dans le système de distribution (LEGUBE, 2015).

Tableau 3 : Avantages et inconvénients de la chloration (DAVIS ; et LAMBERT 2002).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Il existe sous différentes formes : poudre, granulés, pastilles, liquide et gaz. En général -Il est facilement disponible sous une forme ou une autre et relativement peu coûteux. -Il se dissout facilement dans l'eau. -Il apporte une désinfection résiduelle. -Il est efficace contre de nombreux microorganismes agents pathogènes 	<ul style="list-style-type: none"> -C'est un oxydant puissant qui doit être manipulé avec précaution. -Il faut éviter de respirer les vapeurs de chlore. -Il pénètre difficilement à l'intérieur des sédiments et particules organiques en suspension dans l'eau. -Il peut donner un mauvais goût à l'eau si une dose trop importante est utilisée. -Son efficacité contre certains organismes demande des concentrations plus élevées et des périodes de contact plus longues.

6.1.1. Effet germicide et rémanent

La désinfection comporte deux étapes importantes à deux effets différents : un effet germicide et un effet rémanent.

A/ Effet germicide (bactéricide)

C'est la capacité de détruire les germes en une étape donnée du traitement. Le chlore pénètre à l'intérieur des micro-organismes tels que les bactéries, et les détruit en inhibant certaines réactions vitales de synthèse. En présence des matières en suspension, les germes peuvent se fixer sur ces particules et diminuer ainsi l'efficacité de la désinfection (CARDOT, 2013).

B/ Effet rémanent (bactériostatique)

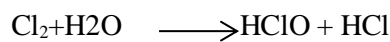
C'est l'action d'inhibition de la croissance des micro-organismes, il empêche la multiplication naturelle des germes et évite leurs recolonisation dans le cas des germes résistants. Ainsi il faut maintenir un certain résiduel de désinfectant dans l'eau distribuée (CARDOT, 2013).

6.1.2. Différents formes du chlore dans l'eau

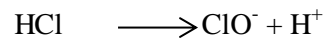
- ✓ Chlore libre : chlore demeurent dans l'eau à la fin du période de contact déterminée, et qui peut réagir chimiquement et biologiquement comme acide hypochloreux ou ion hypochlorite.
- ✓ Chlore combiné : partie du chlore résiduel total dans l'eau à la fin d'une période de contact donnée, qui réagit chimiquement et biologiquement en tant que chloramines.
- ✓ Chlore total : la quantité totale de chlore libre ou combinée, subsistant après le temps de réaction normal de l'eau à la chloration (DESJARDINS, 1997).

6.1.3. Réaction du chlore avec l'eau

L'introduction de chlore dans l'eau conduit à sa disparition suivant la réaction :



HClO : est l'acide hypochloreux. Cet acide est faible et se dissocie suivant l'équilibre :



ClO^- : est l'ion hypochlorite.

L'acide hypochloreux a un effet bactéricide plus important que l'ion hypochlorite. Les deux formes cohabitent en solution suivant les valeurs du pH de l'eau. Plus le pH est élevé, moins il y a d'acide hypochloreux pour une dose donnée de chlore. Pour la distribution et le dosage du chlore, il faut se reporter à la législation en vigueur. L'ion hydrogène (H^+) est caractéristique du pH; toute modification du pH influence sur le rapport entre HClO et ClO^- . Dans l'eau, plus le pH est acide, plus la concentration en HClO est forte et inversement. C'est essentiellement l'acide hypochloreux qui est le composé le plus actif dans les mécanismes de la désinfection. C'est pourquoi, il est aussi appelé « chlore actif ». Il est majoritaire en milieu acide. L'ion hypochlorite est peu oxydant et peu bactéricide. L'acide hypochloreux est un bactéricide puissant. Il ne porte pas de charge électrique et sa forme ressemble à celle de l'eau.

(GRONDIN, 2005).

6.1.4. Sous-produits de la chloration

Les premiers sous-produits chlorés mis en évidence ont été les trihalomethanes (THM) au début des années 1970 puis les acides halo-acétiques (AHA) à la fin des années 1980. Ces sous-produits de chloration (SPC_s) ne sont pas présents dans l'eau brute, ils se forment lors de l'interaction entre le chlore et la matière organique naturelle dissoute et/ou les ions bromure présents dans l'eau brute. La matière organique naturelle dissoute qui contient des acides fulviques et humiques, constitue le précurseur organique de la formation des SPCs.

➤ **Trihalométhanes (THM)**

Les trihalométhanes sont des composés organiques basés sur le méthane (CH₄), dans lesquels trois atomes d'hydrogène sont remplacés par trois atomes d'halogènes (majoritairement le chlore ou le brome) (COSTET DEIBER, 2013).

➤ **Acides Halo-acétiques (AHA)**

Les acides halo-acétiques sont des composés analogues de l'acide acétique (CH₃CO₂H) dans lequel des atomes d'hydrogène du groupe méthyle sont remplacés par des atomes d'halogène (chlore ou brome), (COSTET DEIBER, 2013).

6.1.5. Facteurs influençant la désinfection au chlore

➤ **Potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH est un paramètre clé dans la désinfection. Dans l'eau, il existe un équilibre entre HOCl, H⁺ et ClO⁻. La dissociation de HOCl en ions H⁺ et ClO⁻ conditionnée par le pH de l'eau. Si le pH est acide; c'est à dire que le milieu est concentré en ion hydrogène H⁺ ; la dissociation de HOCl sera donc négligeable. Ainsi nous pouvons avoir 100 % de chlore actif (HOCl). Si le pH est basique c'est-à-dire pauvre en ions H⁺; la réaction de dissociation de HOCl sera accrue. Ainsi on aura un milieu pauvre en HOCl par exemple avec un pH = 9 ; on a 10% de HOCl, 90 % de ClO⁻ (LITIMI, MOKRANI, 2018).

➤ **Dose de chlore et le temps de contact**

La variation du temps de contact, permet de jouer sur la dose requise de chlore pour une désinfection efficace. Pour un pH donné, si on augmente la dose de chlore, ainsi on pourra diminuer le temps de contact. Par contre si on diminue la dose, il faudra augmenter le temps de contact. De même le temps de contact varie en fonction du pH. Il faudra un temps de contact minimum de 30 minutes pour obtenir une eau bien désinfectée (LITIMI, MOKRANI, 2018).

➤ **Température**

La rapidité de l'effet bactéricide du chlore est proportionnelle à la température de l'eau. Cette stérilisation est plus efficace dans des eaux à température élevée (>25°C). En revanche, le chlore est plus stable dans l'eau froide, donc subsiste plus longtemps, ce qui compense dans une certaine mesure la lenteur de la réaction (LITIMI, MOKRANI, 2018).

➤ **Turbidité**

La présence de matières en suspensions (MES) favorise la protection des microorganismes contre l'action biocide du chlore. La mesure de la turbidité exprimée en Unité Néphélométrique de Turbidité (NTU), donne une idée sur la teneur des matières en suspensions. Le pouvoir germicide du chlore diminue fortement quand la turbidité de l'eau est

supérieure à 5 NTU. Dans ces conditions, les bactéries pathogènes et celles d'origine fécale s'introduisent dans ces particules en suspension et ainsi, elles se protègent contre l'action désinfectante du chlore. L'OMS recommande qu'avant tout traitement, la turbidité moyenne de l'eau soit de 1 NTU mais qui peut occasionnellement dépasser cette valeur sans jamais atteindre 5 NTU (LITIMI, MOKRANI, 2018).

6.2. Désinfection par l'Ozone (O₃)

L'ozone est un gaz instable composé de molécules d'oxygène triatomique, O₃. C'est un gaz bleu pale, incolore et démarqué par son odeur (DAVID LIDE, 2008).

L'injection d'ozone dans l'eau est très compliqué, car l'ozone est très peu soluble dans l'eau, mais c'est un oxydant et désinfectant très puissant, il représente certains avantages par rapport à d'autres désinfectants (Tableau.4).

Tableau 4: Avantages et inconvénients de la désinfection par l'ozone (HEIDELBERG, 2016).

Avantages	Inconvénients
-Il a un potentiel d'oxydation largement supérieur à celui de chlore	-Le cout des équipements de production d'ozone comparés à d'autres méthodes
-Le temps de contact est bien plus courts	-Impossibilité de stocker l'ozone sous forme gazeuse car il se dégrade très vite
-La dégradation de l'ozone ne donne aucun résidu	-La toxicité d'ozone, qui nécessite des mesures de sécurités plus strictes
-L'utilisation de l'ozone ne nécessite pas de stockage de produits	-Grandes consommation d'énergie due à la production d'ozone
-Il oxyde le fer et le manganèse	-Il a un faible pouvoir rémanent
-Il améliore la clarification	-La formation des bromates en cas de présence des bromures

6.3. Désinfection par les rayonnements Ultra-Violets (UV)

La désinfection aux UV est utilisée de plus en plus comme méthode de désinfection sûre, fiable et sans produits chimiques (HEIDELBERG, 2016). Ils ne produisent pas de sous-produit indésirable, mais exigent une très bonne qualité d'eau vis-à-vis de MES et de la turbidité. Leur absence d'effet rémanent limite généralement leur utilisation aux réseaux de distribution courts (JESTIN, 2006), (Tableau.5).

Tableau 5 : Avantages et inconvénients de la désinfection aux UV (société des gestions des eaux, 2006).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Destruction immédiate et sûre des germes sans apport de produits chimiques -Dégradation des substances indésirables par photochimie -Pas d'odeur ni de gout désagréables -Pas de stockage ni de manipulation des produits chimiques -Action indépendante du pH -Coûts d'investissement et d'exploitation réduits, fiabilité et performance élevées 	<ul style="list-style-type: none"> -Il n'y a pas d'effet rémanent -Les lampes coûtent relativement cher, il faut les remplacer souvent -Si la lampe n'est plus germicide, rien ne le signale -Le contrôle de l'efficacité du rayonnement UV est difficile à effectuer -Les UV font courir des risques pour les yeux et la peau



Chapitre II

Matériel et Méthodes

1. Zone d'étude

Le site des forages est localisé dans la wilaya, daïra et commune de Tizi-Ouzou au niveau de l'oued sebaou situe environ 5 km du chef-lieu de la wilaya et se trouve au bord ouest de la ville de Tizi-Ouzou.



Figure 1: Situation géographique des forages (DRE TO, 2019)

1.1. Présentation du laboratoire de l'ADE

Le laboratoire central de l'ADE, est localisé au niveau de l'unité de Tizi-Ouzou. Sa mission est l'autocontrôle, c'est-à-dire contrôler la qualité des eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologiques en se référant aux méthodes normalisées. Notre étude s'est déroulée sur une période allant du 20 jusqu'au 27 juin 2021.

2. Matériel utilisé

2.1. Matériel d'analyses physicochimiques

Le matériel utilisé pour la détermination des paramètres physicochimiques est composé de :

- pH mètre;
- conductimètre;
- turbidimètre;
- spectrophotomètre;
- spectrophotomètre d'émission de flamme.

❖ Verrerie et autre matériel

Les verreries utilisées sont les suivantes :

- burette;
- thermomètre;
- béchers;
- pissettes;
- agitateurs;
- erlenmeyer;
- fioles;
- flacons.

2.2. Matériel d'analyses Bactériologiques

Le matériel utilisé pour la détermination des paramètres bactériologiques est composé de :

- rampe de filtration en acier inoxydable ;
- pompe à vide ;
- membranes de filtration stériles de 0.45 μm et 0.20 μm ;
- réglées à 37° C ,22°C et 44°C ;
- autoclave ;
- bain marie.

❖ Verrerie et autre matériel

Les verreries utilisées sont les suivantes :

- tubes à essais ;
- pipettes graduées stériles ;
- boîtes de pétri ;
- pinces ;
- anse à boucle et anse à fil droit ;
- bec-bunsen ;
- cloche de durham.

3. Méthodes d'analyses

3.1. Méthodes d'analyses physico-chimiques

Les techniques analytiques utilisées pour la détermination des paramètres physico-chimiques sont les suivantes (voir annexe 1) :

- ❖ **analyses électrochimiques:** réalisées par un appareil portatif de type HACH donnant la mesure directe pour les paramètres suivants: le potentiel d'oxydoréduction, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous et la température ...etc.
- ❖ **analyses volumétriques:** utilisées pour le dosage des chlorures, magnésium, calcium, bicarbonates, matières organiques et la dureté totale.
- ❖ **analyses spectrophotométriques:** utilisées pour le dosage du fer, de l'ammonium, des nitrites, des nitrates, des sulfates et des phosphates. (figure.1)
- ❖ **analyses photométriques:** réalisées par un photomètre à flamme pour le dosage du sodium, du potassium. (figure.2)



Figure 2: Spectrophotomètre



Figure 3: Spectrométrie d'émission à flamme

3.2. Méthodes d'analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence de bactéries qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en la recherche et la numération de la flore totale de l'eau (ROUX, 1987). Pour l'étude de la qualité d'une eau, il y a lieu de choisir le type d'analyse adéquat (voir annexe 1), dans notre cas, nous avons pratiqué une analyse comportant les phases suivantes :

- numération « totale » des germes à 37°C, 22°C et 44°C ;
- recherche et numération des coliformes totaux et fécaux avec identification des *E. coli*;
- recherche et numération des streptocoques fécaux.

4. Echantillonnage

L'échantillonnage est primordial, car il conditionne la pertinence de l'analyse. Il doit être obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques et bactériologiques de l'eau.

4.1. Echantillons destinés aux analyses physicochimiques

Les flacons utilisés seront rincés trois fois avec l'eau à analyser et remplis jusqu'aux bords pour éviter la pénétration d'air. Ensuite étiqueter ces derniers en déterminant le point de prélèvement, la nature d'eau, la date et l'heure.

4.2. Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

Les flacons utilisés doivent être soigneusement lavés avec l'eau de robinet et détergents puis l'eau de javel ensuite rincés avec l'eau distillée et mettre dedans du thiosulfate de sodium, ils sont ensuite stérilisés à l'autoclave à 120 degrés pendant 20 minutes.

Le prélèvement est effectué après avoir flambé l'orifice du robinet à l'aide d'une pince enrobée de coton imbibé d'alcool enflammé pendant 1 minute puis laisser couler l'eau pendant 5 minutes. Les flacons sont remplis au 5/6 de leur volume afin de maintenir les bactéries aérobies en vie et de pouvoir agiter l'échantillon avant l'analyse, ensuite étiqueter ces flacons en déterminant le point de prélèvement, la nature d'eau, la date et l'heure. Puis emporter dans une glacière (à 4°C) au laboratoire.



Chapitre III
Résultats et Discussion

1. Résultats

1.1. Analyses physicochimiques

➤ Température

Les résultats concernant la température sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Valeurs des températures de l'eau brute et traitée (°C).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	16,6	16,1	25
Juin 2021	13,1	24,5	

D'après le tableau 6 on remarque que les valeurs de température enregistrées durant la période du mois de janvier sont de 16,6°C pour l'eau brute et 16,1°C pour l'eau traitée, alors que celles du mois de juin sont de 13,1 °C pour l'eau brute et 24,5°C pour l'eau traitée,. Néanmoins, ces valeurs de température enregistrées sont conformes selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite comme 25°C (Annexe 2).

➤ Potentiel Hydrogène (pH)

Les résultats concernant le potentiel d'hydrogène (pH) sont présentés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Valeurs du pH de l'eau brute et traitée.

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	7,39	7,45	6,5 à 9
Juin 2021	7,18	7,34	

D'après le tableau 7 on remarque que les valeurs du pH enregistrées durant le mois de janvier sont de 7,39 pour l'eau brute et de 7,45 pour l'eau traitée, alors que celles du mois de juin sont de 7,18 pour l'eau brute et 7,34 pour l'eau traitée. Ces valeurs du pH enregistrées sont conformes selon la norme algérienne qui a fixé une valeur varie de 6,5 à 9 (Annexe 2).

➤ Conductivité électrique

Les résultats concernant la conductivité électrique sont résumés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Teneurs en conductivité de l'eau brute et traitée ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	859	865	2800
Juin 2021	822	833	

Dans le tableau 8 on constate que les valeurs de la conductivité électrique enregistrées durant le mois du janvier sont de $859 \mu/\text{Cm}$ pour les eaux brute et de $865 \mu/\text{Cm}$ pour l'eau traitée, alors que celle du mois de juin sont de $822 \mu/\text{cm}$ pour l'eau brute et $833 \mu/\text{cm}$ pour l'eau traitée. Ces valeurs sont conformes selon la norme algérienne indiquant une valeur limite de $2800 \mu\text{s}/\text{cm}$ à 20°C (Annexe 2).

➤ Turbidité

Les résultats concernant la turbidité sont présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Valeurs de turbidité de l'eau brute et traitée (NTU).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	0,95	0,19	05
Juin 2021	0,47	0,46	

Selon le tableau 9 on remarque que les valeurs de la turbidité enregistrées durant le mois de janvier sont de $0,95 \text{ NTU}$ pour l'eau brute et de $0,19 \text{ NTU}$ pour les eaux traitée, alors que celle du mois de juin sont de $0,47$ pour l'eau brute et de $0,46 \text{ NTU}$ pour les eaux traitées. Cela indique que les résultats obtenus sont conformes selon la norme algérienne indiquant une valeur limite de 5 NTU (Annexe 2).

➤ **Titre alcalimétrique (TA)**

Les résultats concernant le titre alcalimétrique sont résumés dans le tableau 10.

Tableau 10 : Teneurs en TA de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	00	00	-
Juin 2021	00	00	

Dans le tableau 10 on remarque que la teneur en TA dans des eaux de forages étudiée est nul pour l'eau brute et traitée durant les périodes de mois de janvier et juin (TA=0).

➤ **Titre alcalimétrique complet (TAC)**

Les résultats concernant le titre alcalimétrique complet sont présentés dans le tableau 11.

Tableau 11 : Teneurs en TAC de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	eau traitée	Norme
Janvier 2021	308	308	-
Juin 2021	270	270	

D'après le tableau 11 on constate que la teneur en TAC enregistrée pour l'eau de forage étudiée, pendant le mois de janvier est de 308 pour l'eau brute et traitée, alors que celle durant le mois de juin est de 270 pour l'eau brute et traitée.

➤ **Dureté (TH)**

Les résultats concernant la dureté sont résumés dans le tableau 12.

Tableau 12 : Teneurs de la dureté de l'eau brute et traitée (mg/l) .

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	354	354	500
Juin 2021	328	328	

D'après le tableau 12 on constate que la teneur de la dureté enregistrée pour les eaux de forages étudiée, durant le mois de janvier est de 354 mg/l de CaCO₃ pour l'eau brute et

traitée, alors que celle durant le mois de juin est de 328 mg/l de CaCO₃. Ces teneurs enregistrées sont conformes selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite de 500 mg/l (Annexe 2).

➤ **Calcium (Ca²⁺)**

Les résultats concernant le calcium sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Teneurs en calcium de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	96	96	200
Juin 2021	92	92	

D'après le tableau 13 on constate que la teneur en calcium enregistré pour les eaux de forages étudiées durant le mois de janvier est de 96 mg/l pour l'eau brute et traitée. Alors que pendant le mois de juin est de 92 mg/l pour l'eau brute et traitée. Le résultat obtenu est conforme selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite à 200 mg/l (Annexe 2).

➤ **Chlorures (Cl⁻)**

Les résultats concernant les chlorures sont résumés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Teneurs en chlorure de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	65	65	500
Juin 2021	62	62	

D'après le tableau 14 on remarque que la teneur en chlorure enregistré pour les eaux de forages étudiées durant le mois de janvier est de 65 mg/l pour l'eau brute et traitée. Alors que pendant le mois de juin est de 62 mg/l pour l'eau brute et traitée. Le résultat obtenu est conforme selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite à 500 mg/l (Annexe 2).

➤ **Ammonium (NH₄⁺)**

Les résultats concernant l'ammonium sont présentés dans le tableau 15.

Tableau 15 : Teneurs en ammonium de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	0,01	00	0,5
Juin 2021	0,05	00	

Dans le tableau 15 on remarque que la concentration en ammonium pour les eaux brutes est très faible d'une valeur de 0,01 mg/l durant le mois de janvier et d'une valeur de 0,05 mg/l durant le mois de juin. Après la réalisation du traitement, on constate une élimination totale de l'ammonium pour les deux mois. Celle-ci indique qui est conforme selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite de 0,5 mg/l (Annexe 2).

➤ **Nitrites (NO₂⁻)**

Les résultats concernant les nitrites sont résumés dans le tableau 16.

Tableau 16 : Teneurs en nitrite de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	0,04	00	0,2
Juin 2021	0,08	00	

A partir le tableau 16 on constate que la concentration en nitrite pour l'eau brute est faible qui est de 0,04 mg/l durant le mois de janvier et d'une valeur de 0,08 mg/l pour le mois de juin. Après la réalisation du traitement, on constate une élimination totale de nitrite. Donc celle-ci montre qui est conforme selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite de 0,2 mg/l (Annexe 2).

➤ **Sodium (Na^+)**

Les résultats concernant le sodium sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17 : Teneurs en Sodium de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	50	50	200
Juin 2021	50	50	

D'après le tableau 17 on remarque que la concentration en sodium est de 50 mg/l pour l'eau brute et traitée durant les deux mois (janvier et février), Ceci reste conforme puisque la norme algérienne a fixé une valeur limite de 200 mg/l (Annexe 2).

➤ **Potassium (K^+)**

Les résultats concernant le potassium sont résumés dans le tableau 18.

Tableau 18 : Teneurs en potassium de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	8	8	12
Juin 2021	7	7	

Selon le tableau 18 on constate que la teneur en potassium durant le mois de janvier est de 8 mg/l pour l'eau brute et traitée, alors que durant le mois de juin est de 7 mg/ pour l'eau brute et traitée. Ces valeurs sont conformes selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite de 12 mg/l (Annexe 2).

➤ **Sulfates (SO_4^{2-})**

Les résultats concernant les sulfates sont présentés dans le tableau 19.

Tableau 19 : Teneurs en sulfate de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	84	84	400
Juin 2021	82	82	

D'après le tableau 19 on constate que la teneur en sulfate durant le mois de janvier est de 84 mg/l, pour l'eau brute et traitée, dont durant le mois de juin est de 82 mg/l pour l'eau brute et traitée. A cet effet la valeur enregistrée répond à la norme algérienne qui a fixé une valeur limite à 400 mg/l (Annexe 2).

➤ **Nitrates (NO_3^-)**

Les résultats concernant les nitrates sont résumés dans le tableau 21.

Tableau 20 : Teneurs en nitrate de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	5,39	5,39	50
Juin 2021	3,14	3,14	

D'après le tableau 20 on remarque que la teneur en nitrate durant le mois de janvier est de 5,39 mg/l pour l'eau brute et traitée, dont durant le mois de juin est de 3,14 mg/l pour l'eau brute et traitée. A cet effet la valeur enregistrée répond à la norme algérienne qui a fixé une valeur limite à 50 mg/l (Annexe 2).

➤ **Matières organiques (MO)**

Les résultats concernant la matière organique sont présentés dans le tableau 22.

Tableau 21 : Teneurs en matière organique de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	1,15	1,15	05
Juin 2021	0,16	0,16	

D'après le tableau 21 on constate que la teneur enregistrée en matière organique est de 1,15 mg/l pour l'eau brute et traitée, dont durant le mois de juin est de 0,16 mg/l pour l'eau brute et traitée, celle-ci reste conforme selon la norme algérienne qui a fixé une valeur limite de 5 mg/l.

➤ **Contrôle de la désinfection (test du chlore)**

Les résultats concernant le contrôle de la désinfection sont résumés dans le tableau 22.

Tableau 22: Dose du chlore résiduel de l'eau brute et traitée (mg/l).

Période	Eau brute	Eau traitée	Norme
Janvier 2021	/	1	0,2 à 0,6
Juin 2021	/	0,8	

D'après le tableau 20 on remarque que l'eau brute ne contient pas du chlore résiduel, mais après la réalisation du traitement on constate l'apparition du chlore résiduel avec une dose de 1 mg/l durant le mois de janvier et une dose de 0,8 mg/l durant le mois de juin. Ces valeurs enregistrées dépassent la norme algérienne qui est fixé de 0,2 à 0,6 mg/l.

1.2. Analyses bactériologiques

➤ **Coliformes totaux**

Les résultats concernant les coliformes totaux sont présentés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Présence des coliformes totaux dans les eaux de forage.

Eaux	Période	Coliforme totaux	Unité
Brute	Janvier 2021	14	ml/UFC
Brute	Juin 2021	00	ml/UFC
Traité	Janvier 2021	00	ml/UFC
Traité	Juin 2021	00	ml/UFC

D'après le tableau 23, nous remarquons la présence des coliformes totaux dans l'échantillon d'eau brute 14 UFC/ml, et leur absence totale dans l'échantillon d'eau traitée 00 UFC/ml.

➤ ***Escherichia. Coli***

Nous n'avons pas détecté la présence des *Escherichia. Coli* dans les échantillons d'eau brute et d'eau traitée.

➤ **Streptocoques fécaux.**

Nous n'avons pas détecté la présence des streptocoques fécaux dans les échantillons d'eau brute et d'eau traitée.

2. Discussion

Les résultats physicochimiques obtenus pour la température de l'eau de forage est conforme à la norme Algérienne requise à 25°C (JORAD, 2014). Néanmoins, elle montre une petite variation où elle a augmentée dans les eaux traitées. Ceci dépend étroitement du changement de la température de l'air (ambiante), qui a été souligné par plusieurs auteurs tels que Dib (2009), ainsi que l'origine dont elles proviennent : superficielles ou profondes (Rodier *et al*, 2005). Toutefois, les valeurs élevées de température ne seraient pas néfastes pour la santé humaine, mais posent un problème d'acceptabilité car une eau fraîche est généralement plus agréable au goût qu'une eau tiède (DEGBEY, 2011).

D'après l'étude de MANKOUR et BELHOCINE, (2016), montre que la température de l'eau de forage étudiée est presque constante malgré le changement de température de l'air selon le climat. Ceci montre que la zone de l'aquifère est assez profonde.

Le potentiel d'hydrogène (pH) présente une légère augmentation après la réalisation du traitement ceci est dû à la chloration (désinfection), au contact de l'eau il génère l'acide hypochloreux ce qui fait augmenter le pH. Cependant la valeur du pH enregistrée est située dans la fourchette des normes de potabilité ($6,5 < \text{pH} < 9$) selon la législation Algérienne et européenne (JORAD, 2014 ; RODIER *et al*, 2009). En outre, il ne présente aucune incidence négative ni sur les canalisations, ni sur le circuit de distribution ni même sur le consommateur. Selon l'étude de SLIMANI et FLICI, (2015), montre que l'augmentation du pH serait du probablement à l'ajout de chaux pour faciliter la clarification physicochimique.

Le potentiel d'hydrogène est l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibres physicochimiques et dépend de facteurs multiples Il doit être étroitement surveillé au cours de toutes opérations de traitement (RODIER, 2009).

La conductivité électrique permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (Rodier, 2009). Elle présente une petite augmentation après le traitement de désinfection, cela s'explique par l'augmentation des concentrations des ions en solution, qui a été soulignée par

Dib (2009). Les valeurs obtenues pour la conductivité électrique montrent qu'elles ne diffèrent pas entre les eaux brutes et les eaux traitées, elles sont presque semblables, et elles sont conformes à la norme établie par la réglementation algérienne de potabilité fixée à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (JORAD, 2014). Avec cela on peut déduire que cette eau est moyennement chargée.

D'après l'étude de SLIMANI et FLICI, (2015) montre que la conductivité électrique augmente dans l'eau traitée par rapport à l'eau brute cela s'explique par l'utilisation des adjuvants lors de traitement physicochimique.

La turbidité permet de donner des informations visuelles sur l'eau. Dans notre cas, elle présente une réduction une fois l'eau traitée, ce qui prouve que ces forages sont protégés, donc ce paramètre est conforme puisque la valeur obtenue est en-dessous de la norme algérienne requise comme valeur limite de turbidité : 5 NTU (JORAD, 2014). Ce qui nous permet de la classer dans la catégorie des eaux claires, selon Rodier (2009). L'alcalinité de l'eau (TAC) correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles, dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte le plus généralement à la présence d'hydrogénocarbonate, carbonate et hydroxyde. La connaissance de ce paramètre est essentielle pour l'étude de l'agressivité de l'eau, puisque elle dépend de l'équilibre calco-carbonique. D'après la valeur obtenue pour ce paramètre on peut dire qu'il est largement conforme à la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 500 mg (CaCO_3). La dureté totale (TH) exprime la quantité de sels de calcium et de magnésium présent dans l'eau, on constate qu'elle est acceptable vu que la valeur enregistrée est en-dessous de la norme algérienne qui est estimée à 500 mg/l (CaCO_3), (JORAD, 2014).

Concernant, les paramètres de minéralisation tels que : le calcium, qui est un élément dominant dans l'eau potable, dont la teneur est liée directement à la nature géologique de terrains traversés par l'eau, la valeur obtenue est conforme à la valeur fixée à 200 mg/l, décrit dans le (JORAD, 2014). Ainsi les chlorures sont toujours présents dans les eaux naturelles très variables, leur présence dans les eaux souterraines résulte de la dissolution des sels naturels, par dissolution de la sylvite (KCl) et de l'halite (Na Cl), selon AYAD (2016). Toutefois la valeur de chlorure est considérée normale étant donné que les normes algériennes de l'eau potable pour cet élément sont fixées à 500 mg/l. (JORA, 2014). Pour les Sulfates on constate que sa teneur répond à la norme algérienne requise à 400 mg/l par le (JORAD, 2014).

Les nitrates qui sont des ions naturels présents partout dans l'environnement, sont le produit de l'oxydation de l'azote par les microorganismes dans les plantes, le sol ou l'eau (BEATSON,

1978). On relève que la teneur enregistrée est conforme à la norme algérienne requise à 50 mg/l, (JORAD, 2014).

De plus, les paramètres de pollution tels que ; l'ammonium et les nitrites qui présentent des concentrations faibles dans les eaux brutes, après la réalisation du traitement de désinfection de l'eau de forage, nous constatons une élimination totale de ces derniers, qui seraient due au bon traitement. On peut dire que les valeurs enregistrées répondent à la norme algérienne de l'eau destinée à la consommation (JORAD, 2014).

D'après l'étude de SLIMANI et FLICI, (2015) montre que l'eau de forage étudiée présente de l'ammonium et des nitrites en tant que des fertilisants qui serait dû à la minéralisation de la matière organique et à l'utilisation d'engrais.

Le contrôle de la désinfection (test de chlore), est un procédé utile dans la vérification de la qualité de l'eau potable. Il est facile à réaliser, rapide et peu coûteux. Il consiste à mettre un comprimé de D.P.D dans la cuvette, l'eau prend une coloration rose. Après la réalisation de ce test de chlore, les résultats obtenues montre que les eaux brutes ne contiennent pas de chlore résiduel mais après la réalisation de traitement de désinfection, nous remarquons que la valeur obtenue dépasse la valeur maximale admissible qui est de 0, 2 mg/l à 0, 6 mg/l ; fixée par (OMS, 2005); Ceci est probablement dû au fait que le chlore introduit n'a pas eu suffisamment de temps pour réagir. La quantité de chlore résiduelle change au cour de la journée et de la nuit, il y aura généralement plus de chlore résiduel pendant la journée que pendant la nuit. Toutefois il nécessite d'être contrôlé régulièrement (OMS 2013).

L'étude bactériologique des eaux de forage de boukhalfa nous a permis d'évaluer leur qualité. D'après les résultats obtenus, on remarque que l'eau traitée est exempte de coliformes fécaux, qui confirment l'absence d'une pollution fécale. Et exempte également des coliformes totaux et des streptocoques fécaux ce qui est largement tributaire de l'efficacité de traitement de désinfection.

Le traitement de désinfection est une étape indispensable à la salubrité de l'eau potable qui permet la destruction des microorganismes afin d'empêcher toute contamination de l'eau. Il existe de nombreuses méthodes de désinfection de l'eau soit par le chlore, l'ozone ou par rayonnement ultraviolet mais la plus répandue est la chloration (désinfection en chlore). Car d'autre désinfectants comme l'ozone ou le rayonnement ultraviolet, ne protègent pas l'eau après sa sortie de la station de traitement de l'eau (OMS, 2005).

Le chlore est le type de traitement pour l'eau potable priliégié partout dans le monde. Il doit sa grande popularité à son efficacité bactéricide, sa facilité d'application, son faible coût d'achat et une bonne connaissance scientifique de son utilisation. Il présente par contre

certaines inconvénients, dont le principal est relié à la formation de sous-produits chlorés, formé lors de l'association du chlore et des précurseurs qui peuvent être de différents types tels les algues, l'acide humiques, les composés azotés et principalement la matière organique. Ces sous-produits qui se forment sont les trihalométhanes (THM) et les acides haloacétique (AHA) (Ayotte et Larue, 1988). Ce sont des substances chimiques formées lorsque le chlore utilisé pour la désinfection réagit avec la matière organique d'origine naturelle (végétation, feuille mortes, etc.) déjà présente dans l'eau brute (santé Manitoba, 2011).

Cependant, les études épidémiologiques sur les effets de l'exposition des humaines aux sous-produits de désinfection de l'eau destinée à la consommation ont montré que l'eau chlorée augmente le risque de cancer du rectum et de la vessie et de l'intestin. Ainsi certaines études ont soulevé la possibilité que ces sous-produits pourraient affecter la grossesse, par exemple : la naissance de bébés de petit poids (Santé Manitoba, 2011).

On peut réduire les sous-produits chlorés en retirant les matières organiques des eaux de sources avant d'ajouter le chlore. Pour ce faire, il faut :

- Aération : elle permet d'éliminer les mauvaises odeurs dues à la présence d' H_2S ou de certains composés organiques volatils (toluène, éthylbenzène).
- Clarification : elle est sans effet notable, mais peut au contraire engendrer des odeurs désagréables (zones mortes, anaérobiose pendant les arrêts...) si l'hydraulique et l'exploitation ne sont pas optimisées.
- Oxydation : est le plus puissant des oxydants pour cet objectif, mais n'est efficace que sur certains composés (ex. : phénols, ce qui évite ensuite la formation de chlorophénols lors de la chloration ; certains métabolites d'algues...) ; une ozonation mal gérée peut aussi créer des goûts et odeurs caractéristiques.
- Charbon actif : il peut être utilisé en poudre, si l'apparition des mauvais goûts est intermittente, à condition de pouvoir détecter leur arrivée dans l'eau brute (DEGREMONT, 2005)

Une fois les matières organiques retirées, le chlore peut être ajouté pour désinfecter l'eau sans formation de niveau élevée de ces sous-produits chlorés (Santé Manitoba, 2011).

Enfin, les résultats des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont montré que les eaux de forage de boukhalfa destinées à la consommation humaine ne sont pas contaminées et ne renferment pas des germes pathogènes, ce qui répond aux normes algériennes, d'OMS et aux différentes organisations internationales de la santé. Ceci prouve que le traitement de

l'eau dans la station de potabilisation des eaux de forage de boukhalfa est très efficace et bien contrôlée. En effet, la mesure de chlore appliquée est suffisamment élevée pour éliminer ces germes.

Dans tous les cas, la qualité de l'eau doit être garantie non seulement à la sortie de l'usine mais jusque chez le consommateur ou la responsabilité du distributeur est en cause de façon ultime. Cela est d'autant plus vrai depuis la directive du 3 novembre 1998 et le décret 2001-1220 qui prévoit que la conformité de la qualité de l'eau soit assurée jusqu'au niveau des robinets des usagers (JEAN-LUC, 2001).



Conclusion

Le problème majeur de l'eau destinée à la consommation humaine a été longtemps d'ordre sanitaire. Ce problème découlait de l'existence de microorganisme (bactéries, virus, parasites) transmissibles de nombreuses infections dangereuses chez l'homme.

Nous nous sommes focalisés dans notre travail sur l'étude et le contrôle de l'efficacité de désinfection au chlore des eaux de consommation des forages de boukhalfa.

En premier lieu, nous avons déterminé les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux brutes et des eaux traitées des forages de boukhalfa et les échantillons ont été analysés au niveau de laboratoire central de l'ADE de boukhalfa durant le mois de juin 2021.

- ✓ Du point de vue organoleptique, les échantillons prélevés sont clairs et ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable.
- ✓ Du point de vue physicochimique, l'ensemble des résultats obtenus nous ont révélé une dureté la plus élevée est de 354 mg/l, qui obéissent aux normes de potabilité de l'eau, ainsi pour la conductivité électrique est de 865 $\mu\text{s}/\text{cm}$; ce qui nous permet de dire que c'est une eau minéralisée.
- ✓ Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus montrent l'absence de tout germe indicateur de pollution.

Après un traitement de désinfection, la qualité de l'eau de forage répond aux normes de potabilités fixées par l'OMS (2005) et le JORAD (2014), Ceci serait dû au traitement au chlore. Mais le traitement au chlore présente par contre certains inconvénients, qui provoque la formation des sous-produits chlorés, tel que : les trihalométhane (THM) et les acides haloacétique (AHA), formé lors de l'association du chlore et des précurseurs organiques présents à l'état naturel dans l'eau brute, ce qui provoque un danger sur la santé humaine.

L'utilisation du chlore doit être accompagnée d'une stratégie qui réduit la formation de ces sous-produits chlorés sans compromettre l'efficacité de traitement de désinfection. Il est recommandé que le chlore utilisé pour la désinfection soit ajouté après l'élimination des précurseurs organiques qui peut se faire soit par :

- l'utilisation ou l'injection du charbon actif,
- la clarification,
- la filtration sur membrane.

En outre, le chlore devrait être utilisé dans l'eau à des doses adéquates, sans dépasser la valeur maximale admissible afin d'éviter toutes sortes d'effets secondaires, d'odeur ou de mauvais goût.

A l'issue de notre étude, nous pouvons conclure, que la qualité de l'eau des forages desservie est de bonne qualité physico-chimique et bactériologique et qu'elle est conforme et en accord aux normes Algériennes de potabilisation (JORAD, 2014).

Une surveillance accrue ponctuée par un contrôle régulier de cette ressource sensible et vivement recommandé ceci permettra à l'avenir de préserver la qualité de l'eau et de se prémunir contre d'éventuelles pollutions.

Enfin, le contrôle de la qualité de l'eau doit se faire de l'amont (forage, ou eau souterraine), jusqu'à l'aval (au robinet), car elle peut aussi se dégrader durant son stockage et son passage dans les réseaux de distribution

Afin d'éviter tout risque sanitaire sur la santé humaine, il serait judicieux d'entreprendre les démarches suivantes :

- veiller à ce que l'eau soit toujours en quantité suffisante dans le réseau.
- éviter la formation des trihalométhanes (THM) et les acides haloacétiques (AHA), en éliminant les matières organiques présentes dans l'eau brute avant d'y ajouter du chlore.
- distribuer l'eau avec une concentration en chlore conforme à la norme.
- nettoyer les conduites.



***Références
Bibliographiques***

« A »

AYAD W., 2016. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines, cas des puits de la région d'EL-HARROUCH-wilaya de Skikda. *Thes.Doc.* 85 p.

AYOTTE P et LARUE., 1988. Les trihalométhanes dans les petits systèmes de distribution d'eau potable au Québec. Campagne d'échantillonnage de 1987, Ministère de l'environnement du Québec. Division des eaux de consommation, 94 p.

« B »

BEATSON., 1978. Methaemoglobinaemia- nitrates in drinking water, *Environ, Health,* pp:31-86.

BEAUDRY J-P., 1984. Traitement des eaux, Ed. Le griffon d'argile INC, Québec, Canada. 231p.

BOUZIANI M., 2000. L'eau de la pénurie maladie. Ed. I BN-KHALDOUN., Oran: 59-64. Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O, PADV de Hassi ben abdellah Phase 1: rapport d'orientation. pp 1- 4

« C »

CLAUDE CARDOT., 2013. Génie de l'environnement, les traitements de l'eau : procédés physicochimiques et biologiques cours et problèmes résolus. *Ed. Ellipses.France.* 302 p.

COSTET-DEIBER N., 2013. Effet sanitaire de l'exposition aux sous-produits de chloration de l'eau. *Médecine humaine et pathologie.* Université Rennes 1. 226 p.

« D »

DARBORD J.C., 2003. Désinfection et stérilisation dans les établissements des soins, guide pratique, Masson. Paris. *Ed.5ème.* 27 p

DAVID R. LIDE., 2008. Hand book of chemistry and physics CRC. *Ed.89.* 2736 p.

DAVIS J et LAMBERT R., 2002. Engineering emergencies. A Practical Guide for relief Works second Ed. 2ème. 230 p.

DEGBEY C., 2011. La qualité de l'eau de boisson en milieu professionnel à Godomey au Bénin, *J Int Santé Trav,* vol 1, pp: 15-22.

DESJARDINS R., 1997. Le traitement des eaux. 2ème Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 304 p.

DEGREMONT., 2005. Mémento Technique De L'Eau. Tome 1. 10ème Ed. Lavoisier, Paris, 785 p.

DIB I., 2009. L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine-Ain Yaghout (Est Algérien) mémoire de magister en hydraulique,

construction hydro-technique et environnement, faculté des science de l'ingénieur, département hydraulique, université Hadj Lakhdar, Batna,127 p.

DUGNIOLE H., 1980. L'assainissement des eaux résiduaires domestique, CSTC- revue n°3-septembre, pp. 44-52.

« G »

GARTET A., 2001. Hydrochimie des eaux, dissolution spécifique et salinité des cours d'eau dans le bassin de l'oued L'ébène (périf central, Maroc). Papeles de Geografia, Revue de l'Université de Murcia, vol 34 : 143 p.

GHALEB, MOKRANI., 2019. Amélioration de la qualité physicochimique et bactériologique par filtre élaboré des eaux de forages de Boukhalfa. *Thes. Doc* 40 p

GLANIC R et BENNETON J-P., 1989. Caractérisation d'effluent d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement autonome – TSM – l'eau -84 année –N 11 pp : 573-584.

GRONDIN., 2005: chloration en milieu rural dans les pays en voie de développement réédition. 17 p.

GROSCLAUDE G., 1999. L'eau T1 et T2; milieu naturel et maitrise Edition INRA paris. pp: 204-210.

GUERGAZI S., 2005. Caractéristiques physicochimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. *Pratique de la coloration. Larhyss Journal*, N°4, pp 119-127.

« H »

HASLAY C et LECLERC H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris. 132 p.

HEIDELBERG., 2016. Traitement et désinfection de l'eau. Catalogue de produits. P 02-01

« J »

JORAD., 2014. Journal officiel de la république algérienne démocratique décret executif N°13-96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014, relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine 17 p.

JUSTIN E., 2006. La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires. Ed. Agence de l'eau saine Normandie (AESN), Basse Normandie, 34 p.

JEAN-LUC C., 2001. La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique. FNDAE. Hors-série N°12. 98 p.

« K »

KETTAB A., 1992. Traitement des eaux, les eaux potables, Edition: Office des Publications Université de Limoges, 159p.

KRASNER.,2009.Chemistry and occurrence of disinfection by-products. Eds Microbiological Pathogens and DBPs in drinking water health effects and managements Risks, Washington press 2001, 61-209

« L »

LEGUBE B., 2015. Production d'eau potable (filière et procédés de traitement).Edition: dunod, France. 224p.

LITIMI, MOKRANI., 2018. Suivi de la désinfection des eaux traitées du barrage de Taksebt Tizi ouzou *Thes. Doc* 41 p.

LOUP J., 1974. Les eaux terrestres. Edition masson et cie. Grenoble. 1vol. 176p.

« M »

METAHRI MOHAMMED S., 2012. Des procédés élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes .cas de la STEP est de la ville de TO.*Thes. Doc.* 137p.

« O »

OFSP., 2010. Office Fédéral de la santé publique. Procédés reconnues destinées au traitement de l'eau potable. Suisse. pp 50-52.

OMS., 2004. Directive de qualité pour l'eau de boisson : Vol2 : critères d'hygiène et documentation à l'appui. Genève, 1050 p.

OMS., 2005. Célébration de la décennie internationale d'action: l'eau source de vie 2005-2015, Journal mondiale de l'eau 2005, guide de sensibilisation Genève suisse 34p.

OMS., 2013. Fiches techniques eau, Hygiène, et assainissement en situation d'urgence. Genève 11p.

« R »

RODIER., 2009. L'analyse de l'eau: eaux naturels, eau résiduaires, eaux de mer; Edition: Dunod. 1526 p.

ROUX M., 1987. Analyse biologique de l'eau. Ed. Lavoisier- Tec & Doc. Paris, 77p.

« S »

S.A.G.E., 2006.Traitements de potabilisation des eaux de surface, désinfection » *Soci.Anony. Gest. Des eaux. Paris.* 31p

SANTE MANITOBA., 2011. Gestions des ressources hydriques Manitoba et santé Manitoba.

« V »

VALENTIN N., 2000. Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable. *Thes.Doc*, 139 p.

VILAGINES R.; 2005. Eau, environnement santé publique, introduction à l'hydrologie, 2eme Edition, Edition Tec & Doc, 198p.



Annexes

Annexe 1

1. Méthodes

1.1. Analyses physicochimiques

1. Méthodes électrochimiques

A/ Mesure de la température

La température de l'eau est un facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation, elle est mesurée par un thermomètre.

B/ Mesure du pH

- Etalonner le pH mètre avec une solution tampon;
- Rincer l'électrode avec l'eau distillée;
- Immerger l'électrode dans l'échantillon;
- Procéder à une agitation;
- Attendre la stabilisation du pH pour faire la lecture.

C/ Mesure de la conductivité

- On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée.
- Allumer l'appareil " conductimètre";
- On ajuste l'appareil à zéro;
- On ajuste ainsi la température de l'eau sur l'appareil;
- On rince plusieurs fois l'électrode de platine d'abord avec l'eau distillée puis on le plonge dans le récipient contenant de l'eau à analyser en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée;
- Attendre jusqu'à ce que la mesure se stabilise pour faire la lecture; et le résultat obtenu est exprimé en μ S/cm.

D/ Mesure de la turbidité

- Pour effectuer un étalonnage, on verse de l'eau distillée dans la cuve, ensuite on mit la cuve dans l'appareil (turbidimètre), et on appuyer sur le bouton zéro et il s'affiche le zéro;

-Pour mesurer, on remplit la cuve avec l'échantillon, par la suite on appuie sur le bouton mesure, puis on fait la lecture après la stabilisation de la cuve; la valeur indiquée est exprimée en NTU (Néphélobimétrie Turbidité Unit)

2. Méthodes volumétriques

A/ Détermination de l'alcalinité

Réactifs

•Solution alcoolique de phénophtaléine à 0,5 %

- Phénophtaléine.....5 g
- Alcool éthylique.....500 ml
- Eau distillée.....500 ml

•À 0,50 %: Solution de méthylorange

- Méthylorange.....0,5 g
- Eau distillée.....500 ml

B/ Détermination de TA

Mode opératoire

- Prélever dans un Erlenmeyer, 100 ml d'échantillon d'eau puis on ajoute 2 à 3 gouttes de solution de phénophtaléine. Une coloration rose doit se développer, mais dans ce cas le TA est nul, ensuite on verse par la suite l'acide sulfurique dans l'erlenmeyer à partir d'une burette en agitant constamment et ceci jusqu'à la décoloration complète de la solution.



Figure 4: Détermination de TA

C/ Détermination de TAC

Mode opératoire

-Utiliser l'échantillon traité précédemment pour le TA ou il n'y a pas eu de la coloration, ensuite on ajoute 2 à 3 gouttes de méthylorange, puis on verse de nouveau de l'acide sulfurique, et on arrête ce dosage jusqu'au virage du jaune ou jaune orangé.



Figure 5: Détermination de TAC

D/ Détermination de la dureté (TH) par méthode titrimétrique à l'EDTA

Réactifs

- Solution tampon ammoniacal
- EDTA, Solution titrée
- Mordant noir 11, indicateur

Mode opératoire

-Introduire à l'aide d'une pipette, 50ml de l'échantillon dans une fiole conique de 250ml, ensuite on ajoute 4 ml de la solution tampon puis on ajoute 2 à 3 gouttes de mordant noir pour colorer et on commence immédiatement le dosage par la solution d'EDTA, tout en agitant constamment, et en versant lentement gouttes à gouttes dès que la couleur de la solution commence à virer au bleu.



Figure 6: Détermination de la dureté

E/ Dosage de calcium par méthode titrimétrique à l'EDTA**Réactifs**

- Hydroxyde de sodium NaOH, solution 2 N
- EDTA, solution titrée 0,01 mol/l
- indicateur HSN.

Mode opératoire

- Prélever à l'aide d'une pipette une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon dans une fiole conique de 250 ml;
- Ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH, et une pincée d'indicateur HSN
- Bien mélanger le tout.
- Titrer avec la solution d'EDTA, tout en continuant d'agiter et en versant lentement.
- Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement bleue.

**Figure 7:** Dosage de calcium**F/ Dosage des chlorures****Réactifs**

- Solution de nitrate d'argent
- Solution de chlorures
- indicateur coloré.

Mode opératoire

- Introduire dans une fiole, 50 ml d'échantillon et 50 ml de l'eau distillée ;
- Ajouter 2 à 3 gouttes d'indicateur de chromate de potassium;
- Titrer avec nitrate d'argent jusqu'à l'apparition de la couleur brunâtre



Figure 8: Dosage des chlorures

3. Méthodes spectrophotométriques

3.1 paramètres de pollution

A/ Dosage de l'ammonium

Réactifs

•Réactif coloré

- Salicylate de sodium..... 13 g
- Citrate trisadique dihydraté13 g
- Sodium nitrosopentacyanoferrate (III) dihydraté.....0,097 g
- Eau distillée 100 ml

•Dichloroisocyanurate de sodium

- Hydroxyde de sodium.....3,2 g
- Dichloroisocyanurate dihydraté.....0,2 g
- Eau distillée.

Mode opératoire

- Prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml;
- Ajouter 4 ml du réactif coloré et mélanger, il y'aura l'apparition d'une couleur jaune;
- Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser puis compléter avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge;
- Après 60 minutes, s'il y'aura l'apparition d'une coloration verdâtre, on mesure la concentration en ion d'ammonium à une longueur d'onde de 655nm avec le spectrophometre.



Figure 9: Dosage de l'ammonium

B/ dosage des nitrites

Réactifs

- Sulfamide ($C_6H_8N_2O_2S$).....20 g
- Acide phosphorique.....50 ml
- N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté ($C_{12}H_{16}Cl_2N_2$)..... 1 g
- Eau distillée 750 ml.

Mode opératoire

- Dans le cas d'échantillon troubles, il faut filtrer sur un filtre à membrane de porosité 0,45 μm .
- Introduire 40 ml de l'échantillon filtré dans une fiole jaugée de 50 ml, ensuite on ajoute 1ml de la solution du réactif, bien homogénéiser, puis on complète avec de l'eau distillée à 50 ml pour assurer que le pH adéquat est atteint après l'ajout du réactif;
 - Après 20 à 30 minutes, s'il y aura l'apparition d'une couleur rose, on mesure l'absorbance à une longueur d'onde de 540 nm dans une cuvette.



Figure 10: Réactif de dosage des nitrites

C/ Dosage de phosphate

Réactifs

•Réactif mélange:

- a) 13 g d'heptamolybdate d'ammonium.....qsp 100ml H₂O distillée ;
 b) 0,35 g de tartrate d'antimoine.....qsp 100 ml H₂O distillée ;
 c) 150ml d'acide sulfuriques concentré..... qsp 300 ml H₂O distillée.

•Acide ascorbique :

10g acide ascorbique.....qsp 100 ml H₂O distillée.

Mode opératoire

-Prendre 40 ml d'eau à analyser ;

-Ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mélange ;

-Incubation pendant 10min

-L'apparition d'une coloration bleue indique la présence de phosphates, ensuite on mesure l'absorption à 880 nm. Les résultats sont exprimés en mg/l.

3.2. Paramètre de minéralisation

A/ Dosage du potassium (K⁺) et du sodium (Na⁺) par méthode spectrométrie d'émission à flamme

• Sodium

Réactifs

Solution étalon de sodium à 1 g/l.

Chlorure de sodium2,54 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Mode opératoire

-Faire passer les solutions de 5 et 10mg/l trois fois chacune, et ça doit afficher 5 et 10.

-Faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l, on procède à la dilution de l'échantillon.

• Potassium

Réactifs

Solution étalon de potassium à 1 g/l.

Chlorure de potassium1.907 g.

Eau distillée1000 ml.

Mode opératoire

- Faire passer les solutions de 5 et 10mg/l trois fois chacune, et ça doit afficher 5 et 10.
- Faire passer ensuite les échantillons. Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l, on procède à la dilution de l'échantillon.

B/ Détermination des sulfates

Réactifs

- Solution stabilisante
- Solution de chlorure de baryum

Mode opératoire

- Prendre 100ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre à $\lambda=420$ nm.

C/ Dosage des nitrates

Réactifs

- acide mélange
- Diméthyle-2,6phénol.

Mode opératoire

- introduire à l'aide d'une éprouvette 35 ml du mélange acide dans une fiole conique Séchée de 100ml, puis ajouter 5 ml de l'échantillon et 5 ml de la solution de diméthyle-2,6 Phénol, ensuite on mélange soigneusement le contenu de la fiole par agitation circulaire et laisser reposer pendant 15 à 60 mn.
- effectuer un essai à blanc parallèlement au dosage en utilisant 5 ml d'eau distillée à la place de la prise d'essai. La concentration en azote nitrate est la valeur donner par le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 324 nm.

D/ Détermination de la matière organique

Mode opératoire

On introduit 100 ml d'échantillon et on ajoute 20 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 on le met à chauffer puis on ajoute 20 ml de permanganate de potassium $KmnO_4$, dès la première ébullition on attend 10 minutes; puis on décolore avec oxalate de sodium $Na_2C_2O_4$.



Figure 11: Dosage de la matière organique

✓ Contrôle de la désinfection

Consiste à mettre un comprimé de D.P.D dans la cuvette ensuite l'eau prend une coloration rose.

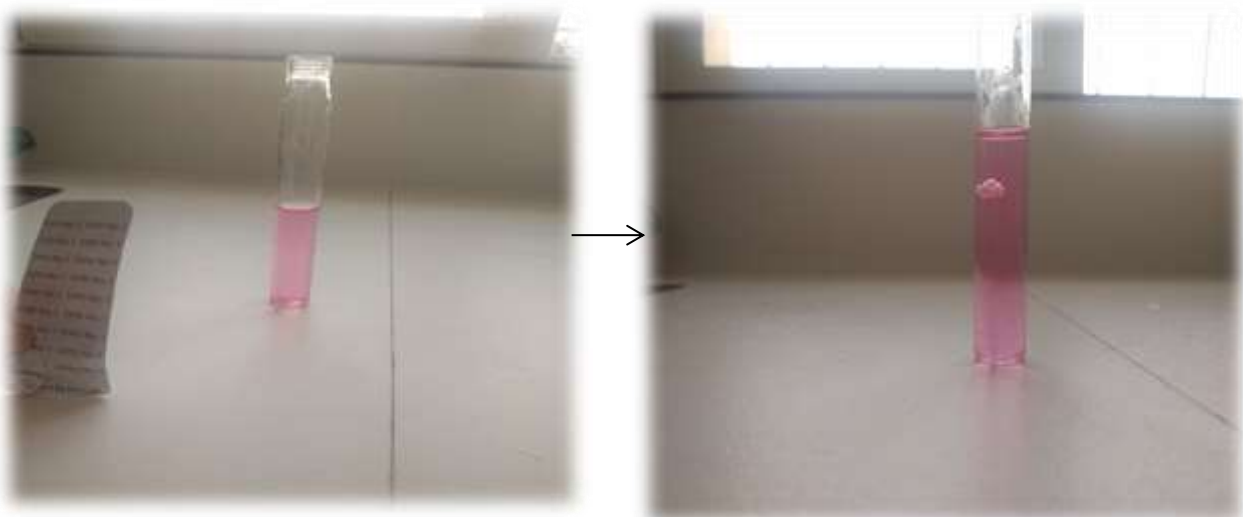


Figure 12 : Contrôle de la désinfection (test de chlore).

1.2. Analyses bactériologiques

1. Dénombrement sur membrane filtrante

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un volume de 100 ml d'échantillon d'eau à travers une membrane filtrante de porosité de 0.45 um suffisante pour retenir les bactéries, la membrane est placée ensuite sur un milieu gélosé et incubée à une température appropriée, puis on procède au comptage direct.

2. Dénombrement par inoculation sur milieu liquide

Le principe de la méthode NPP consiste à ensemercer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon dans des tubes de milieu de culture liquide.

On suppose que, pendant l'incubation, chaque tube ayant reçu un ou plusieurs organismes avec l'inoculum présentera une croissance qui va provoquer ou non des modifications caractéristiques dans le milieu. Compte tenu que certains tubes sont négatifs, le nombre le plus probable de microorganismes dans une quantité spécifiée d'échantillon peut être estimé à partir du nombre et de la répartition des tubes positifs.

Choix des systèmes

- **Premier système**

3tube D/C.....inoculum 10 ml.

3tube D/C.....inoculum 01 ml.

3tube D/C.....inoculum 0.1 ml.

- **Deuxième système**

5 tubes D/C.....inoculum 10 ml.

5 tubes D/C.....inoculum 01 ml.

5 tubes D/C.....inoculum 0.1 ml.

- **Troisième système**

5 tubes D/C..... inoculum 10 ml.

1 tube S/C inoculum 01 ml.

1 tube S/C inoculum 0.1 ml.

- **Quatrième système**

1 flacon D/C.....inoculum 50 ml.

5 tubes D/C.....inoculum 10 ml.

5 tubes S/C.....inoculum 01 ml.

- Si l'eau est polluée ou brute de qualité médiocre, les systèmes 1 et 2 sont recommandés.
- Si l'eau est supposée de bonne qualité (eau souterraine) les systèmes 3 et 4 sont recommandés.

A/ Dénombrement des bactéries coliformes et E. coli en milieu solide

La recherche des bactéries coliformes et E. coli par filtration sur membrane nécessite une préparation préalable qui se déroule selon les étapes suivantes :

- stériliser les entonnoirs en acier inoxydable ainsi que la plaque poreuse à l'aide d'un bec-bunsen
- refroidir tout de suite les entonnoirs avec l'eau distillé ou l'eau à analyser
- déposer la membrane, face quadrillée au-dessus, sur la plaque poreuse de la rampe de filtration
- agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser
- verser stérilement 100ml d'eau à analyser
- ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler
- dès que la quantité d'eau est filtrée prélever la membrane avec une pince
- déposer la membrane sur le milieu chromogène (CCA)
- incuber à 36±2 degré pendant 21±3heures voire 44 degré °C.

Dénombrement et confirmation

Après la période d'incubation, on compte toutes les colonies présentant une réaction positive (couleur rose à rouge) en tant que bactéries coliformes présomptives qui ne sont pas des E. coli

On compte aussi toutes les colonies qui ont une couleur bleu foncé à violet en tant que E. coli

Essai avec disque

-imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie.

-considérer la réaction positive s'il y a apparition d'une couleur bleu foncé dans les 30 secondes qui suivent.

Interprétation du test de confirmation

Calcul du nombre de coliformes ou des E. coli sera exprimé selon l'équation suivante :

$$a = \frac{b}{A} c$$

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation

A : nombre de colonies repiquées

C : nombre totale des colonies caractéristiques (rose à rouge) trouvées dans la boîte.

A.a. Dénombrement par inoculation en milieu liquide

La recherche des bactéries coliformes et E. coli dans les eaux en milieu liquide par la technique du NPP se fait en deux étapes consécutives :

Le test de présomption : système N 04 de la table Mac Grady

A partir de l'eau à analyser porté aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche Durham
- 5 fois 1ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche Durham
- Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.
- incubé à 37°C pendant 24 à 48 heures

Après incubation les tubes présentant à la fois :

- ❖ un dégagement de gaz (supérieure au 1/10 ème de la hauteur de la cloche)
- ❖ un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (témoin de fermentation du lactose dans le milieu)

Seront considérés comme positifs, ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoire décrites .la lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

Test de confirmation :

Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes, feront l'objet d'un repiquage de quelques gouttes à l'aide d'une pipette dans des tubes contenant :

- ❖ le milieu VBL muni d'une cloche de Durham pour la confirmation des coliformes.
- ❖ le bouillon tryptophane muni d'une cloche Durham pour la confirmation des E. coli

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

L'incubation se fait à 44° C pendant 24 heures pour E. coli et à 37° C pendant 24 heures pour les coliformes.

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

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

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

B. Dénombrement des streptocoques fécaux

B.a. Méthode par filtration sur membrane

La recherche des streptocoques fécaux par filtration sur membrane se fait sur le milieu de culture slanetz et barteley, elle nécessite une préparation au préalable, qui se déroule selon les étapes déjà décrite dans la méthode de dénombrement sur membrane des coliformes.

Après incubation à 37° C pendant 48 heures les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours régulier et pigmentées en rose.

Transférer aseptiquement la membrane du milieu slanetz et barteley au milieu BEA préchauffé préalablement à 44° C.

Incubé à 44° C pendant 2 heures.

Les colonies caractéristiques prennent une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu.

B.b. Méthode de dénombrement sur milieu liquide

La recherche et le dénombrement des streptocoques dans les eaux en milieu liquide par la technique NPP, se fait en deux étapes consécutives :

- le test de présomption : réservé à la recherche présomptive des streptocoques.
- le test de confirmation : réservé à la confirmation réelle des streptocoques.

Test de présomption : (système N° 4 de la table Mac Grady)

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

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe D/C
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe S/C

Bien mélanger le milieu et l'inoculum, puis l'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Test de confirmation :

-les tubes de Rothe trouvés positifs présentant un trouble microbien feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée dans les tubes contenant le milieu EVA Litsky, dans le but d'être confirmés

-bien mélanger le milieu et l'inoculum.

-l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

-les tubes présentant un trouble microbien et une pastille de couleur blanchâtre au-dessus

Des tube seront considérer positifs.

-les résultats de dénombrement des streptocoques fécaux sont exprimés en nombre de germes par 100ml selon le nombre le plus probable.

C/ Dénombrement des spores anaérobie sulfito-réductrices

La recherche des spores anaérobie sulfito-réductrices par filtration sur membrane nécessite une préparation préalable qui se déroule selon les étapes suivants :

- chauffer l'échantillon a analysé à 80° C pendant 10 minutes ou à 75° C pendant 15 minutes.
- faire subir un choc thermique avec l'eau de robinet pour détruire les forme végétatives des bactéries anaérobies sulfito-réductrices éventuellement présentes.
- verser 100ml d'eau à analyser dans les entonnoirs après avoir stérilisé la rampe de filtration ainsi que les entonnoirs.
- ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler
- dès que la quantité d'eau est filtrée prélever la membrane avec une pince
- déposer la membrane de 0,20 µm sur une boîte de pétri vide
- faire couler la gélose viande de foie qui contient deux additifs sulfites de sodium et alun de fer
- laisser solidifier sur la pailasse pendant 30 minutes environs
- incuber à 37° C pendant 24 heures.

Lecture des résultats :

-la première lecture se fait après l'incubation à 37° C pendant 24 heures.

-la deuxième lecture se fait après l'incubation à 37° C pendant 48 heures.

-compter les colonies caractéristiques noires après la première période d'incubation, et la deuxième période.

-rapporter le nombre total de colonies à 100 ml d'eau à analyser.

Annexe 2

Le journal officiel de la république algérienne et populaire correspond au 9 mars 2014.

7 Joumada El Oula 1435 9 mars 2014		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13		15
ANNEXE				
Paramètres de qualité de l'eau de consommation humaine				
Tableau 1 : paramètres avec valeurs limites				
GRUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS LIMITES	
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2	
	Ammonium	mg/l	0,5	
	Baryum	mg/l	0,7	
	Bore	mg/l	- Eaux conventionnelles : 1 - Eaux déssalées ou déminéralisées : 1,3	
	Fluorures	mg/l	1,5	
	Nitrates	mg/l	50	
	Nitrites	mg/l	0,2	
	Oxydabilité	mg/l O ₂	5	
	Acrylamide	µg/l	0,5	
	Antimoine	µg/l	20	
	Argent	µg/l	100	
	Arsenic	µg/l	10	
	Cadmium	µg/l	3	
	Chrome total	µg/l	50	
	Cuivre	mg/l	2	
	Cyanures	µg/l	70	
	Mercure	µg/l	6	
	Nickel	µg/l	70	
	Plomb	µg/l	10	
	Sélénium	µg/l	10	
	Zinc	mg/l	5	
Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux	µg/l	0,2		
Fluoranthène, benzo (3,4) fluoranthène, benzo (11,12) fluoranthène, benzo (3,4) pyrène, benzo (1,12) pérylène, indéno (1,2,3-cd) pyrène, benzo (3,4) pyrène	µg/l	0,01		
Benzène	µg/l	10		
Toluène	µg/l	700		
Ethylbenzène	µg/l	300		

Tableau 2
Paramètres avec valeurs indicatives

GROUPE DE PARAMETRES	PARAMETRES	UNITES	VALEURS INDICATIVES
Paramètres Organoleptiques	couleur	mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25 °C	Taux dilution	4
	Saveur à 25 °C	Taux dilution	4
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux déssalées ou déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions hydrogène	Unité pH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité à 20 °C	μS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	μg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Température	°C	25	

Résumé

L'eau des forages de Boukhalfa représente une ressource importante d'alimentation en eau potable pour les habitants de la ville Tizi-Ouzou. A cet effet, le présent travail consiste à contrôler l'efficacité de la désinfection au chlore des eaux de consommation des forage de boukhalfa, en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur, afin d'éviter toutes sortes de dangers assurer la santé et le bien-être du consommateur. L'ensemble des résultats physicochimique obtenus nous ont révélé une dureté la plus élevé est de 354 mg/l, et la conductivité électrique qui est de 865 $\mu\text{s}/\text{cm}$; Concernant l'analyse bactériologique, les résultats ont révélé l'absence totale des indicateurs de contamination fécale, tels que: les Coliformes totaux, fécaux et Streptocoques fécaux. On conclue que cette eau est de bonne qualité, du point de vue organoleptique, physicochimique et bactériologique.

Mots clés : Eau potable, Analyses physicochimiques, Analyses bactériologiques, Normes de potabilité.

Abstract

The water from the boreholes of Boukhalfa represents an important resource of drinking water supply for the inhabitants of the city Tizi-Ouzou. To this end, the present work consists in controlling the efficiency of the disinfection with chlorine of the drinking water of the Boukhalfa drillings, based on the Algerian standards of potability of the drinking water and the regulation in force, in order to avoid all kinds of dangers ensuring the health and the well-being of the consumer. The set of physicochemical results obtained revealed us a highest hardness is 354 mg / l, and the electrical conductivity which is 865 $\mu\text{s}/\text{cm}$; Concerning the bacteriological analysis, the results revealed the total absence of indicators of fecal contamination, such as: Total Coliforms, fecal and fecal Streptococci. It is concluded that this water is of good quality, from the organoleptic, physicochemical and bacteriological point of view

Key words: drinking water, physicochemical analyses, bacteriological analyses, standards of potability.

ملخص

تمثل المياه من آبار بوخالفة مصدرا هاما لإمدادات مياه الشرب لسكان مدينة تيزي وزو. ولهذه الغاية، يتألف العمل الحالي من التحكم في فعالية تطهير مياه الشرب بالكور من آبار بخلفة، بناءً على المعايير الجزائرية لمياه الشرب ومياه الشرب واللوائح المعمول بها، من أجل تجنب جميع أنواع المخاطر لضمان الصحة والسلامة. رفاهية المستهلك. أظهرت النتائج الفيزيائية والكيميائية التي تم الحصول عليها لنا أن أعلى صلابة تبلغ 354 مجم / لتر، والموصلية الكهربائية هي 865 ميكرو ثانية / سم. فيما يتعلق بالتحليل البكتيريولوجي، أظهرت النتائج الغياب التام لمؤشرات التلوث البرازي، مثل: القولونيات الكلية، البراز والمكورات العقدية البرازية. نستنتج أن هذه المياه ذات نوعية جيدة من الناحية الحسية والفيزيائية والبكتيريولوجية.

الكلمات المفتاحية: مياه الشرب، التحاليل الفيزيائية والكيميائية، التحاليل الجرثومية، معايير مياه الشرب.