UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de Biologie

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biologie

Spécialité : Microbiologie appliquée

Mémoire de

MASTER ACADEMIQUE

Thème

Caractérisation bactériologique et physicochimique de l'eau potable prevenant de quelques forages de Touggourt

Présenté par : Menasria Smail

Soutenu publiquement Le : 03/07/2019

Devant le jury

Dr: Khallef Sakina	PRESIDENTE	Maitre de conference B	UINV OUARGLA
Dr: Baldi Nadia	PROMOTRICE	Maitre de conference B	UINV OUARGLA
Dr: Bouderhem Amel	EXAMINATRICE	Maitre de conference B	UINV OUARGLA

Année Universitaire : 2018/2019

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département de Biologie

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biologie

Spécialité : Microbiologie appliquée

Mémoire de

MASTER ACADEMIQUE

Thème

Caractérisation bactériologique et physicochimique de l'eau potable prevenant de quelques forages de Touggourt

Présenté par : Menasria Smail

Soutenu publiquement Le : 03/07/2019

Devant le jury

Dr: Khallef Sakina	PRESIDENTE	Maitre de conference B	UINV OUARGLA
Dr: Baldi Nadia	PROMOTRICE	Maitre de conference B	UINV OUARGLA
Dr: Bouderhem Amel	EXAMINATRICE	Maitre de conference B	UINV OUARGLA

Année Universitaire : 2018/2019

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier :

-Dr :Khallef Sakina: de m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de la soutenance.

-Dr :Bouderhem Amel Pour l'honneur qui a accepte d'examiner ce travail.

- ma promotrice Dr : BELDI NADIA qui a assuré mon encadrement et pour ses conseils et ses encouragements je tiens à lui exprimer tout mon respect.

Mes vifs remerciements et ma reconnaissance à :

- Ahmed Righi chef service prévention laboratoire d'analysesmedicalesEPH Touggourt

-personnelsde laboratoire de l'Algérienne des eaux, Ouargla

-MR Saadaoui Bahri observateur au niveau de station météorologique Sidi Mehdi Touggourt

- Dr :Slimane Ben Hmida ANRH pour l'aideet conseils

DEDICACES

A toute ma famille mes parents, ma grande mère

A ma femme

A mes frères et sœurs

A mes oncles et cousins

Liste des tableaux:

Tableau 01 : Coordonnées géographiques de la station météorologique de Sidi Mehdi…….....21

Tableau 02 : Données climatiques de la région de Touggourt pour I ‘année 20l8(ONM 2019)……..……..21

Tableau 03 : Données générales sur la nappe du Continental intercalaire (Albien) (Source A N R H)……..…22

Tableau 04 : Résultats des analyses bactériologiques……...38

Tableau 05 : Résultats des analyses physicochimiques…….39

Liste des figures :

Figure 01 : Répartition de l'eau sur terre…….4

Figure 02 : Situation géographique de Touggourt……..20

Figure 03 : Des ressources en eaux souterraines……..……..22

Figure 04: Coupe hydrogéologique de Touggourt……..24

Figure 05 : Méthode la recherche et le dénombrement des germes totaux……26

Figure 06 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'*E. coli*……....29

Figure 07: Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux……31

Figure 08 : Recherche et dénombrement des *Closlridium*sulfito-réducteur ……..3

Liste des graphiques :

Graphique 1 : Résultats des analyses physicochimiques (turbidité)……...40

Graphique 2 : Résultats des analyses physicochimiques (température)…….……40

Graphique 3 : Résultats des analyses physicochimiques (pH)……40

Graphique 4 : Résultats des analyses physicochimiques (salinité)……41

Graphique 5 : Résultats des analyses physicochimiques (conductivité)…….41

Graphique 6 : Résultats des analyses physicochimiques (les ions)……42

Graphique7: Résultats des analyses physicochimiques (résidus secs)……42

Liste des abréviations

ADE: Algériennes des eaux

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques

BCPL : Bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol

CMA : Concentration maximale admissible

D/C : Double concentration

EDTA : Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique

EVA : Ethyle violet azide

°F : Degré français

GN : Gélose nutritive

HCl : Acide chlorhydrique

meqg : Milliéquivalent gramme

N : Normalité N.E.T : Noir d'Eriochrom

n°: Numéro

NA : Norme algérienne

nm : Nanomètre

NPP : Nombre le plus probable

NTU : Nephlo turbidité unité

OMS : Organisation mondiale de la santé

ONM : Office national de métrologie

P : Précipitation

PH : Potentiel d'Hydrogène

S/C : Simple concentration

T : Température

UNF ; Unité formant une colonie

UV : Ultra violet

µS: Micro siemens

Sommaire

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur l'eau……...2

1.1. Définition de l'eau….....2

1.2. L'eau sur Terre : du cycle hydrologique aux ressources en eau disponibles.....…...3

2. L'eau potable……..4

2. 1.les types d'eaux destinées à la consommation……4

2. 2. Caractéristiques de l'eau potable……5

2. 2.1. **Les paramètres organoleptiques**……..…5

- **La couleur**……...5
- **Le goût**……..…5
- **L'odeur**……....5
- **La turbidité** ……...……..…6

2. 2. 2. **Les paramètres physico-chimiques**……..……6

- **La conductivité électrique**…….…6
- **Le potentiel d'hydrogène**……...…6
- **La température** ……..……6
- **Le résidu sec**……..…….…7

- **La résistivité éclectique**…….…7
- **L'alcalinité**…… …….…7
- **La duré totale ou titre hydrotimétrique**……..…7
- **Le CO_2 libre**……..…….…7
- **Les sels minéraux dissous**…….……..8
  - ✓ **Les cations** ……8
    - ❖ **L'ion calcium**…….……..8
    - ❖ **L'ion magnésium**……8

- ❖ **L'ion sodium**.....8
- ❖ **L'ion potassium**……...……8

✓ **Les anions**……...……8

- ❖ **L'ion chlorure**……..8
- ❖ **L'ion nitrite et nitrate** ……...……8
- ❖ **L'ion sulfate**…….……9
- ❖ **L'ion phosphate**……..……9

- **Les oligoéléments**……9
  - ❖ **L'arsenic**……9
  - ❖ **Le chrome**…….…9
  - ❖ **Le cuivre**…….……..……10
  - ❖ **Le fluor**……..……..……10
  - ❖ **Le zinc**……..……10
- **Les composés toxiques et indésirables**……..……..……10
  - ❖ **Le plomb**……..……10
  - ❖ **Le cadmium**……....……11
  - ❖ **Le fer**……..……..……11
  - ❖ **Le manganèse**……..……11

2. 2. **3. Les paramètres microbiologiques**……..……11

- **Germes totaux**……...……11
- **Coliformes totaux**…….……12
- **Coliformes fécaux**……..……12
- **Streptocoques fécaux** ……...……12
- **Clostridium sulfito-réducteurs** ……..……..……12
- **Salmonelles**……..……..……13

3. Pollution de l'eau ……..…….……..…….13

Les origines des pollutions……..……..……13

- **Habitats humains**……..……..……13
- **Fermes**……..……...……13
- **Cultures**……..……..……14
- **Industrie** ……..……14

4. Risques sur la santé induits par la consommation d'une eau de mauvaise qualité……..……..……...……14

- **Risques microbiologiques : ou les maladies à transmission hydrique**……...……14
- **Risques chimiques avec conséquences à long terme**……..……..……15

5. Les traitements des eaux des réseaux de distribution……..……..……..……15

5.1. La désinfection……..……15

5.2. La déferrisation……..……..……16

5.3. La démanganisation……..……16

5.4. Le traitement de la turbidité……...……...……17

5.4. L'élimination de I 'ammoniaque……..……....……17

5. 6.L'élimination des nitrates……..……..……18

5.7. La neutralisation ……..……...……18

5.8. L'adoucissement et la décarbonatation…….……..……..……18

6. LEGISLATION ALGERIENNE ……..……..……..……19

PARTIE PRATIQUE

MATERIEL ET METHODES

ETUDE DU MILIEU

1. Géographie……..……..……20

2. Climatologie……..……20

3. Hydrogéologie ……..…… ……..……21

- **Nappe du continental intercalaire**……..…….. ……22
- **Nappe des complexes terminaux** …….……..……23
- **La nappe phréatique**……..……...……..……23

4. Analyse de l'eau ……...……24

4.1. Prélèvements…….……24

- **Dans le cas des analyses bactériologiques**……..……..…….25
- **Dans le cas des analyses physico-chimiques**……...…..……25

4.2. Méthodes d'analyses bactériologiques …….……...…..……26

- **Recherche et dénombrement des germes totaux**……..……26
- **Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia coli** ……..…..……27
- **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**……..30
- **Recherche et dénombrement des Closlridiumsulfito-réducteur**…….32

4.3. Méthodes d'analyses organoleptiques ……...……34

- **Test de la couleur La couleur**……...……..…34
- **Test de l'odeur et de la saveur** ……...……34
- **Mesure de la turbidité** ……...……34

4.4. Méthodes d'analyses physicochimiques …….……...……34

- Mesure de la température…….……...……34

- Mesure du pH……...……34

- Mesure de la conductivité ……...……34

- Dosage de l'alcalimétrique ……...…...……34

-Dosage du titre alcalimétrique complet…….....……35

-Dosage de la dureté totale…….....……35

- Dosage des ions calcium……...……35

-Dosage des ions magnésium……...……...……36

-Dosage d'ion chlorure……...……36

-Dosage des ions sulfates ……..……..……36

4.5. Paramètres de pollution ……...……...37

-Dosage desnitrites……...……...……37

-Dosage de l'ammonium……....……37

-Dosage des nitrates ……...……37

-Dosage de fer total par ……..……...……37

RESULTATS ET DISCUSSION……..……38

5. Résultats des analyses ……..……..…38

5.1. Résultats des analyses bactériologiques……..…..……38

5.2. Résultats des analyses physicochimiques ……..……39

5.2. Interprétation et discussion……43

CONCLUSION ET RECOMANDATIONS……48

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES……49

ANNEXE

Résumé

Abstract

الملخص

INTRODUCTION

Introduction

L'eau est la plus importante source vitale, elle joue un rôle énorme dans l'organisme humain, elle transporte les substances à l'extérieur ou à l'intérieur cellulaire, contribue à la régulation thermique, élimine les déchets métaboliques dans les urines, elle est aussi nécessaire aux réactions cellulaires comme donneur d'Hydrogène …

L'eau destinée à la consommation humaine doit présenter un certain nombre de critères organoleptiques, physicochimiques et microbiologiques car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganismes (bactéries, virus, protozoaires et parasites), pathogènes pour l'homme en causant des maladies infectieuses dites maladies à transmission hydrique (Choléra, typhoïde…etc.). La pollution des eaux peut être minérale aussi, telle que la pollution à l'Arsenic qui induit des troubles métaboliques ou au plomb en provoquant le saturnisme.

Notre travail consiste à étudier les eaux destinées à la consommation pour la région de Touggourt afin d'évaluer leurs :

- Qualité bactériologique
- Qualité physicochimique

Pour cet effet on a divisé notre travail en deux parties

La 1ere partie : Etude bibliographique

La 2ème partie : la partie pratique, divisée en :

1. Etude du milieu
2. Matériel et méthodes
3. Résultats et discussion

Et enfin, une conclusion et quelques recommandations.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur l'eau

1.1. Définition de l'eau

L'eau est, incolore, inodore et sans saveur, mais en même temps singulière, fantasque et exceptionnelle. De valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Son point de congélation est de 0°C et son point d'ébullition est de 100°C à la pression atmosphérique normale **(MERCIER, 2000).**

Sa formule peut s'écrire de façon très simple : H_2O, ce qui signifie que cette molécule résulte de l'union d'un atome d'oxygène avec deux atomes d'hydrogène. **(DEGREMONT, 2005).**

L'eau est assez conductrice et un bon solvant des molécules chargées électriquement (comme les acides, les bases et les sels); par contre elle solubilise mal les composés non chargés électriquement comme les graisses ou les hydrocarbures **(CHAUVE, 1993).**

L'eau existe sous trois formes :

- Etat solide : l'eau possède des structures cristallines régulières.
- Etat gazeux : caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas des liaisons entre les molécules.
- Etat liquide : les molécules peuvent se déplacer les uns par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires : Forces de Van der Waals **(DEFRANCEXHI, 1996).**

Contrairement à la plupart des liquides :

- L'eau se dilate en se solidifiant, son plus petit volume est à 4°C, elle se contracte avec l'augmentation de température et à la fusion.
- Sa viscosité diminue lorsqu'on la comprime.
- Elle a des propriétés électriques et thermiques uniques.
- Elle accumule une quantité de chaleur anormalement élevée, sa température d'ébullition est très supérieure à celle attendue.
- C'est une des rares substances à exister dans la nature sous les trois formes : gaz, liquide et solide.

1.2. L'eau sur Terre : du cycle hydrologique aux ressources en eau disponibles :

La masse d'eau totale de l'hydrosphère ne varie pas au cours des années. L'eau change d'état au cours de son cycle mais sa quantité globale reste inchangée depuis 3 milliards d'années, date de son apparition sur Terre. C'est l'énergie solaire qui est le moteur du cycle de l'eau en entraînant ses changements d'état.

La quantité d'eau sur Terre est gigantesque : environ 1,4 milliards de km^3, d'après les estimations de Shiklomanov et Rodda, 2003 (cité dans **UNESCO, 2006**). Cependant, 97,5 % de cette quantité se trouve sous forme d'eau salée et 2.5 % sous forme d'eau douce, soit environ 35 millions de km^3.

Un pourcentage de 69,5 % de l'eau douce se présente sous forme de glace et de neige permanente, 30,1 % sous forme d'eau souterraine, 0,27 % sous forme d'eau dans les lacs et rivières, 0,13 % sous une autre forme (atmosphère, humidité dans le sol, marais, etc.). La figure 1 ci-après récapitule cette répartition.

En réalité, cette répartition de l'eau n'est pas statique, comme l'indiquent les périodes de renouvellement. Le point essentiel pour les ressources en eau disponibles est le cycle continental chaque année.

La notion de « ressource en eau » ou « ressource en eau renouvelable », ou « ressource en eau disponible ») désigne les eaux liquides en écoulement, entrant dans le cycle annuel, accessibles aux usages humains. On parle alors « d'eau bleue ». Elle néglige l'eau de pluie utilisée directement par l'agriculture non irriguée, qui fait partie de ce qu'on appelle « l'eau verte », utilisée par l'ensemble des écosystèmes naturels **(Julien Morel, 2007).**

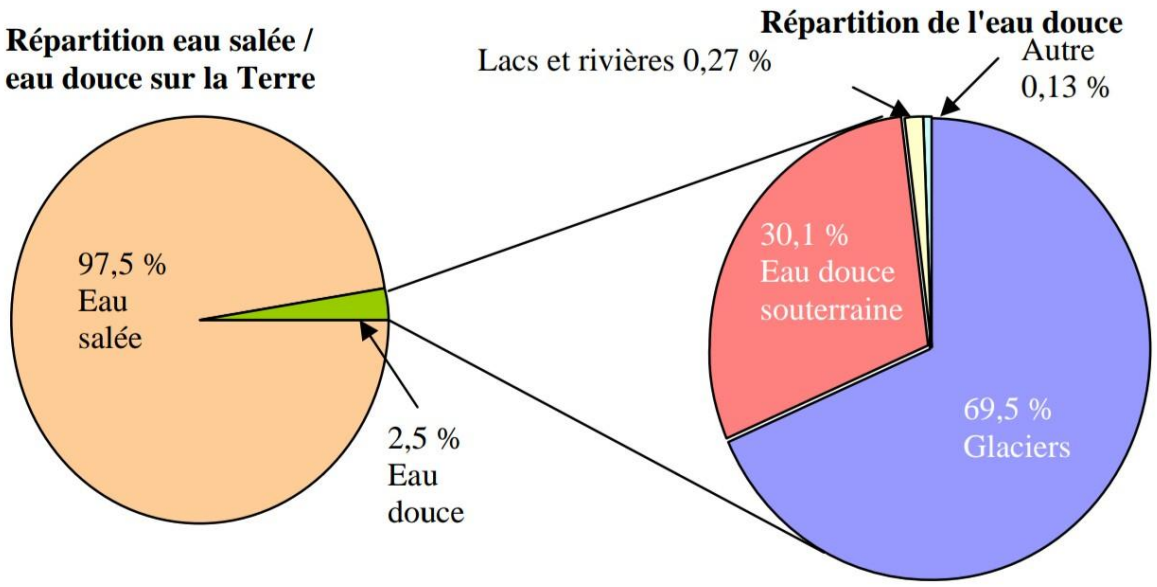


Figure 1 : Répartition de l'eau sur terre **(Julien Morel, 2007).**

2. L'eau potable

2. 1.les types d'eaux destinées à la consommation :

Plusieurs terminologies existent pour désigner un même produit : eau du robinet, eau potable, eau du réseau public, eau distribuée, eau de boisson, eau d'alimentation… . Les principaux types d'eaux destinées à la consommation humaine sont celles fournies par un réseau de distribution et les eaux en bouteille.

La définition de ces eaux destinées à la consommation humaine se trouve dans la Directive 98/83 du 3 Novembre 1998, traduite en droit français dans le Code de la Santé Publique. Il s'agit de : «Toutes les eaux qui sont en l'état ou après traitement destinées à la boisson, à la cuisson, à la préparation d'aliments ou à d'autres usages domestiques, qu'elles soient fournies par un réseau de distribution, à partir d'un camion, citerne, bateau, bouteille ou en conteneurs, y compris les eaux de source … et aussi la glace d'origine hydrique » **(Observatoire Régional de l'Environnement Poitou)**

2. 2. Caractéristiques de l'eau potable

2. 2.1. Les paramètres organoleptiques

- **La couleur**

Une eau colorée n'est pas agréable pour les usages domestiques et en particulier pour la boisson, car elle provoque toujours un doute sur sa potabilité **(BOUZIANI, 2000).**

Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité **(RODIER, 2009)**.Cette coloration peut être due à certaines impuretés minérales (Fer) mais également à certaines matières organiques (acides humiques). Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire **(MAIGA FATOUMATA SOKONA, 2002).**

La couleur se mesure en comparant l'échantillon à examiner avec des tubes témoin dont la coloration est obtenue à partir d'une solution composée de chlorure platicopotassique et cobalteux dissout dans l'acide chlorhydrique **(DUPONT, 1986).**

La couleur représente un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15mg/L de

platine de cobalt (PtCo)**(LEFEVRE,l991).**

- **Le goût**

L'eau potable ne devrait pas avoir un goût. Les principaux corps pouvant donner à I'eau une saveur désagréable sont : Le Fer et le manganèse, le chlore actif, le phénol et le chlorophénol**(DUPONT, 1986).**

- **L'odeur**

C'est l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles. Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore, **(RODIER, 2009).**

En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition, dont le sens olfactif peut seul, dans une seule mesure les déceler.

Les odeurs sont causées par la présence dans l'eau des substances relativement volatiles ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore, le bioxyde de soufre So_2 ou le sulfite d'hydrogène H_2S; ou organiques comme les esters, les alcools, les nitrites les dérivés aromatiques et des composés plus ou moins bien identifiés résultant de la décomposition des

matières animales ou végétales (comme les algues) ou encore dus à la pollution.**(MONIQUE, 1991).**

- **La turbidité**

C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute. La turbidité se mesure en unité néphélometrique**(LANTEIGNE, 2003).**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau **(GERARD, 2004).**

La turbidité élevée de l'eau relève de la précipitation du Fer, de l'aluminium ou du manganèse due à une oxydation dans le réseau **(JEAN, 2002).**

2. 2.2. Les paramètres physico-chimiques

- **La conductivité électrique**

La conductivité d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. (**Rodier, 2009)**.

- **Le potentiel d'hydrogène**

Le pH indique la concentration en ions H^+ présents dans l'eau, ou plus exactement le logarithme décimal de cette concentration (exprimée en Mol/L). Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. C'est le paramètre le plus important de la qualité de l'eau, il doit être surveillé au cours de toute opération de traitement.

Un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion du ciment ou des métaux des canalisations avec entraînement de plomb par exemple. Un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution. De plus, au-dessus de pH 8, il y a une diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le chlore. Par ailleurs, la chloration diminue le pH **(COIN, 1981)**.

- **La température**

La température joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz et dans la détermination du pH.

Une température dépassant les 15°C favorise le développent des micro-organismes dans les canalisations en même temps qu'elle intensifie les odeurs et les saveurs. Par contre, une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques **(GAUJOUS, 1995).** La température optimale (de confort) d'une eau d'alimentation entre 9 et 12 °C **(PERLEMETER, 1981).**

- **Le résidu sec**

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension non volatiles **(RODIER, 2009).** Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide **(WHO, 1994).**

- **La résistivité éclectique**

L'unité de la résistivité est l'Ohm-Centimétre (Ω.Cm). La conductivité est l'inverse de la résistivité. On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante :

Résistivité =1000000/conductivité **(DUPONT, 1974).**

- **La durée totale ou titre hydrotimétrique (TH)**

La dureté totale ou TH représente la somme des concentrations en ions calcium et magnésium (Ca^{+} et Mg^{2+}), elle est exprimée en degrés français (°F) ou/et en meq /L

Avec 1 meq/L=5 °F

1°F= 4mg de calcium/litre et à 2,4mg de magnésium/litre.

- **L'alcalinité**

L'alcalinité est une mesure de la capacité à absorber des protons H^{+}.

L'alcalinité dépend des rejets urbains (phosphate, ammoniaque, matière Organique...etc.) ou industriels (apports acides ou basiques) **(RODIER, 2009).**

- **Le CO_2 libre**

Le gaz carbonique joue un rôle important dans la chimie des eaux. Le CO_2 combiné à l'eau possède effectivement des propriétés acides, ce qui donne naissance notamment aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium **(DUPONT, l986).**

- **Les sels minéraux dissous**
  - ✓ **Les cations**
    - ❖ **L'ion calcium**

C’est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature, et généralement l'élément dominant des eaux potables.

Selon les normes Algériennes de potabilité niveau guide : 75mg/L et avec une Concentration Maximale acceptable (C.M.A.) : 200mg/L.

❖ **L'ion magnésium**

Selon les normes Algériennes de potabilité C.M.A. : 150mg/L de magnésium.

❖ **L'ion sodium**

Le sodium est un élément constant de l’eau. Toutefois, les concentrations peuvent êtreextrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500mg/L.selon les normes Algériennes de potabilité C.M.A. : 200 mg/L de sodium.

❖ **L’ion potassium**

Selon les normes Algériennes de potabilité C.M.A. : 20 mg/L de potassium.

✓ **Les anions**

❖ **L’ion chlorure**

Les inconvénients des chlorures est la saveur désagréable qu’ils communiquent à l’eau à partir de250ng/L, surtout lorsqu’il s'agit de chlorure de sodium.

Selon les normes Algériennes de potabilité niveau : 200mg/L.

❖ **L’ion nitrite et nitrates**

Ils sont le résultat d'une nitrification de l’ion ammonium (NH_4^+), présent dans l’eau et le sol, qui est oxydé en nitrites par les bactéries du genre *Nitrosomonas* puis en nitrates par les bactéries du genre *Nitrobacter* (**SANTE CANADA, 1992**).

Selon les normes Algériennes de potabilité un C.M.A. : 50mg/L pour nitrate et pour nitrite

0,1mg/L.

- **L'ion sulfate**

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable. Il est susceptible de provoquer des troubles Gastro-intestinaux en particulier chez l'enfant, La présence de sulfates en quantité supérieure à 300mg/L peut accélérer la corrosion. La valeur limite admise dans l'eau potable est de 250mg/L en raison du problème du goût et de la corrosion.

Selon les normes Algériennes de potabilité niveau guide : 200mg/L et avec un C.M.A.: 400mg/L.

- **L'ion phosphate**

Le phosphate fait partie des anions facilement fixés par le sol. Leur présence naturelle dans les eaux est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Des teneurs supérieures à 0,5mg/L doivent constituer un indice de pollution. Les normes indiquent un niveau guide de 0,4mg/L et une concentration de 5mg/L **(RODIER, 2005).** Selon les normes Algériennes de potabilité un C.M.A. : 0,5mg/L.

- **Les oligoéléments**

La connaissance de teneur de l'eau en éléments traces présente un grand intérêt non seulement sur le plan organoleptique mais aussi sur le plan toxique :

- **L'arsenic**

L'arsenic (As) est un métalloïde universellement répondu, ses niveaux dans l'eau et l'air ambiant sont généralement faibles. La source essentielle d'exposition est l'alimentation (la concentration peut atteindre 5pg/Kg dans les coquillages et les poissons).Selon les normes Algériennes de potabilité un C.M.A.:0,05Mg/L.

- **Le chrome**

Sa présence est le plus souvent liée aux rejets des ateliers de galvanoplastie. Chez l'homme, quelques microgrammes de chrome (Cr) sont considérés comme utiles pour l'équilibre du métabolisme du glucose et certains auteurs indiquent que ce métal aurait un effet protecteur contre l'artériosclérose **(RODIER, 2009).**

Selon les normes Algériennes de potabilité un C.M.A. : 0,05mg/L.

- **Le cuivre**

Le cuivre (Cu) peut être présent dans l'eau à partir du contact avec des minéraux porteurs de cuivre ou des déchets minéraux qui proviennent de la production de cuivre **(FRANK N, 1984)**. Selon les normes Algériennes de potabilité un C.M.A. :1,5mg/L.

- **Le fluor**

C'est un gaz jaune vert à la température ordinaire. Le fluor est le réactif des métalloïdes et le plus électronégatif des éléments, c'est pourquoi il n'est jamais naturellement à l'état élémentaire.

Chez l'homme, c'est un oligoélément ou un élément trace puisqu'il ne représente que 0,0037% du poids du corps. La source principale du fluor étant l'eau de boisson, l'effet bénéfique des dérivés fluorés dans la prévention de la carie dentaire n'est plus discuté aujourd'hui, il est connu depuis 1930.

Les concentrations supérieures à 5mg/L sont nuisibles **(FRANK N1984).**

Selon les normes Algériennes de potabilité niveau guide 0,3mg/L et avec un C.M.A. : 2mg/L.

- **Le zinc**

La concentration en zinc (Zn) est variable. Les eaux de source sont plus pauvres en zinc (0,005à0, 77mg/L) que les eaux de distribution. Selon les normes Algériennes de potabilité un C.M.A. : 5mg/L.

- **Les composés toxiques et indésirables**
- **Le plomb**

(Pb) ingéré passe dans le sang et est en partie stocké par l'organisme, une importante accumulation de plomb dans le corps peut provoquer une maladie (le saturnisme) caractérisée par des troubles digestifs et neurologiques chez l'adulte, et un retard du développement intellectuel chez l'enfant **(HUBERT ,2002).**

Selon les normes Algériennes de potabilité la quantité est <0,05 mg/L de plomb et les conduites en Pb sont interdites actuellement et les anciennes doivent être remplacées.

- **Le cadmium**

Les déchets industriels et les ordures ménagères sont les principales sources de pollution par le cadmium (Cd), élément qui circule dans les eaux et les sols avec grande facilité. Sa très nette toxicité se manifeste particulièrement par des atteintes rénales **(BOIINTOX, 1993).**

Selon les normes Algériennes de potabilité la quantité :<0,01 mg/L de cadmium.

- **Le Fer**

Le Fer se rencontre dans l'eau sous éruptives et dans les minéraux argileux **(KEMMER, 1984)** sous différentes formes, mais il est entièrement soluble. Selon les normes Algériennes de potabilité la quantité : <0,3 mg/L de Fer.

- **Le manganèse**

Le manganèse (Mn) est présent en quantité très importante dans la nature sous des états métamorphiques et sédimentaires. Il est essentiellement sous forme d'oxyde. Dans les eaux naturelles, il peut s'y trouver par différentes voies **(MONTIEL et WELTE, 1990)** :

- Les pollutions accidentelles,

- Le drainage des sols,

- L'accumulation dans la zone réductrice des barrages réservoirs.

Selon les normes Algériennes de potabilité la quantité :<0,5 mg/L de manganèse.

2. 2.3. Les paramètres microbiologiques

- **Germes totaux**

On distingue deux catégories sur le plan hygiénique: Les germes saprophytes qui se multiplient à 22°C, ce sont les germes spécifiques de l'eau et les germes pathogènes qui se multiplient à 37°C proviennent de l'homme ou animaux à sang chaud **(HASLEYLECTERC, 1993).**

Selon les normes Algériennes de potabilité le C.M.A. : 10/100m1.

- **Coliformes totaux**

Ce sont des indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale. Les coliformes totaux sont des bactéries en forme de bâtonnet, aérobies ou anaérobies facultatives, possédant l'enzyme β-galactosidase permettant l'hydrolyse du lactose à 35°C afin de produire des colonies rouges avec reflet métallique sur un milieu gélosé approprié **(INSPQ, 2003).**

Les principaux germes inclus dans le groupe sont *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Klebsiella* et *Serratia***(CEAEQ, 2000)**.

La presque totalité des espèces sont non pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé **(EDBERG *et al,* 2000),** à l'exception de certaines souches d'*Escherichia coli* (*E. coli*) ainsi que de rares bactéries pathogènes opportunistes.

Selon les normes Algériennes de potabilité le C.M.A. : 0/100m1.

- **Coliformes fécaux**

Les coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, sont un Sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C, l'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*) et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*,*Enterobacter* et *Klebsiella*.

La bactérie *E. Coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés **(EDBERG *et al,* 2000).**

- **Streptocoques fécaux**

Sous la dénomination générale de «Streptocoques fécaux», on trouve l'ensemble des streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. **(RODIER J. 2005).** Ils sont pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles**. (BOURGEOIS C.M. et MESCLE J., 1996).**

- ***Clostridium*sulfito-réducteurs**

*Clostridium*sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente.Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés

ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure. La forme sporulée des *Clostridium*sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives **(BOURGEOIS C.M. et MESCLE J., 1996).**

- **Salmonelles**

Les Salmonelles appartiennent à la famille des Entérobactéries, bacilles à Gram négatif, anaérobies facultatives, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister **(BOURGEOIS C.M. et MESCLE J., 1996).** Les sérotypes adaptés à l'homme sont : *Salmonella typhi* et sérotypes :*S. paratyphi*A et *S. Sendai*, responsables de la fièvre typhoïde humaine. Les Salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément **(RODIER J. 2009)**.

3. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol. Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines. L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricoles, produit une quantité de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies **(RODIER J., 2005).**

3.1. Les origines des pollutions

Tout d'abord, il y a lieu de considérer séparément les pollutions biologiques, les pollutions chimiques et les pollutions radioactives, Les origines peuvent être aussi classées comme suit :

- **Habitats humains**

Pollution essentiellement biologique - excréments, fosses d'aisance, puits perdus, décharge des villes, etc. conduites d'eau d'égout, eaux résiduaires, bassins de purification.

- **Fermes**

Pollution essentiellement biologique - habitats, animaux, fumier, fosse à purin, puits... etc.

- **Cultures**

Pollution biologique : par épandage de fumier, par irrigation d'eau d'égouts pollution chimique : par épandage d'engrais minéraux : chlorures et sulfate et nitrate de potassium, sels ammoniacaux, nitrate, phosphates ; par irrigation amenant une augmentation de la salure par évapotranspiration, salure qui se transmet aux nappes par infiltration; partraitements antiparasitaires, pesticides . . . etc.

- **Industrie**

Les pollutions chimiques et biologiques vont souvent de pair mais on peut mettre à part les usines atomiques. Industries des produits pétrolières - forages, raffineries, réservoirs, oléoducs, réservoirs souterrains, postes de pompes à essence ; déchets des mines par exemple de sels de sodium ou de potassium arrivant à saler dangereusement les nappes superficielles. Les industries métalliques; industries chimiques; papeterie; sucrerie; distillerie; laiterie; teinturerie; lavage de laine … etc.

4. Risques sur la santé induits par la consommation d'une eau de mauvaise **qualité**

4.1. Risques microbiologiques : les maladies à transmission hydrique

- **Dysenterie :** Terme qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou shigellose, dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%.
- **Diarrhées infectieuses:** Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort.
- **Fièvre typhoïde** : diarrhée hydrique peut induire à une déshydratation et peut conduire à la mort dans 1% des cas.
- **Paratyphoïde :** Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible. **(Jean DELMONT, 2016).**

- **La virologie des milieux hydriques** : L'importance du milieu hydrique comme voie de transmission de maladies à virus est, en pratique, relativement difficile à cerner du

fait, d'une part, de la sous-estimation des résultats des analyses virologiques dues au faible rendement des techniques analytiques d'extraction et de concentration des virus et d'autre part, les limites des méthodes épidémiologiques. En ce qui concerne la surveillance du milieu hydrique, celle-ci pour être efficace, devrait évoluer et être fondée non plus sur l'isolement des bactéries témoins de contamination fécale mais sur la mise en évidence d'un indicateur véritablement spécifique d'une contamination virale **(SCHWARTZBORD L., 1991).**

4.2. Risques chimiques avec conséquences à long terme

– Arsenic (imprégnation des sols) : cancérigène,

– Fluor : fluorose dentaire et osseuse,

– Nitrates / nitrites : méthémoglobinémie,

– Pesticides : toxicité neurologique, perturbations endocriniennes, cancérigène,

– Résidus de produits pharmaceutiques **(Jean DELMONT, 2016).**

5. Les traitements des eaux des réseaux de distribution

5.1. La désinfection : pour éliminer les organismes pathogènes et maintenir un résiduel bactériostatique dans les réseaux de distribution, de manière à éviter une dégradation de l'eau.

- **La désinfection au chlore :** chlore gazeux ou à l'hypochlorite de sodium. Les agents désinfectants sont l'acide hypochloreux (HOCI) et l'ion hypochlorite (OCl). Le résiduel du chlore libre est neutralisé avec bisulfite de sodium : c'est la déchloration. *La désinfection au chlore a l'inconvénient de former des composés organiques chlorés* tels que les trihalométhanes(THM) et de générer des mauvais goûts.
- **Le dioxyde de chlore (ClO_2):**est également un bon désinfectant. Il persiste donc plus longtemps dans les réseaux de distribution. Le pH a peu d'effet sur son efficacité et il ne forme pas de composés indésirables comme les THM. Il peut par contre former d'autres sous-produits : les chlorites et les chlorates, également visés par la réglementation. Sa mise en œuvre est assez délicate : c'est un gaz très toxique qui doit être fabriqué sur place.
- **L'ozone:** est un désinfectant puissant, capable notamment d'éliminer les virus. Il a l'inconvénient de ne pas pouvoir assurer le résiduel bactériostatique. Une grande

partie des eaux souterraines utilisée est de bonne qualité bactériologique et ne subit qu'un simple traitement de désinfection avant sa mise en distribution. **(Bessedik),**

5.2. La déferrisation : C'est l'élimination le Fer ferreux (Fe^{+2}) naturellement dissous dans I'eau, pour éviter une mauvaise qualité organoleptique de I 'eau (couleur rouge, goût métallique), ainsi que les risques de bouchage ou de corrosion des canalisations du réseau de distribution.

- **L'oxydation physico-chimique :**L'oxydation du Fer est assurée dans la majorité des cas par l'oxygène de l'air. L'utilisation d'un oxydant plus puissant peut parfois être nécessaire (dioxyde de chlore, permanganate de potassium, ozone), notamment si l'eau contient des matières organiques et que le fer est complexe avec ces matières organiques. Le fer précipite sous forme d'hydroxydes ferriques (Fe(OH))2 qui sont ensuite aisément retenus sur un filtre à sable que l'on lave périodiquement. La précipitation de I 'hydroxyde ferrique est d'autant plus rapide que le pH est élevé. L'augmentation du pH peut par ailleurs provoquer la précipitation de carbonates de fer ($FeCO_3$) également retenus par la filtration. Si le précipité est trop fragile, on peut ajouter du floculant. Ce traitement peut se faire gravitairement ou sous pression**.**
- **L'oxydation biologique :**Certaines bactéries comme *Leptothrix* sont en effet capables d'oxyder le fer réduit pour tirer l'énergie nécessaire à leur métabolisme. L'élimination rapide et complète du fer peut ainsi être obtenue sous certaines conditions, notamment un milieu pauvre en oxygène. Dans ce cas, la filière de traitement ne comporte qu'un seul ouvrage : un filtre à sable qui sert à la fois de support aux colonies bactériennes et de filtre pour l'eau traitée. **(Bessedik),**

5.3. La démanganisation: Eliminer le manganèse dissous dans l'eau, pour éviter une mauvaise qualité organoleptique de l'eau (couleur noire, goût métallique).

La cinétique d'oxydation avec l'air est très lente (sauf si Le pH est supérieur à 9-9,5) et d'une manière générale le passage de l'état Mn^{2+} à l'état MnO_2 nécessite une oxydation puissante par du dioxyde de chlore, du permanganate de potassiu moudel'ozone à un pHsupérieurà7.La démanganisation biologique est également possible avec une élimination rapide et complète. Elle fait appel aux mêmes types de bactéries que la déferrisation. **(Bessedik)**

5.4. Le traitement de la turbidité: Pour éliminer les matières en suspension et les colloïdes contenues dans l'eau.

- Par clarification complète : coagulation-floculation-décantation-filtration
- Par coagulation sur filtre : le procédé consiste à floculer directement les particules sur le filtre (en général un filtre bicouche sable-anthracite) qui va les retenir. Ce procédé n'est utilisé que sur des eaux peu chargées et nécessite peu de réactif, pour éviter le colmatage rapide des filtres.
- Au moyen de membranes de filtration : seules les membranes de micro et d'ultrafiltration sont actuellement utilisées. Basées sur la simple filtration physique, ils sont censés remplacer les filières de clarification classique. Les membranes retiennent également les micro-organismes, bactéries et une partie des virus **(Bessedik).**

5.4. L'élimination de I' ammoniaque: Eviter une dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux, L'ammoniaque peut être éliminée de l'eau par 2 voies :

- La chloration au point critique : En théorie, l'oxydation de 1mg d'ammoniaque nécessite 7,6mg de chlore, mais en pratique, le chlore réagit avec d'autres composés, et la quantité de chlore nécessaire se situe plutôt entre 8 et 15 mg par gramme d'ammoniaque. Il reste également dans l'eau, au-delà du point critique du chlore combiné (chloramines) et du chlore libre qui forment le chlore total. C'est le chlore libre qui permet la désinfection efficace de l'eau.
- La nitrification biologique correspond à la transformation de I'ammoniaque en nitrate, par

I'action de bactéries autotrophes.

NH+- >>nitratation NO_2^->> nitratation >> NO_3^-**(Bessedik)**

5. 6. L'élimination des nitrates: Le traitement des nitrates est rendu nécessaire lorsque sa concentration dans les eaux souterraines dépasse 50mg/L.

- **La dénitratation par résine échangeuse d'ions:** Lé principe consiste à transférer les ions indésirables de l'eau brute vers un support insoluble : la résine .La résine qui a plus d'affinité pour les nitrates que pour les chlorures, retient les nitrates et relargue les chlorures, d'où la notion d'échanged'ions.Unefoisarrivéeà saturation, la résinedoitêtrerégénéréepar percolation d'une solution fortement concentrée en chlorure de sodium.

- **La dénitrification biologique (hétérotrophique):**Elle est basée sur la capacité des bactéries dénitrifiantes à réduire les nitrates en azote gazeux en l'absence d'oxygène (milieu anoxique). **(Bessedik)**

5.7. La neutralisation : Pour corriger l'agressivité de certaines eaux, en éliminant ou en neutralisant le gaz carbonique qu'elles contiennent en excès, de manière à obtenir les conditions physico-chimiques nécessaire à la formation de la couche de Tillmans. Ce type de traitement s'adresse principalement aux eaux peu minéralisées présentes dans les massifs anciens. Pour cela, trois techniques sont principalement mises en œuvre :

- La technique de l'aération ouverte est employée lorsque la teneur en gaz carbonique est très importante ou lorsque la minéralisation de l'eau ne doit pas augmenter.
- La neutralisation par injection d'un réactif alcalin met en œuvre un des réactifs suivants : La chaux, le carbonate de sodium et la soude
- La filtration sur produit alcalino-terreux consiste à faire passer l'eau au travers d'un lit filtrant composé de carbonate de calcium ou de magnésium (éventuellement de magnésie) qui se dissout sous l'action du CO_2 agressif. **(Bessedik)**

5.8. L'adoucissement et la décarbonatation: Eliminer le calcium de l'eau de manière à diminuer l'entartrage des canalisations et des appareils ménagers.

L'adoucissement calco-sodique consiste à faire passer l'eau à traiter sur une résine échangeuse d'ions. Les ions de la résine sont remplacés par les ions calcium et magnésium de l'eau.

La décarbonatation consiste à précipiter le carbonate de calcium ($CaCO_3$) par voie chimique et à l'éliminer par décantation. **(Bessedik)**

6. Législation algérienne

Des textes sont tirés du journal officiel de la république Algérienne (N°3517-Aoul Safar 1419/27 Mai 1998) (Annexe 1).

- Norme de potabilité des eaux de consommation : La présente norme Algérienne N° 6360-1992 est inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé(OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la communauté Économique Européenne (CEE).

Objet et domaine d'application : La présente norme a pour objet de fixer les spécifications organoleptiques, bactériologiques, physico-chimiques et toxicologiques des eaux destinées à la consommation.

MATÉRIEL

ET

MÉTHODES

Géographie

La région de Touggourt se présente comme une cuvette synclinale du grand bassin sédimentaire du bas Sahara. Ce dernier se situe entre la bordure septentrionale du Hoggar et la bordure méridionale de l'Atlas Saharien. Avec plus de 600 km de diamètre, il couvre 720.000km^2 de superficie et s'étendent des pieds de l'Aurès au Nord jusqu'au Tassili au Sud (Figure 2).

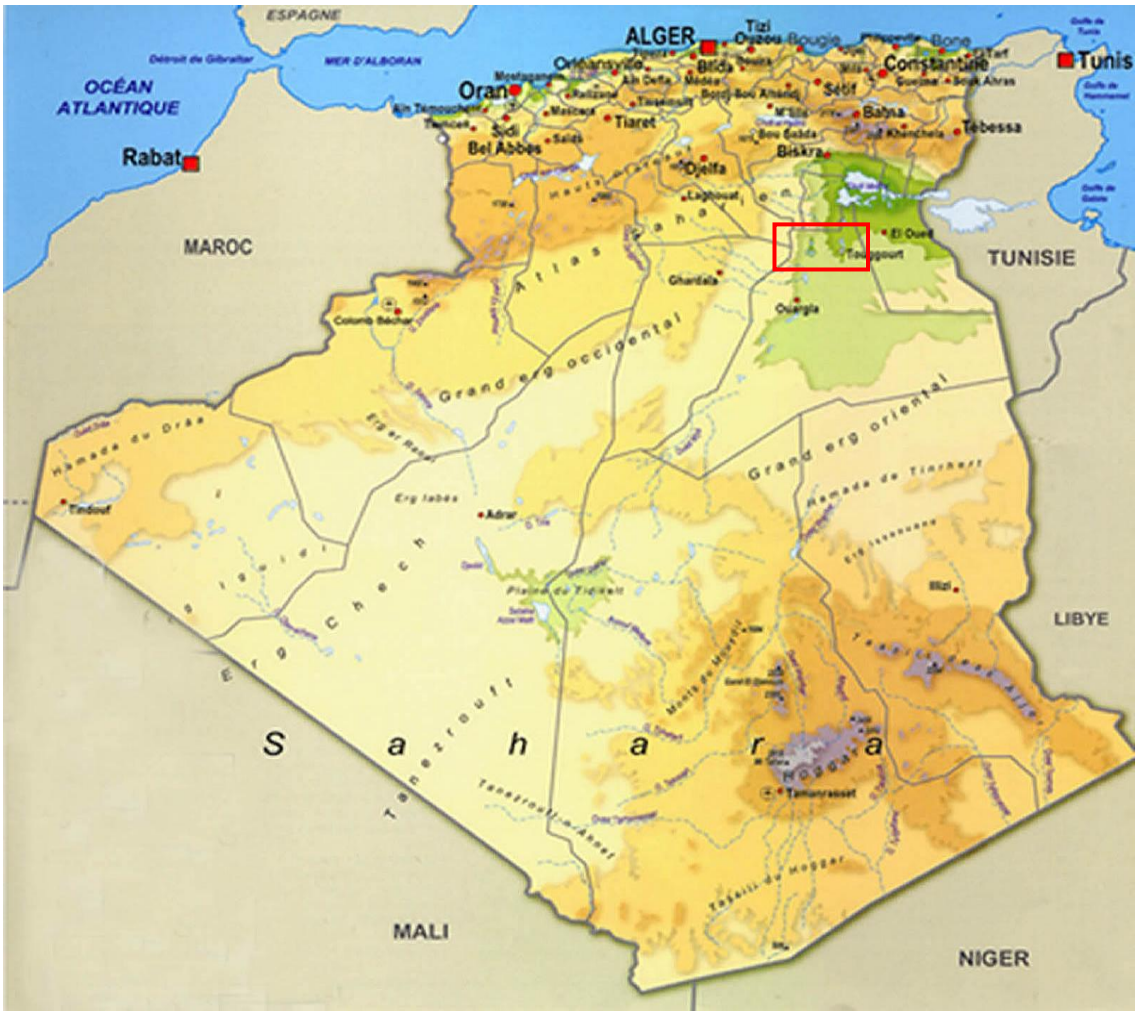


Figure 2 : Situation géographique de Touggourt (Site météo Algérie).

Climatologie

Les données météorologiques de la région de Touggourt sont représentées dans les deux tableaux ci-après selon la station météorologique de Touggourt (Sidi Mehdi): code 605550 (DAUK).

Tableau 1 : Coordonnées géographiques de la station météorologique de Sidi Mehdi.

Latitude	**Longitude**	**Altitude**
33,11	6,13	85m

Tableau 2 : Données climatiques de la région de Touggourt pour l'année 20l8(ONM 2019)

Mois	**TM (°C)**	**T m (°C)**	**H %**	**Vm (Nœud)**	**Evap. (mm)**	**Ins. (h)**	**T moy. (°C)**	**P (mm)**
Jan.	25	19,7	56	3	115	246	12,5	0,3
Fév.	28	18,8	59	2,8	116	224	12,1	9,8
Mar.	35	25,5	42	4,6	240	226	18,2	4,2
Avr.	37,4	29,6	40	3,4	253	274	22,4	2,4
Mai	45	32,9	43	4,4	297	313	26	7,2
Juin	46,1	37,9	35	3,5	301	361	30,8	00
Juil.	496	45,5	26	3,5	421	337	37,7	00
Août	42,9	38,5	43	3,1	250	324	32	2
Sep.	44	37,4	43	3,2	280	279	30,1	5
Oct.	33,9	29	48	3,2	206	264	22,5	0,1
Nov.	26,9	23,2	58	3	121	248	16	0,6
Déc.	23,5	19,6	62	2,1	71	263	11,6	00

TM : température maximale ; **Tm :** température minimale ; **H :** humidité relative ; **V :** vitesse des vents ;**Ins. :** Durée d'insolation ; **T moy. :** Températures moyenne ; **P :** Précipitations ; **Eva. :** Évaporation.

Hydrogéologie

Les ressources en eaux souterraines du Sahara septentrional sont contenues dans deux grands aquifères qui s'étendent au-delà des frontières algériennes. Ceux du continental Intercalaire (CI) et des complexes terminaux (CT) (**A N R H 2006**), mais au-dessus existe un aquifère superficiel à nappe libre, la nappe phréatique (Figure 3).

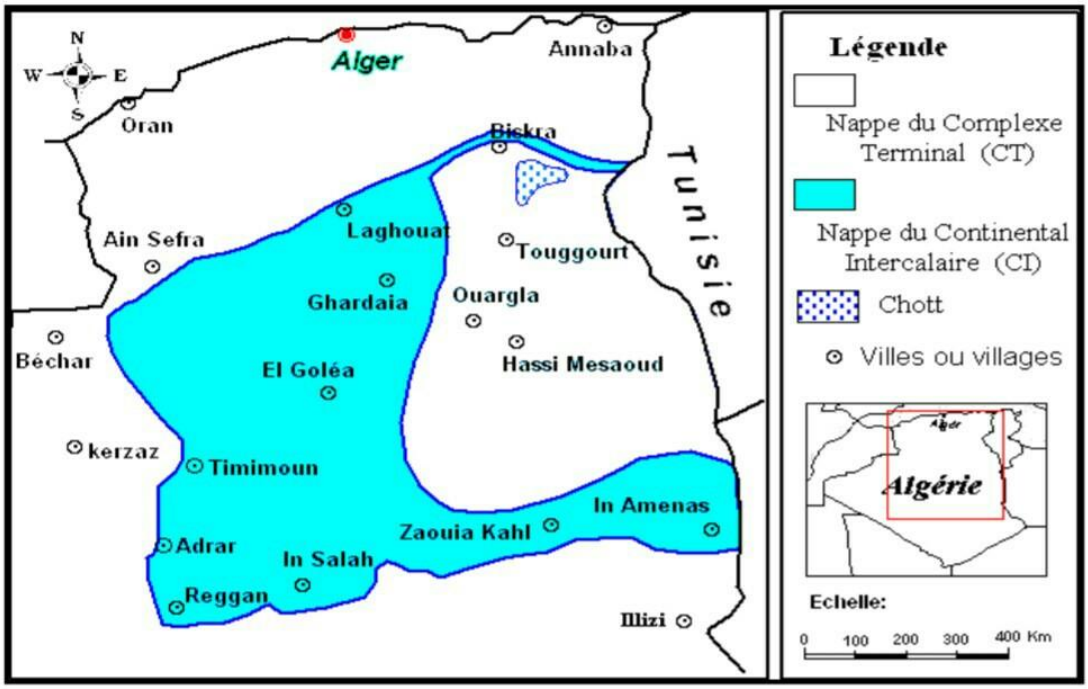


Figure 3 : Carte des ressources en eaux souterraines **(OSS, 2003)**.

Tableau 3: Données générales sur la nappe du Continental intercalaire (Albien) (Source : A N R H).

Etendue	600000 km^2
Epaisseur (m)	50 à 1000
Profondeur(m)	60 à 2400
Profondeur au toit(m)	20 à 2000
Profondeur de la couche utile productrice(m)	150 à 200
Débit (l/s)	50 à 400
Niveau statique par rapport au sol (m)	artésien (25 bars)
Transmissivite (10^{-3} m^2 /S)	10 à 30
Coefficient d'emmagasinement (10^{-4})	6 à 1200
Alimentation moyenne Hm^3 /an	270
Reserve théorique calculée (m^3)	50000 X 10^9
Température(C°)	25 à 70
Salinité des eaux	0,5 à 6 g/L

Nappe du continental intercalaire(CI) : une nappe qui est partagée entre trois pays maghrébins : l'Algérie, la Tunisie et la Libye. La partie algérienne du continental Intercalaire couvre 600 000 Km^2. Elle stocke un volume d'eau considérable, estimé à 50 000 milliards de m^3 (Tableau 3). Située à plus de 1400 m de profondeur dans la zone de Touggourt cette nappe est plus connue sous la dénomination d'Albien, nom de l'étage géologique qui renferme la couche aquifère supérieure du « continental Intercalaire », qui est la plus exploitée. Le terme de Continental Intercalaire, par contre, désigne l'ensemble des couches détritiques qui se sont déposées au Mésozoïque inférieur au Sahara entre deux cycles marins. **(OSS.2003)**

Nappe des complexes terminaux (CT) : Le système aquifère du Complexe Terminal est moins étendu que le CI Néanmoins il couvre la majeure partie du OSS(2003)bassin oriental du Sahara septentrional, sur environ 350 000km^2 Sa profondeur oscille entre 100 et plus de 500m et son épaisseur en moyenne de220 m. Sont désignées sous le nom de complexe Terminal (CT) les formations les plus récentes, déposées au bas Sahara. I1 se compose de deux ensembles aquifères principaux d'âge et de lithologie différents, séparés par des formations semi-perméables ou imperméables. Ce sont trois nappes superposées :

- L'une dans les sables et argiles du Pliocène CT1 : C'est une nappe captive qui était jadis très exploitée, avec un débit faible à moyen, de l'ordre de 20 à 40 l/s, (le débit global d'exploitation proche à 6 m^3/s). Cependant à cause de la salinité élevée de l'eau, les forages qui la capent sont actuellement moins utilisés
- L'autre dans les sables grossiers à graviers, du Miocène supérieur CT2 : C'est une nappe captive est très exploitée par des forages moyennement profonds (100 et 165 m), avec un débite variant entre 25 et 45 1/s.

La troisième dans les calcaires fissurés, plus au moins karstiques de l'EocèneinférieurCT3. **(OSS.2003)**

La nappe phréatique : Elle est contenue dans les niveaux sableux argilo-évaporitiques du Quartenaire, et se présente sous forme pelliculaire (Figure 4).Dans cette région, on assiste au phénomène de remontée du niveau hydrostatique de la nappe phréatique, lié au développement de l'irrigation (prélèvements excessifs dans les nappes profondes CT, CI) et l'insuffisance du drainage. L'eau est très salée .La conductivité électrique est supérieure à 9mS/cm dans 80% des cas. **(OSS.2003)**

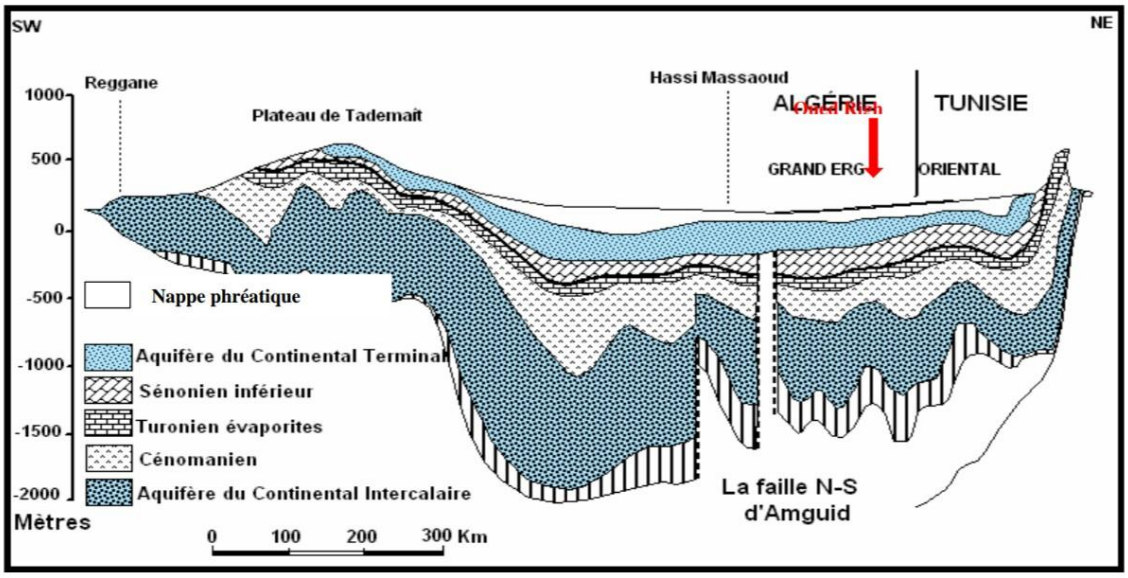


Figure 4: Coupe hydrogéologique de Touggourt **(UNESCO, 1972).**

4. Analyse de l'eau : consiste à effectuer des analyses physicochimiques et microbiologiques de l'eau des forages de Touggourt.

Les techniques d'analyses utilisées sont celles décrites par RODIER .2009.

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'hôpital SLIMANE AMIRAT de Touggourt.

Les analyses physicochimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire d'ADE Ouargla.

4.1. Prélèvements : fait à partir de 5 échantillons les échantillons

- Eau de robinet.
- Eau des forages : coule à travers un grand tuyau qui permet de remplir directement les flacons et les bouteilles.
- Complexe hydraulique
- Forage sidi Mehdi
- Forage Ain Sahra I
- Forage Ain Sahra II

- **Dans le cas des analyses bactériologiques :**

Les échantillons sont prélevés dans des flacons stérilisés en verre de 250mL,

On doit se laver très soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool, laisser sécher, faire flamber de robinet, laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement. Ensuite faire flamber rapidement le bord du goulot du flacon, une fois remplie, le flacon doit être flambé au niveau du goulot pour être referme **(RODIER, 2009).**

On fait 03 prélèvements pour chaque échantillon

Identification des échantillons

Les échantillons prélevés doivent être clairement identifiés. Chaque bouteille porte une étiquette indiquant :

- L'origine de I ‘eau.

-La date et l'heure du Prélèvement.

- La température de I ‘eau.

- Le nom du point d'eau et la localisation.

Le transport et la conservation de l’échantillon Il faut prendre toutes les précautions pour stabiliser qualitativement et quantitativement la flore représentant au moment du prélèvement pour cela toute analyse doit être effectuée le plus vite possible et aussi il faut porter les échantillons dans des glacières dont la température est comprise entre 4 à 6°C

- **Dans le cas des analyses physico-chimiques :**

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en plastique des aux minérales de1, 5L rincées par l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bout Le bouchon sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

On fait (03) prélèvements pour chaque échantillon

4.2. Méthodes d'analyses bactériologiques : consistent à rechercher

- ✓ Les Germes totaux.
- ✓ Les coliformes et d'Escherichia coli
- ✓ Les Streptocoques fécaux
- ✓ Les Clostridiumsulfito-réducteurs.
  - ➢ **Recherche et dénombrement des germes totaux:**

- **Milieu de culture :** Gélose nutritive
- **Mode opératoire**

- On prend 2 boites de pétrie stériles, on note sur chaque boite le nom du milieu de culture la température d'incubation et le germe recherché.

- Prés d'un bec Benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser et on ensemence dans chaque boite.

- On ajoute la gélose préalablement fondue refroidie à 45°C et on agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène.

-On incube une boite à 37°C pendant 24 h et l'autre à22 °C pendant 72h.

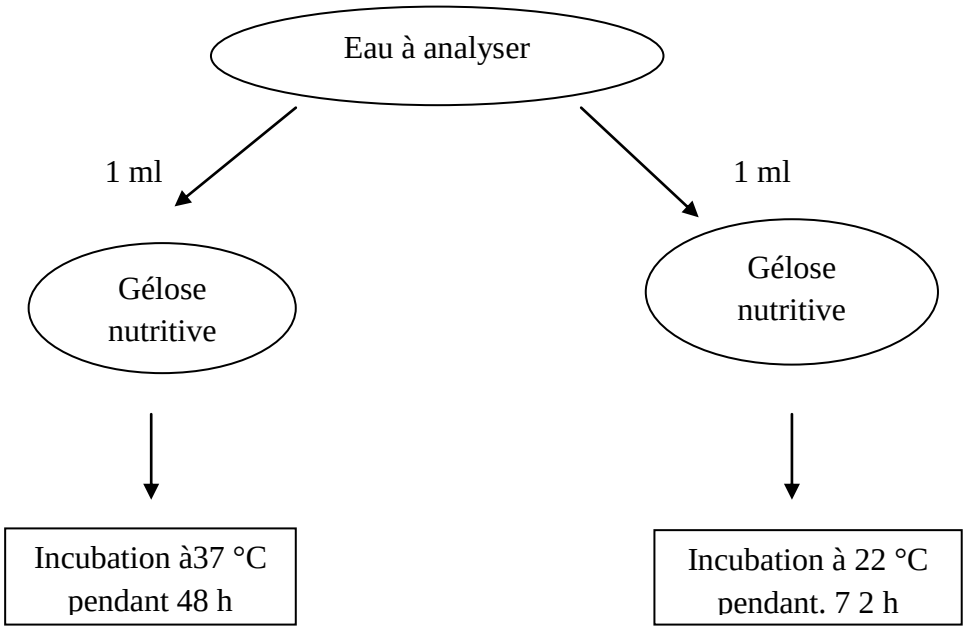


Figure 5 : Méthode la recherche et le dénombrement des germes totaux

- **Expression des résultats :** Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml

- **Recherche et dénombrement des coliformes et d'Escherichia coli :**
- **Milieu de culture** : Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) à simple centration (S/C) ;
- **Milieu de confirmation** : Bouillon de Schubert
- **Réactif** de Kovacs pour la recherche d'indole
- **Mode opératoire**

-1ere étape : Test présomptif de la présence ou I ‘absence des coliformes

-3 tubes BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 10 ml d'eau à analyser

-3 tubes BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 1 ml d'eau à analyser
-3 tubes BCPL à simple concentration munis d'une cloche de Durham avec 0, 1 ml d'eau à analyser

-On agite pour homogénéiser sans faire pénétrer I ‘air dans la cloche et placer les tubes dans l’étuve à 37 °C pendant 48 h d’incubation, les tubes considérés comme positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et dégagement de gaz dans la cloche.

- **Expression des résultats** des coliformes totaux par 100 ml est obtenue en comptant le nombre des tubes en se référant à la table de Mac Crady qui nous donne le nombre le plus probable

-2eme étape test confirmatif de la présence ou I ‘absence d'E coli

-on repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham.

On incube à 44 °C pendant 24 h. (les tubes positif les tubes ou se trouve une croissance bactérienne et un dégagement de gaz).

Apres incubation, on ajoute 2 gouttes du réactif de Kovacs au tube contenant le bouillon avec la cloche de Durham Positif.

Tube positif ou il ya un anneau rouge à la surface qui indique la production d’indole confirmant la présence d’*E. Coli*. Figure 6

- **Expression des résultats :**

Dénombrement d'E. Coli s'effectue de la même façon que celui des coliformes totaux.

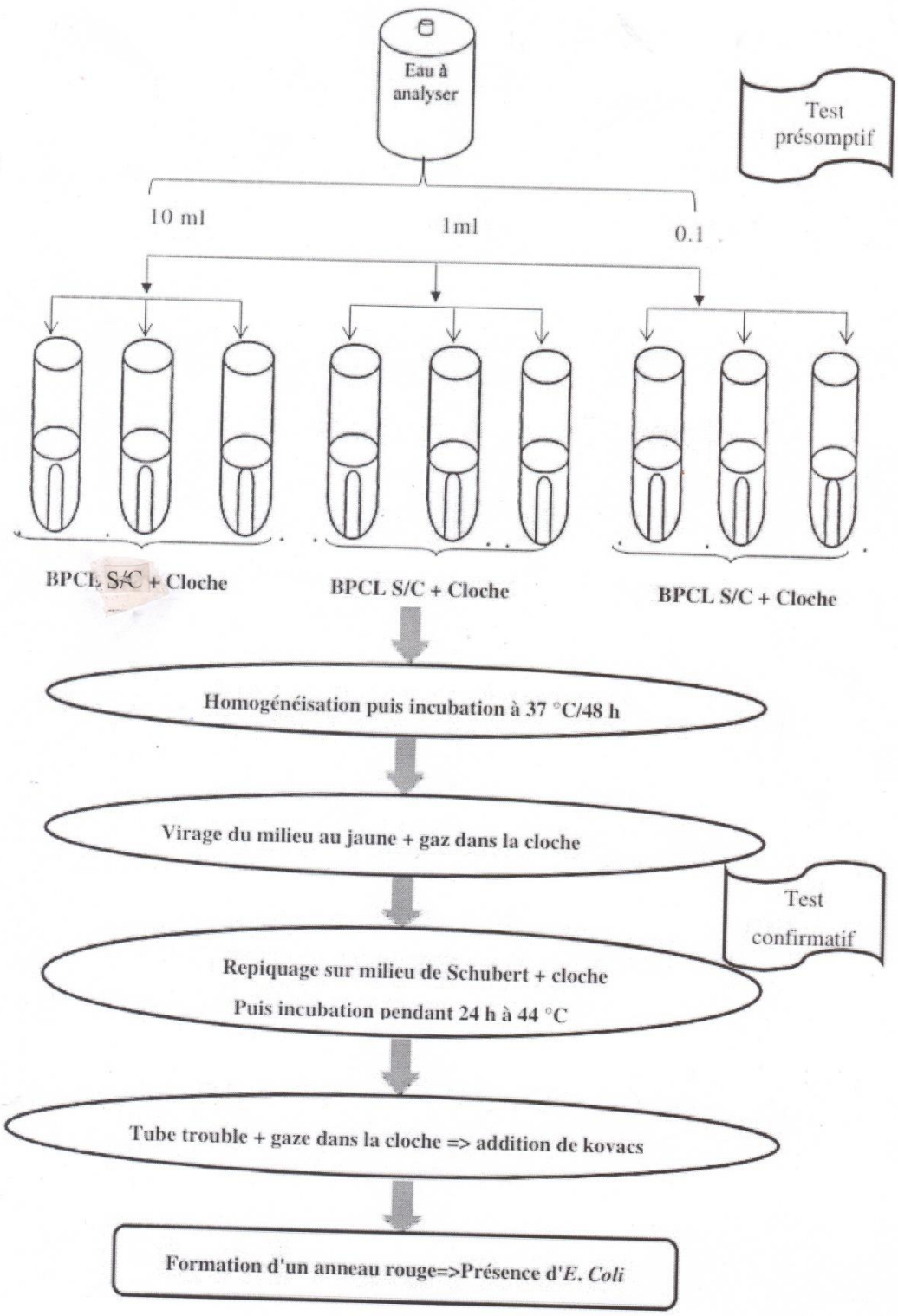


Figure 6 : Recherche et dénombrement des coliformes et d'*E, coli*. **(RODIER, 2009).**

- **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux**
- **Milieu de culture** :

- Milieu de Roth à D /C

- Milieu de Roth à S/C

- **Milieu de confirmation** : Milieu de Litsky
- **Mode opératoire**

1 étape : Test présomptif

On ensemence

- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Roth (S/C) avec 10 ml d'eau à analyser]

- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Roth (S/C) avec 1 ml d'eau à analyser;

- 3 tubes de 10 ml de bouillon de Roth (S/c) avec 0,1 ml d'eau à analyser.

On incube à37 °C à 48 h.

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs et soumis au test confirmatif.

2ème étape: Test confirmatif

- On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette Pasteur pour les reporter dans des tubes du milieu Litsky à l'éthyle violet d'azide de sodium sélectif aux streptocoques

- On incube à37 °C pendant 24h;

- L'apparition d'un trouble microbien confirme la présence d'un Streptocoque fécale, parfois la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

- **Expression des résultats :**

Les résultats de dénombrement sont exprimés en nombre de germes pour 1 ml d'échantillon.

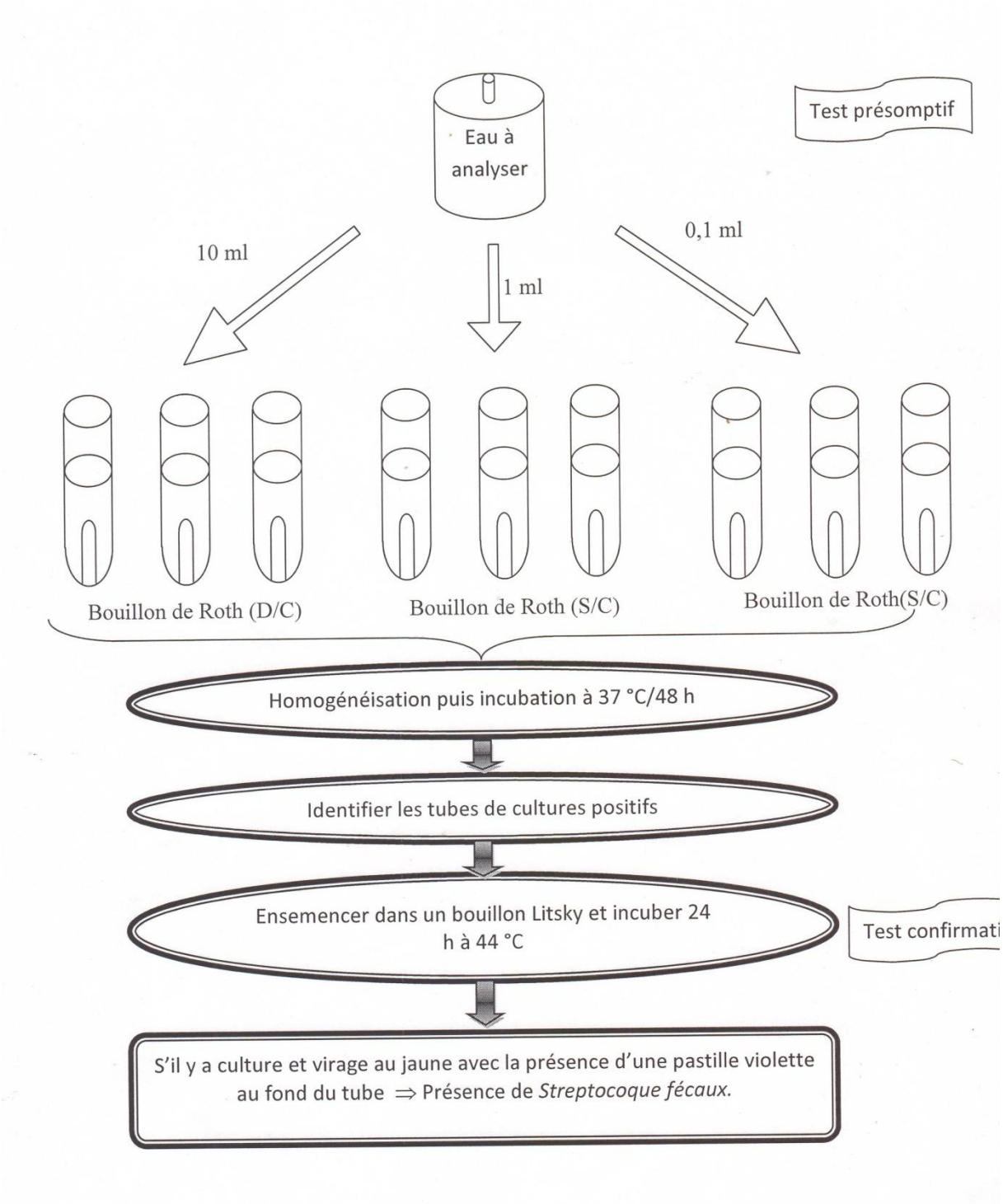


Figure 7 : Recherche et dénombrement des Streptocoque fécaux **(RODIER, 2009).**

- **Recherche et dénombrement des Closlridiumsulfito-réducteur :**
- **Milieu de culture** :

-Gélose de foie (VF)

- **Réactifs utilises**

- Solution de sulfite de sodium

- Solution d'alun de fer

- **Mode opératoire**

- On introduit dans 4 tubes à essai 20 ml de I ‘eau à analyser (5 mL dans chaque tube) ;

- On place les tubes au bain Marie à 80 °C pendant 5 mn.

- On refroidit à 45 °C puis on ajoute 2 gouttes d'alun de fer et 4 gouttes de sulfites de sodium puis on remplit les 2 tubes par la gélose VF ;

- On incube à 37 °C et on procède à une première lecture après 24 h, une deuxième après 48 h

- Les *Clostridium*sulfito-réducteurs réduisent le sulfite de sodium en produisant des colonies entourées d'un halo noir dû à la formation de sulfure de fer.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en nombre de germes par 20 ml.

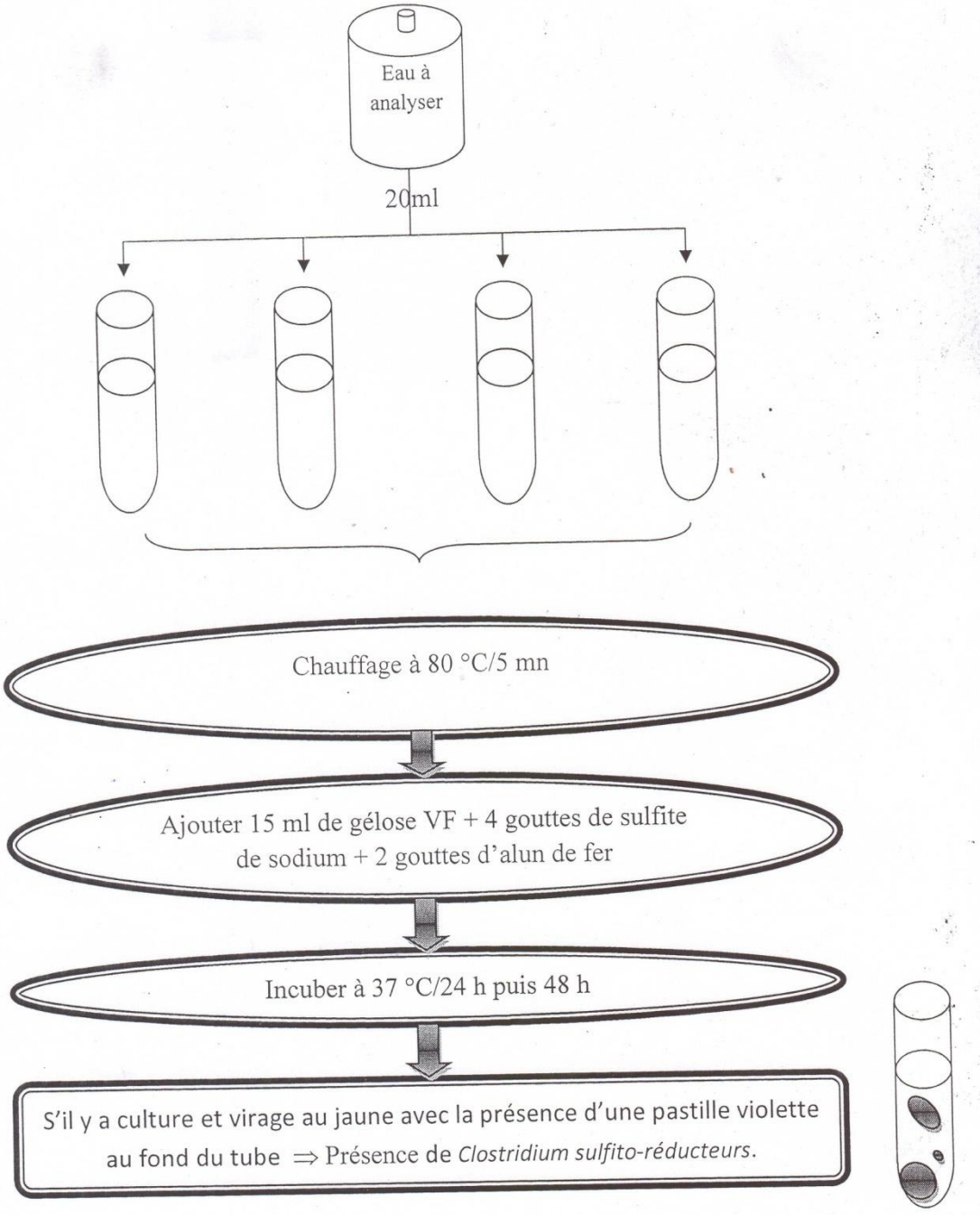


Figure 8 : Recherche et dénombrement des *Closlridium*sulfito-réducteur**(RODIER, 2009).**

4.3. Méthodes d'analyses organoleptiques : Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement.

- **Test de la couleur La couleur :** a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplies d'eau prélevée de la source.
- **Test de l'odeur et de la saveur :** L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive. La saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.
- **Mesure de la turbidité** : La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser.

4.4. Méthodes d'analyses physicochimiques : La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces.

Mesure de la température: La température de l'eau est mesurée sur site avec un thermomètre précis, gradué au 1/10 de degré, la lecture est faite après une immersion de 10 minutes.

Mesure du pH: La mesure du pH est effectuée par un pH mètre électronique relié à une électrode en verre. L'électrode est introduite dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé. L'électrode a été d'abord étalonnée dans une solution tampon de pH égale à 7 et à 4 puis introduit dans l'eau à analyser.

Mesure de la conductivité : Elle est mesurée à l'aide d'un conductivimètre à l'électrode constitué de deux lames carrées de 1cm de coté en platine, on émerge complètement l'électrode dans l'eau à analyser.

Dosage de l'alcalimétrique (TA)

- **Principe :** Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un volume d'eau par un acide chlorhydrique (HCL), dilué en présence de la phénophtaléine
- **Le but** est de mesurer la teneur en hydroxyde libre et en carbonate CO_3^{2-}**.**
- **Expression des résultats**

TA = (NHCL x VHCL) x 1000/Vo en meqg.

NHCL: Normalité d'HCL.

VHCL : Volume d'HCL.

Vo : Volume de l'échantillon.

Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

- **Principe** : Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral (HC1), dilué en présence de méthyle orange.
- **Le but :** est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.
- Expression des résultats

TAC = (NHCLx VHCL) x 1000/Vo en meqg.

NHCL: Normalité d'HCL.

VHCL: Volume d'HCL.

Vo : Volume de l'échantillon.

Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

- **Principe** La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous. Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel di- sodique de l'Acide Éthylène Diamintetracétique (EDTA).
- Expression des résultats

TH = (NEDTA X VEDTA) X 1000/VO en meqg.

TH : C'est le titre hydrométrique en meqg (1 meqg = 5 °F)

NEDTA : Normalité d'EDTA.

VEDTA: Volume d'EDTA.

Vo : Volume de l'échantillon.

4.6 Dosage des ions calcium

- **Principe** Pour déterminer la dureté calcique on utilise l'EDTA comme complexant, auparavant on précipite le magnésium sous forme de $Mg(OH)_2$ vers un pH = 12, par

addition de la soude, indicateur utilisé est sensible aux seuls ions de calcium, c'est le murixide qui répond à cette condition.

- **Expression des résultats**
  $[Ca^{2+}]$ = (NEDTA X VEDTA) X 1000/V0 x 20 (en mg/L).

Dosage des ions magnésium Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne.

$$TH = TMg^{2+} + TCa^{2+} \Longrightarrow TMg^{2+} = TH - TCa^{2+}$$

TH: Dureté totale.

TCa^{2+}: Dureté calcique.

TMg^{2+}:Dureté magnésienne.

Dosage d'ion chlorure : Méthode de Mohr

- **Principe** Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium, la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.
- Expression des résultats

$[CL^-]$ = ($NAgN0_3$ x $VAgNO_3$) x 10000/Vo x 35.45 (en mg/L).

$NAgN0_3$: Normalité d'$AgNO_3$.

$VAgNo_3$: Volume d'$AgN0_3$.

Vo : Volume de l'échantillon.

Dosage des ions sulfates par spectrophotomètre UV visible

- **Principe :** Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le Baryum du Sulfa Ver 4 pour former un précipité de sulfate de baryum. L'intensité de la turbidité est proportionnelle à la concentration en sulfate. Le Sulfa Ver 4 renferme également un agent stabilisant pour maintenir le précipité en suspension. La lecture est obtenue à 450 nm.

5. Paramètres de pollution :

Dosage des nitrites par spectrophotomètre UV visible

. Principe Le nitrite présent dans l'échantillon réagit avec l'acide sulfanilique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Ce dernier se combine à l'acide chromo tropique pour produire un complexe de couleur rose dont l'intensité est directement proportionnelle à la concentration de nitrite dans la solution. La lecture est obtenue à 507 nm.

Dosage de l'ammonium par spectrophotomètre UV visible

- **Principe :** Le stabilisateur minéral complexe la dureté de l'échantillon. Le dispersant à l'alcool polyvinylique favorise la coloration lors de la réaction du réactif au Nessler avec les ions d'Ammonium. La coloration jaune est proportionnelle à la concentration en ammoniaque. La lecture est obtenue à 425 nm.

Dosage des nitrates par spectrophotomètre UV visible

- **Principe** Le nitrate présent dans l'échantillon réagit avec l'acide chromo-tropique en condition fortement acide pour former un produit jaune dont l'absorbance maximale se mesuré à 410 nm.

Dosage de fer total par spectrophotomètre UV visible

- **Principe** Le réactif pour Ferro Ver convertit la totalité du fer soluble et la plus grande partie du fer insoluble de l'échantillon en fer ferreux soluble. Le fer ferreux réagit avec la 1.10 phénanthroline (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer. La lecture est obtenue à510 nm.

RÉSULTATS

ET

DISCUSSION

5. Résultats des analyses

5.1. Résultats des analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'hôpital « Slimane Amirate » Touggourt. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : résultats des analyses bactériologiques.

Echantillons	**Forage Ain sahra I**	**Forage Ain sahra II**	**Forage sidi Mehdi**	**Complexe hydraulique**	**robinet**	**C.M.A.**
Germes totaux à 22°C dans1 ml	00	00	00	00	00	10/100mI
Germes totaux à 37°C dans 1 ml	00	00	00	00	00	10/100mI
Coliformes totaux dans 100m1	00	00	00	00	00	0/100 ml
E. Coli dans1 ml	00	00	00	00	00	0/100 ml
Streptocoques fécaux dans 100 ml	00	00	00	00	00	0/100 ml
*Ctottridirm*sulfito-réducteur dans 20 ml	00	00	00	00	00	0 /20 rnl

5.2. Résultats des analyses physicochimiques

Les analyses physicochimiques (Tableau 4) ont été effectuées au niveau du laboratoire d'ADE Ouargla.

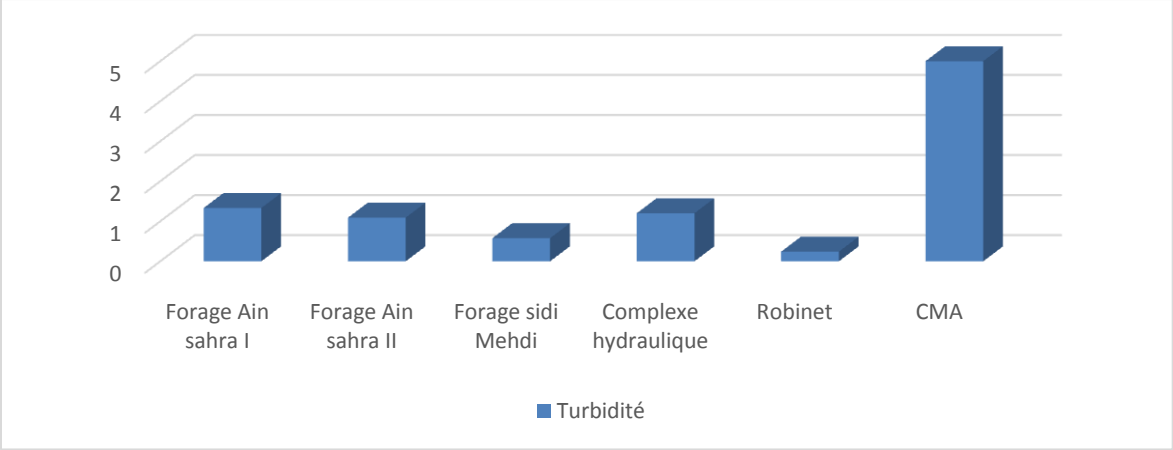
Tableau 5 : Résultats des analyses physicochimiques

Source d'eau	Forage Ain sahra I	Forage Ain sahra II	Forage sidi Mehdi	Complexe hydraulique	Robinet	CMA	unité
Odeur	Inodore						/
Saveur	Salée avec goût de terre						/
couleur	Incolore						/
Turbidité	1,33	1,09	0,577	1,2	0,24	5	NTU
Température	52	52	51	47	38	/	°C
pH	7,05	6,92	7,18	7,04	7,43	6,5-8,5	/
Conductivité à 25°C	2960	4360	2660	5820	3220	2800	µS/cm
Salinité	1,4	2,1	1,3	2,9	0,24	/	%
TH	960	1520	900	1530	1021,50	500	mg/L
Ca^{+2}	220,44	328,65	172,34	320,64	393,4	200	mg/L
Mg^{+2}	99,63	170,10	114,21	177,39	170,40	150	mg/L
Cl^{-}	506,55	998,03	536,54	1136,41	462	500	mg/L
SO_4^{2-}	680	780	480	980	1770	400	mg/L
$CaCO_3$	116,36	116,36	128,65	164,14	130,14	/	mg/L
Fer total	00	00	00	00	00	0,3	mg/L
Ammonium NH_4^{-}	0,004	00	0,099	0,007	00	0,5	mg/L
Résidu sec	2172	4248	1898	2106	2093	2000	mg/L

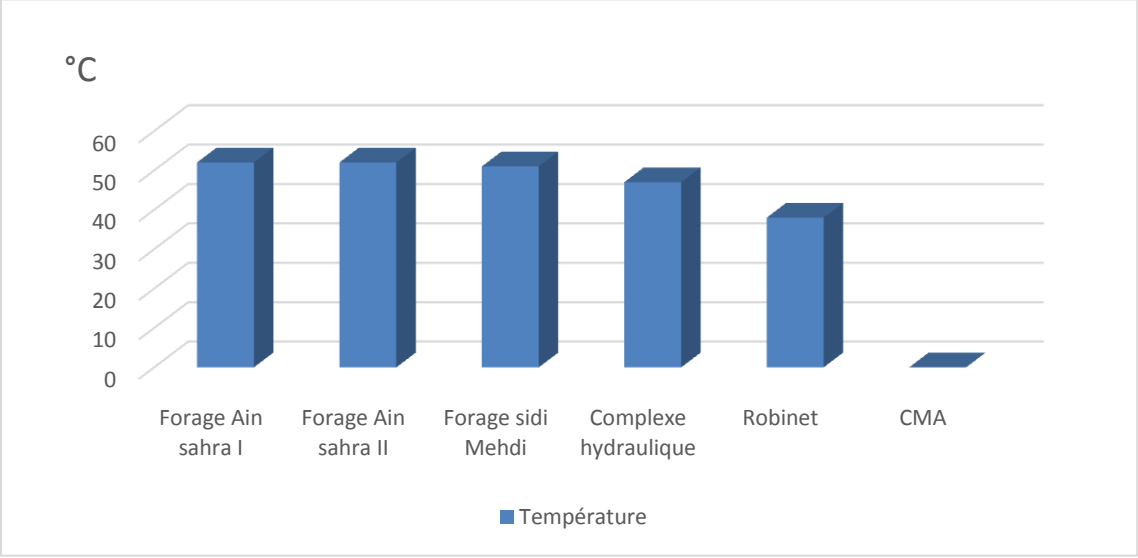
CMA : concentration maximale algérienne.**NTU :** Unité de Turbidité Néphélométrique.

µS/cm : µSiemens par centimètre.**TH :** Titre Hydrotimétrique (ou : la dureté de l'eau).

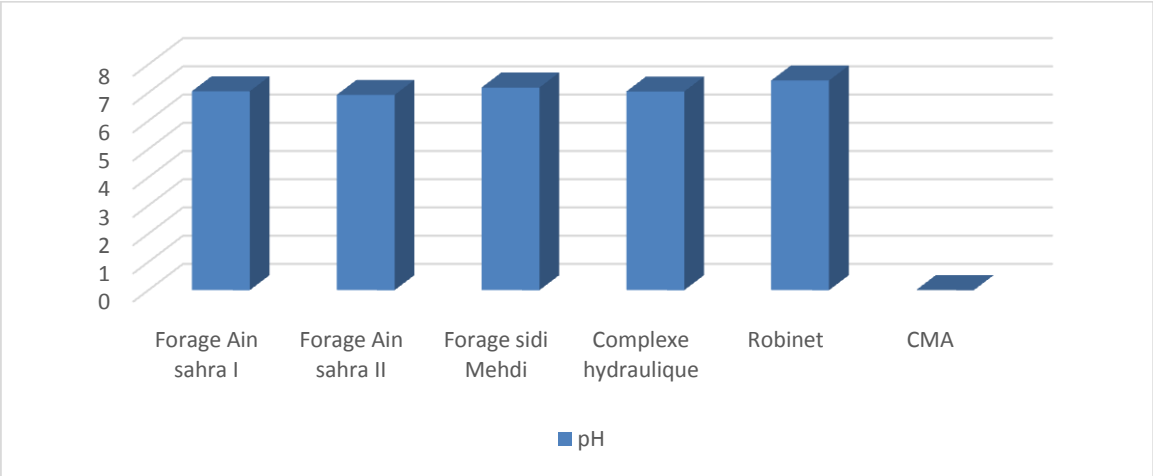
Les graphiques suivants montrent les résultats obtenus plus clairement :



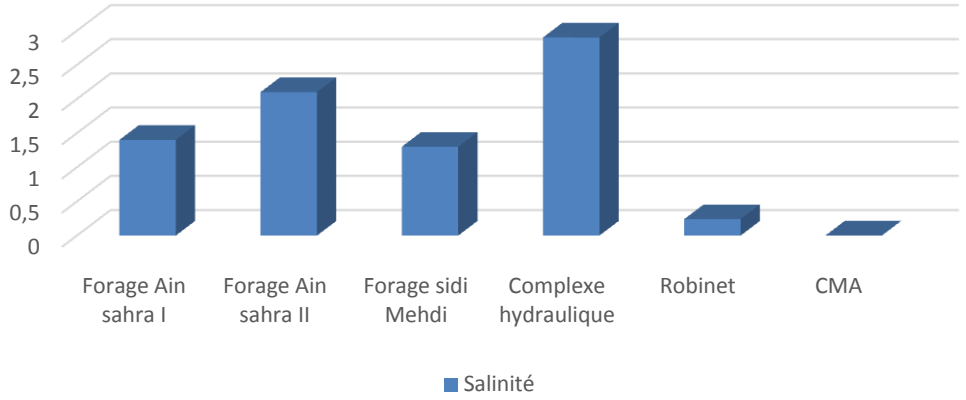
Graphique 1 : Résultats des analyses physicochimiques (turbidité)



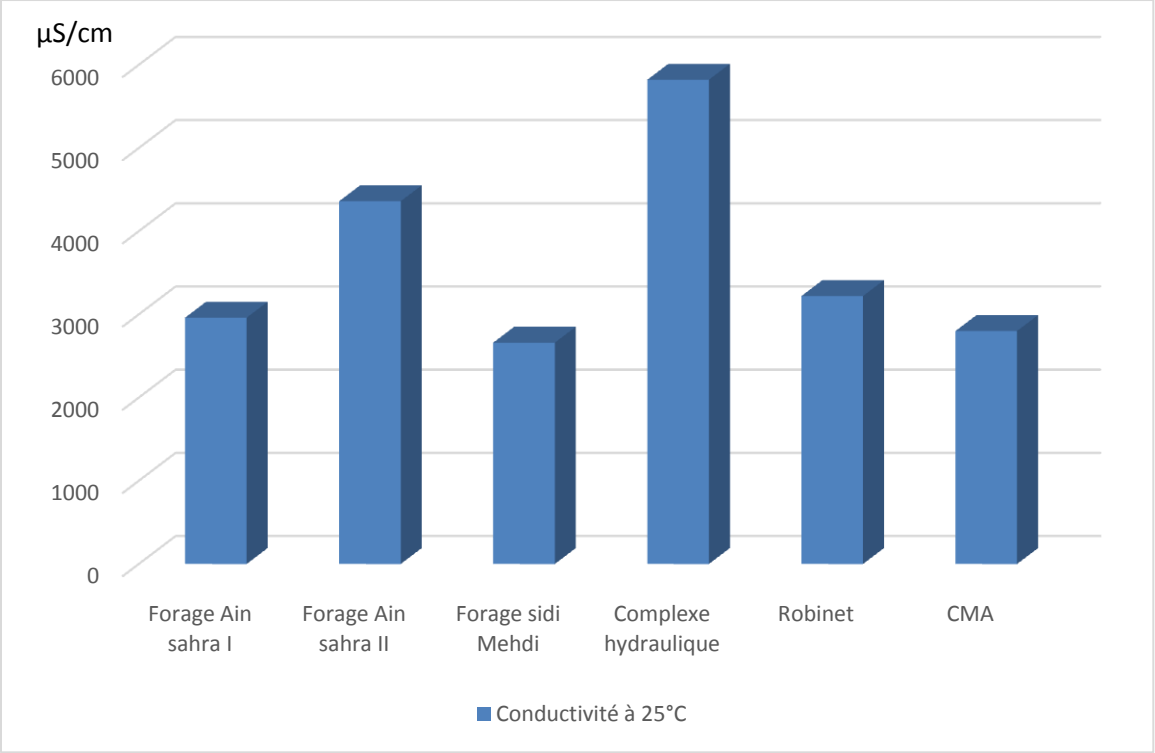
Graphique 2 : Résultats des analyses physicochimiques (température)



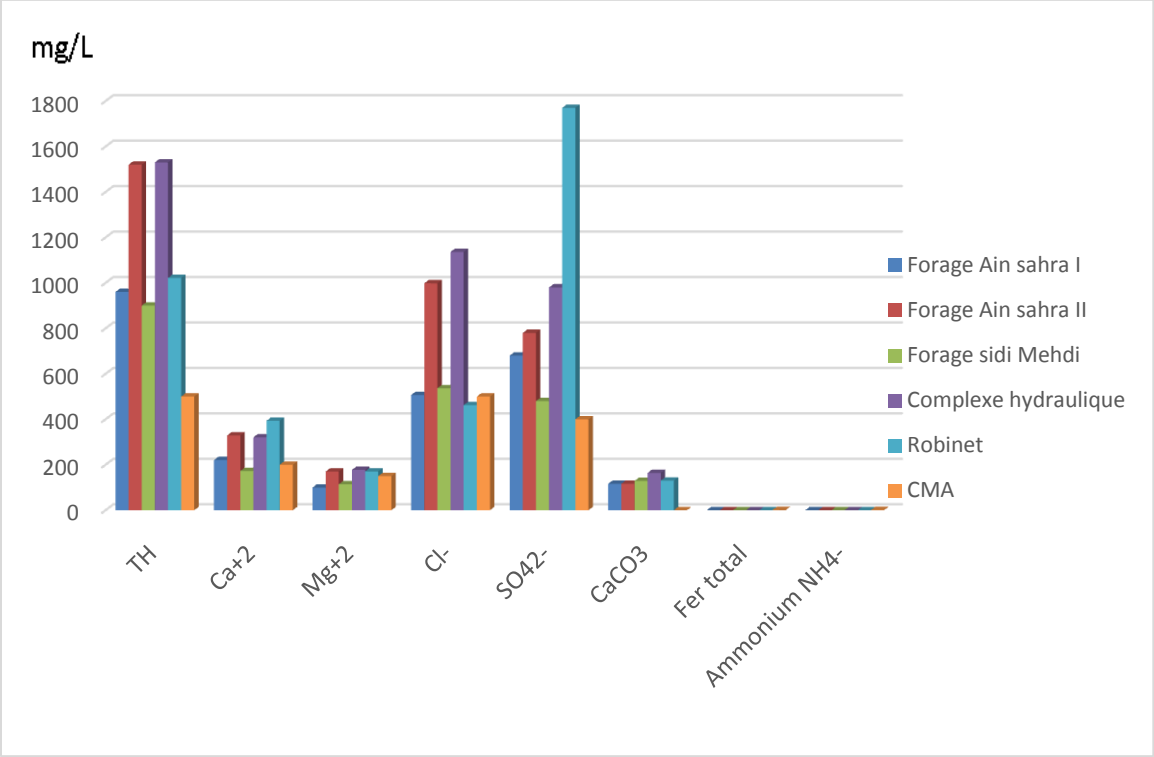
Graphique 3 : Résultats des analyses physicochimiques (pH)



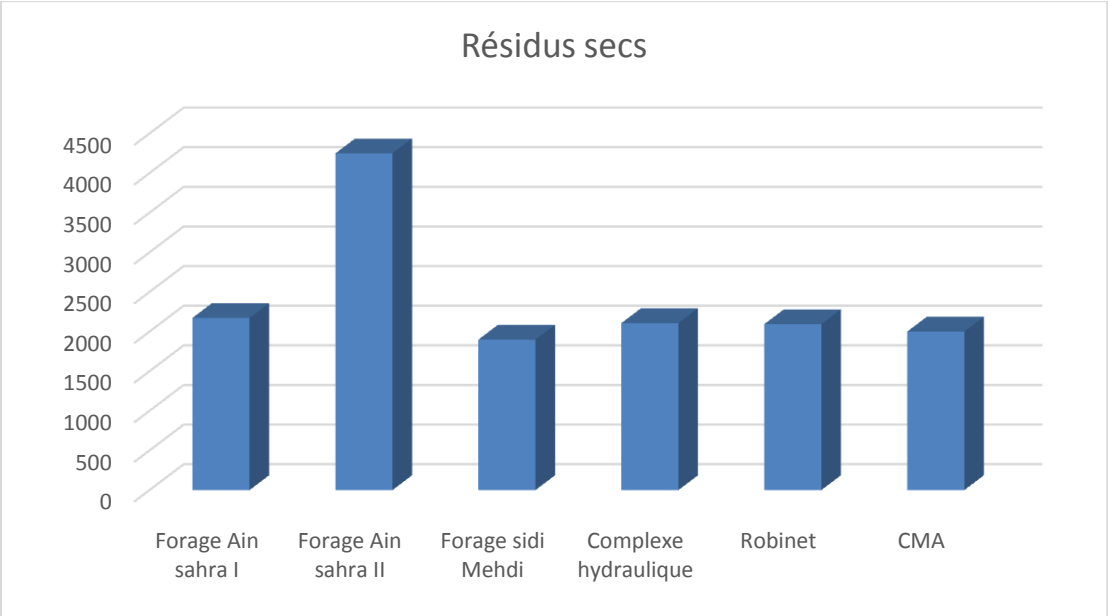
Graphique 4 : Résultats des analyses physicochimiques (salinité)



Graphique 5 : Résultats des analyses physicochimiques (conductivité)



Graphique 6 : Résultats des analyses physicochimiques (les ions)



Graphique7: Résultats des analyses physicochimiques (résidus secs)

5.3. Interprétation et discussion

- **Paramètres bactériologiques :**

Ces analyses sont importantes car la qualité bactériologique d'une eau n'est pas un paramètre stable, par pollution accidentelle, nécessitant des contrôles permanents et représentant la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau.

- ✓ **Germes totaux :**

Un type d'indicateur d'efficacité du traitement. Les normes algériennes indiquent un nombre de germes de : 10 germes par 100 ml. Les résultats sont conformes aux normes.

- ✓ **Les coliformes :**

Dont la recherche est associée avec celle des *E. Coli*, ils permettent d'informer sur une contamination d'un réseau.

Les normes algériennes excluent impérativement la présence des coliformes fécaux dans 100 ml, la même exigence porte sur les coliformes totaux; les résultats sont conformes aux normes algériennes.

- ✓ **Les streptocoques :**

La même exigence pour les coliformes est portée sur les streptocoques, et aussi dans le cas de nos eaux où on a constaté l'absence des streptocoques donc elles restent dans les normes de potabilité.

- ✓ ***Ctostridium* sulfito-réclucteur:**

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont souvent considérés comme des témoins de pollution fécale. La forme sporulée beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, ce qui permet de déceler une pollution ancienne ou intermittente. Les résultats sont toujours conformes aux normes algériennes.

- **Paramètres organoleptiques :**
  - ✓ **L'odeur :**

L'eau étudiée est sans odeur ce qui indique l'absence des produits chimiques et des matières organiques en décomposition.

- ✓ **La saveur :**

L'eau étudiée est saumâtre avec un gout de terre ce qui indique que le sol est chargé de sulfates et de chlore.

- ✓ **La couleur :**

L'eau est incolore ce qui indique l'absence des ions métalliques.

- **paramètres physico-chimiques :**
  - ✓ **La température :**

La température est de 52°C, elle est donc hyperthermale, et diminue progressivement pour atteindre à la sortie du robinet une température de 38°C. Les normes algériennes ne fixent pas de valeur pour la température de même pour l'OMS mais les directives du conseil des communautés européennes fixent à 12°C le niveau guide de la température de l'eau destinée à la consommation humaine, et à 25°C, la température à ne pas dépasser. Pratiquement, la température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé humaine.

- ✓ **Le pH :**

Le pH obtenu pour les différents échantillons se situe entre 7,05 et 7,43. Ces valeurs restent conformes-aux normes algériennes qui varient entre 6,5 et 8,5. L'OMS ne fixe pas de valeur mais précise qu'un faible pH peut poser des problèmes de corrosion et un pH élevé entraîne des problèmes d'entartrage des canalisations. C'est ce que l'on observe dans le refroidisseur des eaux et les canalisations à Touggourt.

- ✓ **La conductivité électrique :**

La conductivité électrique est un moyen important donnant une information globale sur la qualité et investigation en hydrogéologie. Sa mesure est précise, rapide et donne une idée approximative de la minéralisation globale. Sa variation est liée à la nature des sels dissous et leur concentration. Les normes algériennes indiquent pour la conductivité une valeur maximum de 2800 µS/cm à 20°C. La conductivité mesurée pour les différents échantillons varie entre 2660 et 5820 µS/cm ceci qui dépasse les normes algériennes de potabilité des eaux, Ces résultats montrent que ces eaux sont chargées en sels dissous.

- ✓ **La turbidité :**

Permet de donner les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.).L'eau étudiée est une eau claire, ceci est dû à l'infiltration de l'eau dans le sol et aux traitements physiques, la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 5 NTU au maximum. Tous les résultats sont conformes.

- ✓ **Le résidu sec :**

Les normes algériennes fixent une concentration maximale admissible de 2000mg/L, les valeurs trouvées restent conformes aux normes et d'autres forages dépassant les normes, cette augmentation est apportée par le refroidissement de l'eau (saturation en fonction de la température).

- ✓ **La dureté totale :**

Indique la teneur totale des concentrations en Ca^{2+}et Mg^{2+} exprimée en milliéquivalent par litre ou degré français : 1°F = 10 mg/L de $CaCO_3$=0,2 meq/L.

Les normes algériennes indiquent une valeur de 100 à 500 mg/L de $CaCO_3$ ou 10 °F à 50°F

Les résultats des analyses donnent des valeurs de 900 à 1530 mg/L. Ceci permet de classer notre eau comme une eau très dure, donc entartrante.

- ✓ **L'ion Ca^{2+} :**

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables, c'est un composé majeur de la dureté de l'eau. Les normes algériennes préconisent une concentration allant de 75 à 200mg/L de Ca^{2+} comme concentration maximale.

Les résultats varient entre 173,43 et 393,40 mg/L, en général ces résultats ne sont pas conformes aux normes algériennes. Cette concentration est due essentiellement à l'action du CO_2 libre sur les formations de lithologie calcaire et la dissolution des gypses. L'influence du calcium de l'eau sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les recherches et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau.

- ✓ **L'ion Mg^{2+} :**

Un élément de la dureté de l'eau. À partir d'une concentration de 100 mg/L et pour des sujets sensibles, le magnésium donne un goût désagréable à l'eau même s'il ne provoque pas de phénomènes toxiques. Les normes algériennes prescrivent une concentration maximum de 150mg/L de Mg^{2+}. La teneur du magnésium trouvée pour les échantillons varie entre 99,3 et 177,39 mg/L de Mg^{2+} .Donc, uniquement deux échantillons sont conformes et les trois restants non conformes.

- ✓ **L'ion Chlorure :**

La teneur en chlore varie principalement à la nature des terraines traversés, si l'eau renferme une quantité trop forte de chlorures, elle sera saumâtre. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/L. Les normes algériennes recommandent une valeur de 200 à 500 mg/L. Nos valeurs varient entre 462et 1136,41 mg/L de Cl^-, seul un échantillon est conforme et les autres ne sont pas conformes aux normes algériennes.

- ✓ **L'ion sulfate :**

Les normes algériennes indiquent une valeur de 200 à 400mg/L de SO_4^{2-}.

Les teneurs en sulfate des nos eaux sont supérieur aux normes pour tous les échantillons et les teneurs en calcium élevée ceci est dû aux terrains traversés et contenant les eaux.

- ✓ **L'ion d'ammonium :**

Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries, la chloration au point critique et la nitrification biologique. La réglementation de notre pays fixe 0,5 mg/L comme teneur limite. La teneur trouvée pour tous les échantillons est inférieure à 0,1 mg/L, elle est dans la norme prescrite.

CONCLUSION

ET

RECOMMANDATIONS

Conclusion

D'après les résultats obtenus pour les eaux étudiées destinées à la consommation humaine de la région de Touggourt et conformément aux normes et textes algériens, on peut conclure que ces eaux sont impropres à la consommation humaine du point de vue physicochimique à savoir : les valeurs de la conductivité sont élevées, donc une forte minéralisation, ainsi que les teneurs sulfates.

Une valeur non conforme à la norme déclasse l'eau.

Il faut souligner que les eaux étudiées sont hyperthermale aux griffons avec 52°C à l'émergence, leur origine est profonde et le temps de séjour dans la roche est très long.

Du point de vue microbiologique, ces eaux respectent la norme de potabilité, mais il faut attirer l'attention que, c'est des eaux chaudes et qu'elles sont refroidies avant distribution aux consommateurs donc elles sont aptes à développer de nouvelles espèces de microorganismes non cités dans la réglementation.

Tout en ayant dans la conscience la nécessité que l'eau est vitale et importante dans la vie quotidienne, l'agriculture et industrie, le défis reste à être relever pour trouver des solutions permettant de rendre nos eaux étudiés potables.

On propose une déminéralisation des eaux par distillation et/ou osmose inverse et/ou ultrafiltration (technologies maitrisées en Nord de l'Algérie) tout en profitant de l'énergie solaire. Ceci reste une démarche techniquement réalisable et nos eaux déminéralisées présentent déjà des avantages telle que :

- Une bonne qualité bactériologique
- Une réserve importante d'eaux souterraines
- Protégée contre toute pollution : l'avantage de la déminéralisation élimine au départ touts les germes pathogènes

Finalement, vu le manque des précipitations totalement tributaire, les eaux souterraines sont nécessaires la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie. La vie et le confort y dépendent des efforts qui doivent être fournis pour approfondir des études pluridisciplinaires des eaux et du climat pour optimiser leurs exploitations et assurer un avenir aux générations futures.

- B -

- BONTOUX J. 1993. Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons.2eme édition : Cebedoc. P : 81-82-120.
- BOURGEOIS C. M., CASTARAS M. V. (1991). < Les indices de contamination fécale >, 2èmeEdition : LAVOISIER -TEC et DOC.
- BOUZIANI H., (2000). < L'eau de la pénurie eaux maladies >. Edition: IBN KHALDOUNE.
- BESSEDIK MADANI< traitement de l'eau >.2 éme édition

- C -

- CHAUVE, (1993). < L'eau une ressource indispensable >. Edition : NATHAN.
- CEAEQ, (2000). Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec.
- COIN LOUIS., (1981). <La pratique de I 'eau: usages domestiques, collectifs et industrielles >.Edition : moniteur-Paris. P : 3 - 20 - 326 - 327.

- D -

- DUPONT A. (1986). < Hydraulique urbain, hydrologie, captage et traitement.des eaux >. 6éme édition. Edition : EYROLLES. Paris. P : 64 - 66.
- DEGREMONT G., (2005). < Mémento technique de I 'eau >. Edition : DEGREMENT.- DEFRANCEXHI M. (1996). < L'eau dans tous ses états > .Edition : MARKETING S –A

- E -

- EDBERG R., RACZYNSKI M., PROST J.C. et ELMUR T., 2000. Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .OIeau, France .P : 5.

- F -

- FRANK J., KEMMERN., (19S4). Manuel de I 'eau. Editeur ED : Lavoisier.

- G -

- GERARD P.(2004).Analyse physico-chimique. Edition : UCL/AC/ADST/YDDR: P 6-7.

- H -

- HUBERT P. MARIN M., (2002). Quelle eau boire ? Edition : Lavoisier Technique et Documentation. P 9.
- HASLEY C., LECLERC H., (1993). < Microbiologie des eaux d'alimentation >

Edition : LAVOISIER TEC et DOC. P : 25.

- I -

- INSPQ (2003). Institut national de santé publique du Québec 2003

-J -

- Julien Morel 2007). < Les ressources en eau sur Terre Origine, utilisation et perspectives dans le contexte du changement climatique>
- Jean DELMONT 2016)Les enjeux de santé liés à la qualité de l'eau de boisson dans les pays en développement
- JEAN, 2002 JEAN JUC .ELLERIC, (2002).< La dégradation de ra qualité de l'eau dans le réseau >, Paris

- K -

- KEMMER. <Le manuel de Peau) 1984. Edition : Tec et Doc Lavoisier Paris. P : 55

- L -

- LEFEVRE J. G. (1991). < les analyses de d'eau avec les tests prêts à I 'emploi : la potabilité de l'eau les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-clevenot .
- LANTEIGNE J., 2003. Encyclopédie de l'agora.

- M -

- MERCIER J., (2000). < Le grand livre de I 'eau >P : 143
- MONIQUE HENRY, (1991). < Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent**(Bessedik),**
- MONTIEL A., WELTE B. (1990). Journal français d'hydrologie Tome 2l : P 6
- MANUEL PRATIQUE D'ANALYSE DE L'EAU4ème édition 2013 Fondation Nationale de la Santé Brésil.

- O –

- OSS(2003). <Système aquifère du Sahara> rapport interne Tunis

- P -

- PERLEMETER, 1981). PERLEMETER L. (1931). < Dictionnaire pratique de la diétique et de mutation > Edition : Masson.

- U –

- UNESCO (1972) <Etudes des ressources en Eau du Sahara septentrionale> UNESCO Paris

- R -

- RODIER J. (2009). L'analyse de 1'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires' eau de mer 9ème Edition : DUNOD
- RODIER J. 2005. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8ème édition: Dunod, Paris.

- S -

- SCHWARTZBORD L., 1991.Virologie des milieux hydriques. Édition Lavoisier, Tec et Doc. Paris.

- W –

- WHO, 1994 < Directive de qualité de I ‘eau de boisson >.2éme édition VOL 2 Critères d'hygiènes. Genève.

THESES

- ALPHA SIDIKI MAIGA (2005). <Qualité organoleptique de I ‘eau dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière >, Thèse de Doctorat en Pharmacie. Université de Bamako (Mali). P : 17-20
- Mamoudou DIALLO Evolution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux de puits en fonction du traitement à l’hypochlorite de sodiumFACULTE DE MEDECINE, DE PHARMACIE ET D’ODONTO-STOMATOLOGIE Bamako (Mali).

MEMOIRES

- Redjem Fedoua Rahmouni Rym, Evaluation de la qualité de l’eau potable distribuée dans la commune de Hamma Bouziane (wilaya de Constantine) Université des Frères Mentouri Constantine. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
- LIFERKI Mohammed Etude des propriétés physico-chimiques et Bactériologiques de l’eau du barrage Sidi M’hamed Ben TaibaUNIVERSITE DJILALI BOUNAAMA DE KHEMIS MILIANA

ARTICLES

- Ressources en eau Résumé du deuxième Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau PUBLIE PAR Green facts
- "Eau et Santé publique: Tendances actuelles & contexte algérien"Dr DELLAL Abou El Kacim
- Observatoire Régional de l’Environnement Poitou

SITES INTERNET

- Météo Algérie

ANNEXES

Annexe 1 : normes algériennes de potabilité de l'eau. (NA 6360-1992).

- **Facteurs organoleptiques**

Paramètres	Unité	niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
Odeur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	Seuil de perception à 25°C	00	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/1échelle PT/Co	00	25	/
Turbidité	NTU Néphelométrique Turbidité Unité	/	5	/

- **Paramètres bactériologiques**

Paramètres	CMA	Méthodes d'analyses	Effets sur la santé et signification
Germes totaux	10 /100m1	Gélose nutritive	indicateur d'efficacité du traitement
Coliformes totaux et fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Gastro-entérite infantile, contamination fécale récente
Streptocoques fécaux	0/100 ml	Filtration sur membrane et tube multiple	Contamination fécale récente
Clostridium sulfito - réducteur	0/20 ml	Filtration sur membrane	Contamination fécale ancienne

- **Paramètres physico-chimiques et méthodes d'analyses physico-chimiques :**

Paramètres	CMA	Méthode d'analyse	Effets indésirables
Chlore	0.2-0.6 mg /L	DPD Spectro	<0.2 Peu efficace sur la désinfection >L, peut entraîner des effets cancérigènes
PH	6,5 - 8,5	Electrochimie	PH acide, corrosion des conduites PH basique diminue I 'efficacité de la désinfection
Température		Electrochimie Thermomètre	Basse, diminue I 'efficacité du traitement Elevée, favorise la croissance microbienne et la formation des THM
Turbidité	5 NTU	Turbidimètre	Protège les microorganismes contre les effets de la désinfection
Nitrates	5O mg/L	Salicylate de sodium	Risque de méthémoglobinémie infantile
Nitrites	0,1 mg/L	Sulfanilamide	Risque de méthémoglobinémie infantile
Azote ammoniacal	0.5mg/l	Indophénol	Favorise le développement de certaines bactéries génératrices de mauvais goût
Résidu sec	2000 mg/l	Gravimètre	Goût désaeréable
Calcium	200 mg/l	Complexométrie	Entartrage des conduites
Magnésium	150 mg/1	Complexométrie	Combiné au S04 génère goût
Dureté total (TH)	500mg/l de CaC03	Complexométrie	Entartrage des conduites. Consommation excessive de savon
Sodium	200 mg/l	Photométrie de flamme	A concentration élevée gêne les hypertendus
Potassium	20mg/l	Photométrie de flamme	Entraine gout
Chlorures	500 mg/l	Argentimétrie	Saveur désagréable,

			effet laxatif Corrosion des conduites
Sulfates	400 mg/l	Nephelometric	Trouble gastrointestinaux, corrosion des conduites
Aluminium	0.2 mg/l	Spectro	Désordre neurologique
Cuivre	1.5 mg/l	Spectro	Saveur désagréable Tache de linge et la plomberie domestique
Fer	0.3 mg/l	Spectro	Saveur désagréable Tache de linge et la plomberie, favorise le développement de bactéries
Manganèse	0.5 mg/1	Spectro	Saveur désagréable Tache de linge et la plomberie, favorise le développement de bactéries
Cadmium	0.01 mg/l	Spectro	Maladie d'lTAl- lTAl
Chrome	0.05 mg/l	Spectro	Nécrose du foie, néphrite
Cyanures	0.05 mg/l	Electrochimie Flux continu	Peuvent être mortels à dose élevée
Fluorures	1,5 mg/l	Electrochimie	Altération dentaire et fluorose du squelette
Plomb	0.05 mg/1	Spectro	Saturnisme
Sé1énium	0.01 mg/1	Spectro	Carie dentaire
Arsenic	0.05 mg/1	Spectro	Troubles gastro-intestinaux,

Annexe 2 : Méthodes d'analyse physico-chimiques

1. Mesure de la conductivité : On utilise une verrerie rigoureusement propre et rincée avant usage avec de l'eau distillée. On ajuste l'appareil à zéro. On ajuste 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.

On rince abondamment l'électrode avec de l'eau distillée après chaque mesure.

2. Détermination du titre alcalimétrique (TA)

- **Réactifs utilisés :**
  - ✓ Acide chlorhydrique HCL (0.02N).
  - ✓ Solution de phénophtaléine (pp) .
- **Mode Opératoire :**

Dans un erlen mayer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de solution phénophtaléine, une couleur rose doit se développer. (Dans le cas contraire le TA est nul).

3. Détermination du titre alcalimétrique complet (TAC)

- **Réactifs utilisés** : acide chlorhydrique HCL 0.02N solution de méthyle orange;
- **Mode opératoire**

Dans un erlen mayer de 250ml : on prélève 10ml à analyser, on ajoute 2 gouttes méthyle orange, on titre ensuite avec l'HCL à 0.02 N jusqu'au virage du jaune au jaune orange.

4. Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

- **Réactifs utilisés :**
  - ✓ Solution d'EDTA (Sel dissodique d'acide éthylène diamine tetracétique à 0.02N).
  - ✓ Solution tampon (pH= l0) .
  - ✓ Indicateur coloré Noir d'Eriochrom T (N.E.T).
- **Mode opératoire**

Dans un erlenmayer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on chauffe au bain marie à une température d'environ 60°C puis on ajoute 0.5 ml de la solution tampon (pH= 10) et 3 gouttes d'indicateur coloré (N.E.T), ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du rouge au bleu.

5. Dosage du l'ion de calcium

- **Réactifs utilisés** :
- ✓ Solution d'EDTA (Sel dissodique d’acide éthylène diamine tetracétique (0.02N).
- ✓ Solution NaOH .
- ✓ Murixide.
- **Mode opératoire**

Dans un erlen mayer de 250ml, on prélève 10ml d'eau à analyser, on ajoute 0.4ml de solution NaOH et une pincée de murixide, puis on titre par la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au pourpre.

6. Dosage des ions des chlorures « méthode de Mohr »

- Réactifs utilisés
  - ✓ Solution de chromate de potassium à 10 %.
  - ✓ Solution de nitrate d'argent à 0.02 N.
- **Mode opératoire**

Dans un erlen mayer de 250ml, prélève 10ml d'eau à analyser, puis on ajoute 3 gouttes de chromate de potassium à 10 % puis on titre avec le nitrate d'argent (AgN03 0.02N) jusqu'au virage au rouge brique.

Annexe 3 : Composition des milieux de culture

1. Milieux liquides

- Bouillon Lactose au Pourpre de Bromocrésol (BCPL)
- Double Concentration (D/C) :

-L'extrait de viande de bœuf	2 g
-Peptone	14 g
-Lactose	10 g
-Pourpre de bromocrésol 1%	0, 06 g
-Eau distillée	1000 ml

-PH = 6.9+/-0.2

Simple Concentration(S/C) :

-L'extrait de viande de bœuf	1 g
-Peptone de caseine	7g
-Lactose	5 g
-Pourpre de bromocrésol 1%	0,03 g
-Eau distillée	1000 ml

-PH = 6.9+/-0.2

Autoclavage pendant 15 min à l20°C

- Milieu de Schubert :

-Tryptone	10 g
-Peptone	10 g
-Acide glutanique	0.2g
- Tryptophane	0.2g
-Sulfate de magnésium	0,7 g
-Sulfate d'ammonium	0,4 g
-Chlorure de sodium	2 g
-Citrate de sodium	0,5g
-Mannitol	7,5g

-Eau distillée 1000 ml

-PH = 7.6

Autoclavage pendant 20 min à 120 °C

- Milieu de Rothe :
- Double Concentration (D/C) :

- Peptone de caséine 40 g

-Extrait de viande 3g

-Glucose 8g

-Chlorure de sodium 8g

-Phosphate dipotassique 5,4 g

-phosphate mono potassique 5,4 g

-Azide de sodium 0,4 g

-Eau distillée 1000 ml

-PH = 6.9+/-0.1

- Simple Concentration(S /C) :

-Peptone de caséine 20 g

-Extrait de viande 1.5g

-Glucose 4 g

-Chlorure de sodium 4 g

-Phosphate dipotassique 2,7 g

-phosphate mono potassique 2,7 g

-Azide de sodium 0,2 g

-Eau distillée 1000 ml

-PH = 6.9+/-0.1

Autoclavage pendant 20 min à l20 °C

2 . Milieux solides

- Gélose nutritive

-Extrait de levure	2 g
- Extrait de Viande	1g
-Peptone	5 g
- NaCl	5 g
-Agar	15 g
-Eau distillée	1000 ml

- Gélose Viande Foie

-Base viande foie	20 g
-Glucose	0,75 g
-Amidon	0,75 g
-Sulfite de sodium	1,2 g
-Carbonate de sodium	0,67 g
-Agar-agar	11 g
-Eau distillée	1000 ml

Dissoudre les constituants, répartir en tubes ou en flacon, Autoclavage (15min à 120 °C)

Annexe 4 : Quelques taches au laboratoire de l'hôpital Slimane Amirate

Photo 1 : Fondre la gélose nutritive dans un bain Marie

Photo 2 : Ensemencement sur milieux liquides

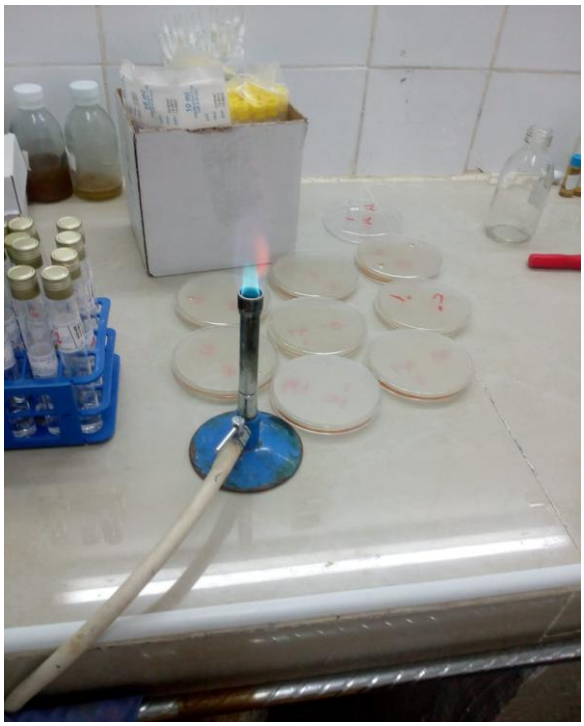


Photo3 : Coulement de la gélose nutritive

Photo 4 : Incubation à l'étuve

Photo 5 : Gélose viande foie après 48 h d'incubation

Photo 6 : Roth S/C et D/C après 48 h d'incubation

Photo 7 : BPC S/C après 24h d'incubation

Photo 8 : GN après 48h d'incubation

Résumé

Le présent travail consiste à effectuer des analyses bactériologiques et physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation humaine de la région de Touggourt.

Du point de vue bactériologique, ces eaux sont de bonnes qualités, elles respectent les normes algériennes, d'autre part les résultats des analyses physico-chimiques obtenus ne sont pas conforment aux normes algériennes, les valeurs de la conductivité sont élevées, donc une forte minéralisation, ainsi que celles des sulfates. Donc l'eau destinée à la consommation humaine de région de Touggourt n'est pas conforme à la réglementation, car un élément non conforme déclasse l'eau.

La solution d'améliorer cette qualité est la déminéralisation.

Mots clés : eau - consommation - physico-chimique - bactériologique - Touggourt - Normes.

Abstract

The aim of this work is to perform bacteriological and physicochemical analyzes of the water intended for consumption in the area of Touggourt.

From the bacteriological results, these waters are of good quality, they comply with algerian standards, but the results of physicochemical analyzes are not compliant with algrian standards: the values of conductivity are high, so higher mineralization and sulphates concentration also. So, the water intended for the consumption of the area of Touggourt is not in conformity with the regulation because a non –compliant element declasses the water.

The solution to improve this quality is demineralization.

Key words: water,consumption, physicochemical, bacteriological, Touggourt,Standards.

الملخص

يهدف هذا العمل إلى القيام بتحاليل المياه الموجهة للاستهلاك البشري في تقرت بكتريولوجيا و فزيوكيميائيا.

من الناحية البكتيرية فهذه المياه جيدة النوعية فهي متوافقة مع المعايير الجزائرية،أما التحاليل الفيزيوكيميائية فهي غير متوافقة مع المعايير الجزائرية حيث أن الناقلية عالية وهذا راجع إلى تمعدن المياه كما أن تركيز السيلفلت عالي ومنه فالماء الموجه للاستهلاك البشري في منطقة تقرت غير صالح للاستهلاك لعدم مطابقته المعايير الجزائرية ومنه وجب تحسين جودة هذه المياه عن طريق تقليص نسبة المعادن فيها.

الكلمات المفتاحية: الماء– استهلاك –فيزيوكيميائية –بكتريولوجية – تقرت – معايير.