

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldoun –Tiaret-  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière: "Biologie"

Spécialité: " Microbiologie Appliquée à l'Environnement"

Présenté et soutenu publiquement par :

- ARABI Khadidja
- ARBAOUI Imane Meriem
- ZERROUKI Mokhtaria

## THÈME

**Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable des anciens réseaux de la wilaya de Tissemsilt.**

### JURY:

**Présidente** : M<sup>me</sup>. OULBACHIR. K

**Promoteur** : M<sup>r</sup>. SASSI. M

**Examinatrice** : M<sup>elle</sup>.AIT ABDERRAHIM. L

**Année universitaire: 2014–2015**

# *Remerciements*

*Nous tenons tout d'abord à remercier « Dieu » très clément et sa sainte miséricorde qui nous a donné la force et la patience et de nous avoir aidé à réaliser et à accomplir ce travail.*

*Au terme de la réalisation de ce mémoire, nous tenons à présenter nos remerciements les plus sincères à notre promoteur Mr SASSI Mohamed pour avoir dirigé ce travail, ainsi que pour sa patience avec nous, son aide, ses conseils précieux et sa disponibilité entière toute au long de la période de l'expérimentation.*

*Nous remercions également les membres du jury.*

*Nous tenons à remercier tout particulièrement monsieur le directeur de l'ADE de la wilaya de Tissemsilt qui a autorisé notre accès au laboratoire, ainsi que tout le personnel qui nous a facilité les tâches tout au long de ce travail surtout : Mr. Lahlouh M, Nora et M<sup>elle</sup>. Bouchra A.*

*On exprime nos reconnaissances et nos profondes gratitude à l'égard de ceux qui de près ou de loin ont assistés par leurs conseils, leurs encouragements à l'élaboration de cette œuvre.*

## *Dédicace*

*Nous remercions d'abord, Allah, le tout puissant et le clément de nous avoir aidés à réaliser ce travail.*

*Nous dédions ensuite ce travail aux plus exceptionnels qui existent dans le monde,*

*Nos parents, qu'ils trouvent ici notre gratitude pour leur soutien tout au long de notre étude que Allah me les garde.*

*Nous dédions également à tous ceux qui nous aiment et spécialement à nos adorables frères et sœurs.*

*À toute notre famille sans exception.*

*À notre encadreur Mr. SASSI Mohamed, qui mérite nos respects et tributs.*

*À nos collègues de travail et d'étude.*

**Liste des abréviations**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Introduction**

*Première partie : Synthèse bibliographique*

*Chapitre I : Généralités sur l'eau*

1. Généralités sur l'eau .....	02
2. Potabilité de l'eau.....	02
2.1. Paramètres organoleptiques.....	02
2.1.1. Couleur.....	02
2.1.2. Odeur .....	02
2.1.3. Goût et saveur .....	03
2.2. Paramètres physico-chimiques .....	03
2.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH ».....	03
2.2.2. Température .....	03
2.2.3. Turbidité.....	03
2.2.4. Conductivité .....	03
2.2.5. La dureté de l'eau .....	03
2.3. Les substances indésirables .....	04
2.4. Les substances toxiques .....	04
2.5. Les paramètres microbiologiques .....	05

*Chapitre II : Biocorrosion des conduites*

1. Réseaux et conduites d'eau potable.....	06
1.1. Définition d'un réseau de distribution d'eau potable.....	06
1.2. Classification des réseaux .....	06
1.2.1. Les différents types de conduites (tuyaux d'eau potable).....	06
1.3. Durée de vie des canalisations.....	06
1.4. Dommages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite.....	06
1.4.1. Détérioration de la qualité de l'eau.....	06
1.4.2. Fuites diffuses .....	06

1.4.3. Ruptures .....	07
2. Définition de la corrosion .....	07
2.1. La corrosion bactérienne .....	08
2.1.1. Les ferro-bactéries.....	08
2.1.2. Les sulfito-réductrices .....	09
2.2. La corrosion sous les biofilms .....	09
3. Notion de biofilm .....	10
3.1. Développement d'un biofilm bactérien au sein des réseaux .....	10
3.1.1. Formation du biofilm.....	10
3.1.1.1. Attachement des microorganismes.....	11
3.1.1.2. Colonisation du support.....	11
3.2. Conséquences de la présence d'un biofilm sur le réseau de distribution.....	13

*Deuxième partie : Etude expérimentale*

*Chapitre I : Matériels et méthodes*

1. Objectif du travail.....	14
1.1. Zone d'étude.....	14
1.1.1. Présentation générale de l'algérienne des eaux.....	14
1.2. Le protocole expérimental.....	16
2. Matériels et réactifs.....	17
2.1. Matériels.....	17
2.1.1. Appareillages .....	17
2.2. Réactifs .....	17
2.2.1. Réactifs physico-chimiques.....	17
2.2.2. Réactifs bactériologiques.....	18
3. Méthodes.....	18
3.1. Analyse de l'eau.....	18
3.2. Le prélèvement des échantillons.....	19
3.2.1. Prélèvements à partir d'un robinet.....	19
3.2.2. Choix et stérilisation des récipients.....	20
3.2.3. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau.....	20
3.2.4. Transport et conservation au laboratoire .....	20

3.3. Méthodes d'analyses organoleptiques.....	20
3.3.1. Les paramètres organoleptiques.....	20
3.3.1.1. Test de la couleur.....	20
3.3.1.2. Test de l'odeur et de la saveur.....	21
3.4. Détermination des paramètres physico-chimiques.....	21
3.4.1. Mesure de la température .....	21
3.4.2. Détermination du pH.....	21
3.4.3. Mesure de la conductivité électrique.....	21
3.4.4. Mesure du taux salinité.....	22
3.4.5. Détermination de la turbidité.....	22
3.4.6. Détermination d'oxygène dissout.....	23
3.5. Paramètres de pollution .....	23
3.5.1. Détermination du taux des matières oxydables.....	23
3.5.2. Détermination des nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) par méthode colorimétrique.....	24
3.5.3. Détermination des nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	25
3.5.4. Détermination de l'azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	25
3.6. Minéralisation globale.....	26
3.6.1. Détermination de taux de sels dissous (TDS).....	26
3.6.2. Détermination de l'alcalinité (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	26
3.6.3. Détermination des phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	27
3.6.4. Détermination du calcium Ca <sup>2+</sup> et du magnésium Mg <sup>2+</sup> .....	28
3.6.5. Détermination du taux de sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) .....	30
3.6.6.                    Dosage                    du                    chlorure                    Cl <sup>-</sup> .....	30
3.7. Paramètres indésirables .....	32
3.7.1. Détermination du taux des ions de fer.....	32
3.7.2. Dosage de l'aluminium Al <sup>3+</sup> .....	32
3.8. Les analyses bactériologiques.....	33
3.8.1. Dénombrement de Coliformes totaux et Coliformes fécaux.....	33
3.8.2. Dénombrement des Entérocoques intestinaux (streptocoque fécaux).....	34
3.8.3. Recherche des Staphylocoques.....	35
3.8.4. Dénombrement des microorganismes totaux.....	35
3.8.5. Dénombrement des spores de <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> .....	37

*Chapitre II : Résultats et discussions*

1. Les paramètres physico-chimiques.....	39
1.1. Résultats des analyses physico-chimiques.....	39
1.2. Discussion des paramètres physico-chimiques.....	43
2. Paramètres organoleptiques .....	51
2.1. Odeur .....	51
2.2. Couleur.....	51
3. Les analyses bactériologiques .....	52
3.1. Résultats des analyses.....	52
3.2. Discussions.....	54

**Conclusion**

**Références bibliographiques**

**Annexes**

**Résumé**

**%** : pourcentage.

**<** : Inférieur.

**>** : Supérieur.

**°C** : degré de Celsius.

**µg/L** : microgramme par litre.

**µm** : micromètre.

**µS** : Micro-Siemens.

**µS/cm** : Micro-Siemens par centimètre.

**TDS** : taux des sels dissous.

**TA** : titre alcalimétrique.

**ha** : hectar.

**ADE** : Algérienne Des Eaux.

**CE** : Conductivité Electrique.

**DO** : Oxygène Dissout.

**EDTA** : Ethyle Diamine Tétra Acétique.

**g** : gramme.

**g/l** : gramme par litre.

**h** : heure.

**I.P.A** : Institut Pasteur d'Algérie.

**ISO** : Organisation Internationale de Standardisation.

**J.O.R.A** : Journal Officiel de la République Algérienne.

**Kg** : kilogramme.

**Km<sup>2</sup>** : kilomètre au carré.

**Km** : kilomètre.

**l** : litre.

**m** : mètre.

**mg** : milligramme.

**min** : minute.

**ml** : millilitre.

**MO** : matière organique.

**mol/l** : mol par litre.

**N** : Normalité.

**N. A** : Norme Algérienne.

**nm** : nanomètre.



**P.E** : Prise d'essai de l'échantillon.

**PE** : Poly Ethylène.

**PEHD** : Poly Ethylène Haute Densité.

**pH** : Potentiel Hydrogène.

**PVC** : Chlorure de Poly Vinyle.

**q.s.p** : quantité suffisante pour.

**C.M.A** : Concentration Maximale Admissible.

**O.M.S** : Organisation Mondiale de la Santé.

**TA** : Titre Alcalimétrique.

**TAC** : Titre Alcalimétrique Complet.

**TDS** : Taux De Sels dissous.

**TGEA** : Gélose Tryptone Glucose Agar.

**UNT**: Unité Néphélométrie de Turbidité.

**VF** : Viande-Foie.

<i>Tableau №01</i> : Concentrations limites des substances indésirables dans une eau potable...	<b>04</b>
<i>Tableau №02</i> : Normes de quelques substances toxiques dans l'eau potable selon journal officiel d'Algérie.....	<b>05</b>
<i>Tableau №03</i> : Quelques paramètres microbiologiques.....	<b>05</b>
<i>Tableau №04</i> : Principaux facteurs intervenant dans les différents phénomènes de corrosion.....	<b>08</b>
<i>Tableau №05</i> : Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de lardjeme et l'ouvrage (Kodiet Rosfa).....	<b>39</b>
<i>Tableau №06</i> : Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Tissemsilt et l'ouvrage (Mélange Rochiga kodiét rosfa).....	<b>40</b>
<i>Tableau №07</i> : Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Khmisti et l'ouvrage (Forage Ain Tokria).....	<b>41</b>
<i>Tableau №08</i> : Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de laayoune et l'ouvrage (Station de traitement derder).....	<b>42</b>
<i>Tableau №09</i> : Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de lardjeme et son ouvrage (Kodiet Rosfa).....	<b>52</b>
<i>Tableau №10</i> : Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Tissemsilt et son ouvrage (Mélange Rochiga-kodiét rosfa).....	<b>53</b>
<i>Tableau №11</i> : Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de laayoune et son ouvrage (Station de traitement derder).....	<b>53</b>
<i>Tableau №12</i> : Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Khmisti et son ouvrage (Forage Ain Tokria).....	<b>54</b>

<i>Figure N°01</i> : Représentation schématique de la formation de la corrosion.....	10
<i>Figure N°02</i> : Représentation schématique de la formation et de la structure d'un biofilm au sein d'un réseau de distribution d'eau potable.....	12
<i>Figure N°03</i> : Les communes gérées par l'ADE de Tissemsilt.....	15
<i>Figure N°04</i> : Les transferts d'eau potable dans la wilaya de Tissemsilt .....	15
<i>Figure N°05</i> : Schéma du Protocole expérimental.....	16
<i>Figure N°06</i> : Rampe de filtration.....	35
<i>Figure N°07</i> : Mode opératoire de la recherche des microorganismes totaux.....	37
<i>Figure N°08</i> : Recherche des spores de <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> .....	38
<i>Figure N°09</i> : Résultats obtenus pour la conductivité électrique.....	43
<i>Figure N°10</i> : Résultats obtenus pour le potentiel d'hydrogène.....	44
<i>Figure N°11</i> : Résultats obtenus pour la température.....	44
<i>Figure N°12</i> : Résultats obtenus pour les matières oxydables.....	46
<i>Figure N°13</i> : Résultats obtenus pour les bicarbonates.....	47
<i>Figure N°14</i> : Résultats obtenus pour les sulfates.....	47
<i>Figure N°15</i> : Résultats obtenus pour le calcium.....	48
<i>Figure N°16</i> : Résultats obtenus pour le Magnésium.....	49
<i>Figure N°17</i> : Résultats obtenus pour le chlorure.....	50
<i>Figure N°18</i> : Résultats obtenus pour le fer.....	50
<i>Figure N°19</i> : Résultats obtenus pour l'Aluminium.....	51

# *Introduction*

## **Introduction :**

L'eau constitue l'élément essentiel puisqu'elle est indispensable à toute forme de vie et c'est le principal composant de la matière vivante. Selon de nombreux scientifiques, l'origine de la vie est dans l'eau (**Tir, 2009**).

La préoccupation majeure des traités et distributeurs d'eau est de répondre à la demande des consommateurs et d'assurer le maintien de la qualité de l'eau potable au cours de sa distribution dans le but d'un respect des normes nationales de potabilité.

Les analyses de contrôle dont l'objectif est de s'assurer de la qualité de l'eau potable, reposent sur différents paramètres physiques, chimiques, mais également microbiologiques.

En effet, le but du traitement de potabilisation n'est pas de produire une eau stérile, mais une eau ne présentant pas de risque du point de vue de la santé publique.

Pour prévenir tout risque de reviviscence bactérienne, un résiduel de désinfectant (Chlore, dioxyde de chlore, monochloramines) est maintenu dans le réseau.

La résistance des bactéries à ce milieu est due à leur organisation en biofilm, c'est-à-dire en micro-colonies dispersées, situées à la surface des conduites d'adduction d'eau potable.

La corrosion microbienne est la conséquence d'interactions qui se manifestent entre des bactéries et les matériaux sur lesquels elles se sont fixées. Les bactéries peuvent être soit à l'origine d'une corrosion primaire, soit être des facteurs aggravants pour une corrosion préexistante.

Dans ces deux cas, l'attaque corrosive peut être très rapide et avoir des conséquences très graves (rupture d'éléments, percement entraînant des fuites, dégradation des structures, etc.)

Notre travail consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable des anciens réseaux de la wilaya de Tissemsilt.

Cette étude est répartie comme suit :

- La partie bibliographique qui englobe :
  - Généralités sur l'eau (eau potable).
  - Biocorrosion des conduites.
- La partie expérimentale qui contient :
  - Matériels et méthodes.
  - Résultats et discussions.
- Et enfin conclusion qui regroupe l'ensemble des observations

*Synthèse*  
*Bibliographique*

*Chapitre I :*  
*Généralités sur l'eau*

## 1. Généralités sur l'eau :

L'eau est l'élément autour duquel se maintient et se développe la vie car elle est indispensable à la survie de tout être-vivant. Elle joue un grand rôle dans le développement économique et la protection de l'environnement.

L'eau se trouve presque partout sur la terre, elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70,8 % de la surface de la terre est recouvert d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, un fleuve, une rivière, un ruisseau, un canal (**Lagreb et Semane, 2007**).

## 2. Potabilité de l'eau :

L'eau potable doit obligatoirement respecter les seuils réglementaires de différents paramètres, divisés en différents groupes : les qualités organoleptiques (odeur, couleur, saveur), les éléments microbiologiques (virus, bactéries), les substances indésirables (nitrate, fluor), toxiques (chrome, plomb), les pesticides ainsi que la composition naturelle de l'eau (pH, taux de calcium...) (**Encyclopédie médicale, 1997**).

Les normes de potabilité sont l'ensemble des critères organoleptiques, physiques, chimiques, toxiques, éléments indésirables et bactériologiques que doit respecter une eau pour pouvoir être offerte à la consommation humaine (**Hubert. P, et Marin. M, 2001**).

### 2.1. Paramètres organoleptiques :

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur et odeur) constituent souvent les signes d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé.

#### 2.1.1. Couleur :

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (**Rodier. J, 2005**).

#### 2.1.2. Odeur :

L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.



- La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances (Rodier. J, 2005).

### 2.1.3. Goût et saveur :

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Rodier. J, 2005).

## 2.2. Paramètres physico-chimiques :

### 2.2.1. Potentiel d'hydrogène « pH » :

L'eau naturelle pure est neutre, le pH d'une eau représente son acidité ou 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 (Rodier. J, 2005).

### 2.2.2. Température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels est impliquée dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pH...etc (Rodier. J, 2005).

### 2.2.3. Turbidité :

C'est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute (Lanteigne. J, 2003). C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (Andriamiradis. L, 2005).

Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes (Rodier. J, 2005). La turbidité se mesure en unité néphelométrique (NTU) (Lanteigne. J, 2003).

### 2.2.4. Conductivité :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1 \text{ cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm (Rodier. J, 2005). La conductivité s'exprime en ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Gaujour. D, 1995).

### 2.2.5. La dureté de l'eau :

D'après Blieffert et Perraud (2001), en pratique la dureté totale d'une eau est considérée comme étant la somme des concentrations en ions  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Ca}^{2+}$ .

### 2.3. Les substances indésirables :

Selon **OMS (2000)**, les substances indésirables dans une eau potable sont indiquées dans le tableau suivant :

*Tableau N°01* : Concentrations limites des substances indésirables dans une eau potable (OMS, 2000).

Substances	Concentration en mg/l
Nitrates	50
Nitrites	0,1
Ammonium	0,5
Azote	1
Matières oxydables	5
Hydrocarbures dissous	0,01
Phénols	0,5
Agents de sulfate (lauryl-sulfate)	0,2
Fer	0,2
Manganèse	0,05
Magnésium	50
Sodium	150
Potassium	12
Aluminium	0,2
Cuivre	1
Zinc	5
Phosphore	5
Fluor	0,7 à 1,5

### 2.4. Les substances toxiques :

Ce sont des substances qui sont représentées par les métaux lourds, ayant une incidence directe sur la santé par les pesticides et les hydrocarbures. Actuellement pour les substances chimiques dans l'eau, les teneurs tolérées sont de plus en plus minimes (**Bouziati, 2000**).

*Tableau N°02* : Normes de quelques substances toxiques dans l'eau potable selon journal officiel d'Algérie (2009).

Substances	C.M.A (mg/l)
Arsenic	0,05 mg/l
Cadmium	0,05 mg/l
Cyanure	0,05 mg/l
Mercure	0,01 mg/l
Plomb	0,05 mg/l

### 2.5. Les paramètres microbiologiques :

Une eau d'alimentation ne doit renfermer aucun germe pathogène, c'est par la recherche de la présence éventuelle de certains germes.

La mise en évidence de ces germes est alors l'indice d'une contamination d'origine fécale ou autre et donc des mesures doivent être prises pour la décontamination (Bontoux, 1993).

*Tableau N°03* : Quelques paramètres microbiologiques (J.O.R.A, 2006).

Paramètres	Expression des résultats	Nombre
Coliformes thermo-tolérants	Nombre /100 ml	0
Streptocoques fécaux	Nombre /100 ml	0
Bactéries sulfito-réductrices	Nombre /20 ml	1

*Chapitre II :*  
*Biocorrosion des*  
*conduites*

## 1. Réseaux et conduites d'eau potable :

### 1.1. Définition d'un réseau de distribution d'eau potable :

Un réseau de distribution d'eau potable comporte divers types de conduites qu'on classe selon leur fonction et en pratique, selon leur diamètre :

Les conduites principales, les conduites secondaires locales (**Briere in Mairif, 2010**).

### 1.2. Classification des réseaux :

#### 1.2.1. Les différents types de conduites (tuyaux d'eau potable) :

Selon **Louchet (1985)**, on regroupe les différents matériaux en trois catégories :

- **Métalliques** : fonte grise, fonte ductile, acier.
- **A base de ciment** : béton armé, amiante-ciment.
- **Matière plastique** : chlorure de polyvinyle (**PVC**), polyéthylène (**PE**) et polyéthylène haute densité (**PEHD**).

#### 1.3. Durée de vie des canalisations :

Les canalisations doivent assurer pleinement leur service de transport des fluides non seulement au moment de la pose mais durant plusieurs dizaine d'années, la longévité d'une canalisation est déterminée par le temps d'utilisation jusqu'à la fuite détectée (**Lauchet, 1985**).

#### 1.4. Dommages divers engendrés par le vieillissement d'une conduite :

##### 1.4.1. Détérioration de la qualité de l'eau :

Selon **Eisenbeis (1994)**, on peut distinguer deux types de dommages liés à la dégradation de la qualité de l'eau :

Le premier est celui qui engendre la non-potabilité de l'eau. Il faut alors élaborer un nouveau traitement rendant cette eau potable.

Le deuxième concerne l'augmentation du nombre de plainte des abonnés due à une apparence négative de l'eau. Ceci entraîne alors une baisse d'image de marque du service exploitant.

##### 1.4.2. Fuites diffuses :

Elles peuvent indirectement déstabiliser la conduite en érodant le lit de pose, d'où rupture au niveau des points fragiles du tuyau.

### 1.4.3. Ruptures :

Elles peuvent avoir des incidences indirectes :

- Inondation, d'où coupure du trafic sur la chaussée concernée ou dommage chez un particulier ;
- Coupure d'eau donc dommages causés notamment aux industries ou aux centres de santé ;
- Déstabilisation du lit de pose ;
- Plaintes des abonnés.

Chacun de ces dommages engendre des coûts indirects qui peuvent être souvent nettement supérieurs aux coûts directs de main d'œuvre pour effectuer la réparation.

Comme on le voit, le vieillissement d'une conduite ne correspond pas à un seul phénomène ayant lieu sur la conduite mais plutôt à l'action de plusieurs facteurs propres à la conduite et à son environnement (**Eisenbeis, 1994**).

### 2. Définition de la corrosion :

La corrosion que l'on peut définir d'une manière simple comme étant la dégradation du métal par action du milieu environnant et par contre un phénomène très complexe lié au milieu d'attaque à la nature du métal aux conditions d'emploi au temps (**Dabos et al, 1994**).

La corrosion est essentiellement un phénomène métallique. Les tuyaux contenant de l'eau et enterrés sont susceptibles d'être attaqués par l'extérieur ou l'intérieur.

Dans les deux cas, le mécanisme de la corrosion est identique : chaque élément (au sens large) possède un potentiel d'oxydation, c'est-à-dire une affinité à perdre un ou plusieurs électrons ou bien à gagner un ou plusieurs électrons (**Louchet, 1985**).

**Tableau N°04 :** Principaux facteurs intervenant dans les différents phénomènes de corrosion (Berangar et al, 1994).

Milieu d'attaque	Nature du métal
<ul style="list-style-type: none"> <li>- concentration du réactif</li> <li>- teneur en oxygène, pH, température, pression</li> <li>- présence de bactéries</li> <li>- particules solides</li> <li>- addition d'inhibiteurs/bactéricide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- composition du métal ou de l'alliage</li> <li>- procédés d'élaboration</li> <li>- impuretés</li> <li>- traitement thermique et mécanique</li> <li>- addition</li> <li>- protection</li> </ul>
Conditions d'emploi	Influence du temps
<ul style="list-style-type: none"> <li>- états de surface</li> <li>- moyens de protection</li> <li>- sollicitation mécanique</li> <li>- formes des pièces</li> <li>- condition d'entretien et d'assemblage</li> <li>- soudure, brasure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- métaux ne subissant pas de vieillissement</li> <li>- condition d'entretien</li> <li>- tension mécanique</li> <li>- température</li> <li>- modification des enduits de protection</li> </ul>

### 2.1. La corrosion bactérienne :

On distingue deux modes d'action des bactéries ce qui définit deux familles (terme ne correspondant pas à la systématique des bactéries) : les ferro-bactéries et les sulfito-bactéries.

#### 2.1.1. Les ferro-bactéries :

Elles tirent l'énergie nécessaire à leur synthèse de la transformation des sels ferreux en se transforme en sel ferrique. Nous venons de voir que l'hydroxyde ferreux dans des

conditions normales, se transforme vite en hydroxyde ferrique et carbonate grâce à l'oxygène et gaz carbonique dissous. La présence de ferro-bactéries au point d'attaque va entraîner la mobilisation des ions ferreux et leur transformation en sels ferriques et ceci rapidement tant que le milieu contiendra des ions ferreux.

Il y a donc formation accélérée d'un dépôt de rouille. Ce processus aboutit à une dissolution continue du métal allant jusqu'à la perforation (**Louchet, 1985**).

### **2.1.2. Les sulfito-réductrices :**

Ce sont des anaérobies stricts. On les trouvera sous les couches de rouilles au contact du métal, là où l'oxygène ne parviendra pas. Elles transforment les sulfates en hydrogène sulfuré qui se combinera avec les sels ferreux en donnant un sulfure noir.

Un tel mécanisme a pour conséquence la fuite mais il y a d'autres dangers. La prolifération de ces bactéries dans les réseaux ayant pour conséquence la contamination d'autres sites et obstruction de la lumière de la conduite par une masse gélatineuse d'hydroxyde ferrique et de sulfure de fer (**Louchet, 1985**).

### **2.2. La corrosion sous les biofilms :**

Lorsque des bactéries forment des biofilms, leur adhérence au substrat est augmentée par différents phénomènes dont le plus significatif est la sécrétion de polymères extracellulaires. Ces sécrétions ont une forte proportion à piéger de nombreuses substances présentes dans le milieu comme des colloïdes et différentes autres matières en suspension ou en dépôt.

La corrosion se développe sous les biofilms pour les mêmes raisons que celles que l'on décrit sous les autres types de dépôts, c'est-à-dire aération différentielle, action synergique des bactéries (**Chaussade et Gerard, 2005**).



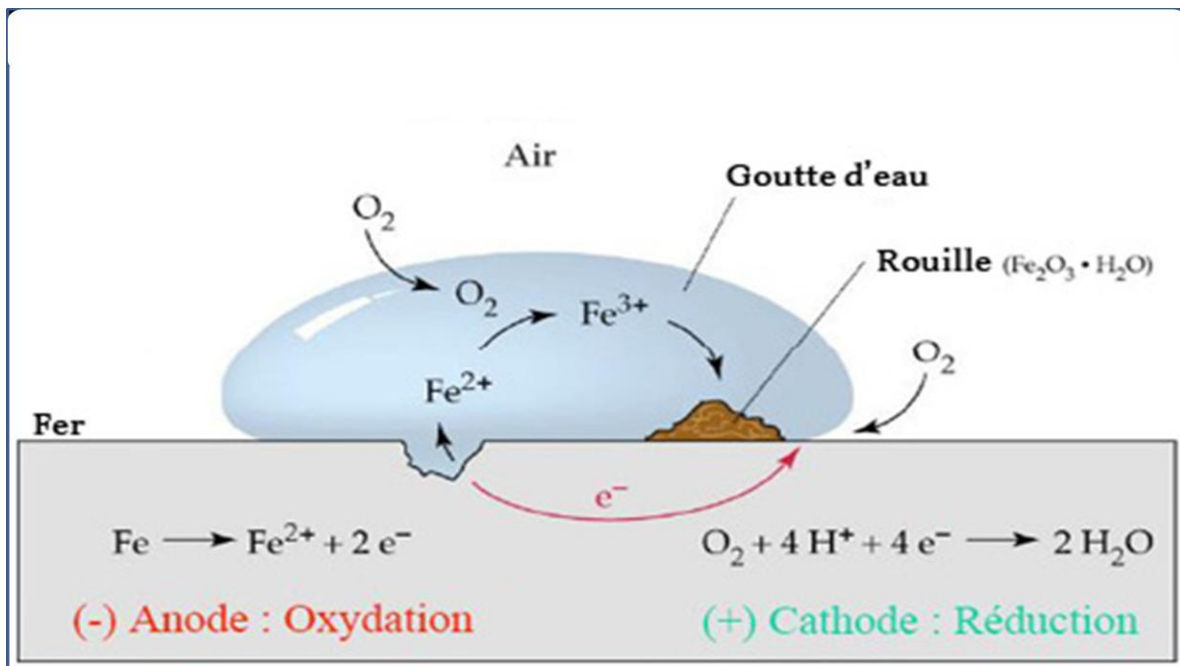


Figure N°01 : Représentation schématique de la formation de la corrosion

(Laura, 2001).

### 3. Notion de biofilm :

Les biofilms correspondent à des associations de microorganismes inclus dans une matrice d'exopolymères, qui sont généralement attachées à la surface de toutes sortes de matériaux tels que les métaux, les plastiques, les particules de sols, tissus...etc.

Au niveau des réseaux de distribution d'eau potable, les biofilms consistent le plus souvent en une association de plusieurs espèces : bactéries, champignons, algues, protozoaires contenues aux dépôts de débris particuliers et de produits de corrosion. Les réseaux de distribution d'eau potable comme tout autre environnement aqueux peuvent être colonisés par des biofilms malgré les conditions qui y règnent : absence de lumière, présence d'un agent biocide circulant, une faible concentration en éléments nutritifs (milieu oligotrophe) (Gauthier et al in Fanny, 2002).

#### 3.1. Développement d'un biofilm bactérien au sein des réseaux :

##### 3.1.1. Formation du biofilm :

La prolifération bactérienne sous forme de biomasse fixée dans le réseau de distribution d'eau potable est le résultat d'un ensemble de processus physique, chimique et biologique.

Ainsi la formation d'un biofilm se réalise en plusieurs étapes faisant intervenir ces différents processus :

- le transport des microorganismes ;
- l'attachement des microorganismes à la surface des conduites du réseau ;
- la colonisation du support.

### **3.1.1.1. Attachement des microorganismes :**

L'adsorption des bactéries à la surface des canalisations s'effectue le plus souvent au niveau de dépôts minéraux et organiques ou à la surface de tubercules de corrosion.

La phase d'attachement des microorganismes peut être divisée en deux étapes principales :

#### **a. L'adhérence :**

Elle correspond à une adsorption réversible des cellules, une fraction des bactéries transportées par l'eau se dépose au niveau de la surface des canalisations. Cette étape ne fait intervenir que des processus physiques (interactions électrostatiques, électrodynamiques) et dépend de la nature du support et de son conditionnement préalable (présence de tubercules de corrosion par exemple).

Les bactéries ne sont fixées que de manière réversible au support ; elles se détachent facilement sous l'action de contraintes hydrodynamiques imposées par le milieu. Cette phase est en général aspécifique et de courte durée (5 à 10 heures).

#### **L'adhésion :**

Il s'agit de la fixation irréversible des bactéries. Cette étape est plus lente que la précédente, l'irréversibilité de l'adhésion faisant appel au métabolisme bactérien. En effet, la sécrétion d'exopolymères par les microorganismes leur permet de consolider leur adhésion au support formant autour de la bactérie, une enveloppe appelée « glyco-calix ».

### **3.1.1.2. Colonisation du support :**

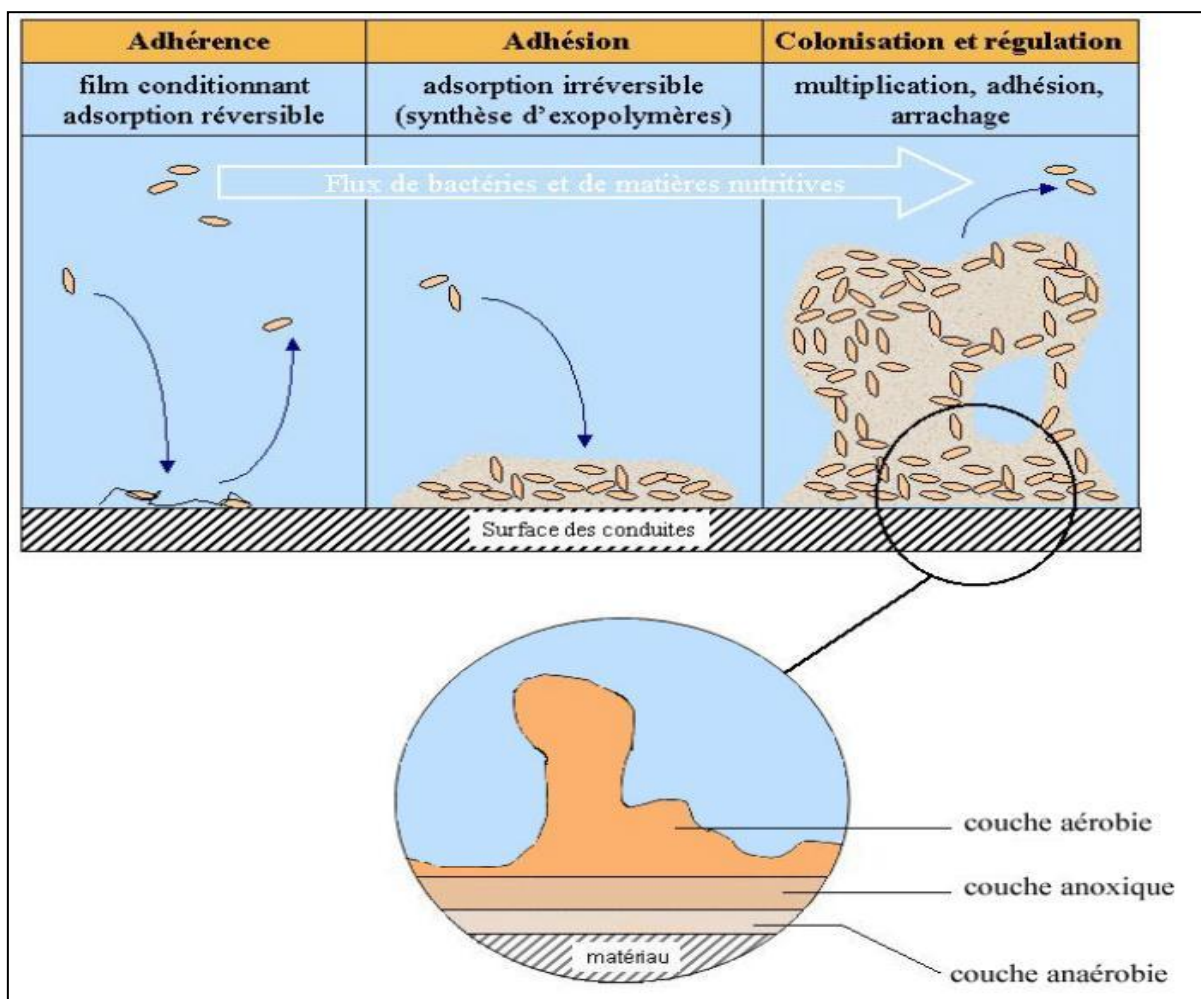
Dans des conditions favorables lorsque les bactéries sont fixées de manière irréversible au support, les cellules peuvent se multiplier selon la quantité de matière organique biodégradable disponible et le taux d'oxydant résiduel, Il y a alors accroissement de la biomasse et production de métabolites sécrétés par les bactéries.

Cette étape de croissance est divisée en trois phases :

- Une phase dynamique de croissance ;
- Une phase linéaire de croissance, traduisant une évolution à taux constant et maximal du biofilm ;
- Une phase de ralentissement, qui correspond à un début d'équilibre du biofilm entre le taux de multiplication et d'accumulation des microorganismes et le taux de détachement de matière. Ceci met en évidence l'influence des facteurs hydrodynamiques sur le développement du biofilm.

En plus de la multiplication des cellules constitutives du biofilm, la croissance de ce dernier peut également être attribuée à des cellules planctoniques venant se greffer à sa surface (**Gauthier et al in Fanny, 2002**).

Les différentes étapes de la formation, puis de l'évolution d'un biofilm, sont présentées sur la figure.



**Figure N°02 :** Représentation schématique de la formation et de la structure d'un biofilm au sein d'un réseau de distribution d'eau potable (**Levi, 1994**).

### 3.2. Conséquences de la présence d'un biofilm sur le réseau de distribution :

Ces conséquences sont multiples et concernent aussi bien les populations bactériennes, que les caractéristiques physiques du réseau :

- Les bactéries accumulées au niveau d'un biofilm constituent le premier maillon d'une chaîne alimentaire et ainsi favorisent le développement de macro-organismes ;
- Certains types bactériens peuvent induire, par leur présence ou leur activité métabolique, une augmentation de la turbidité, de la salinité et de l'odeur de l'eau ;
- Certaines bactéries peuvent accélérer le phénomène de corrosion. Le terme de biocorrosion est alors utilisé ;
- Les capacités de distribution d'un réseau peuvent être diminuées par l'augmentation des forces de résistance, induites par la présence de biofilm ;
- Une augmentation du nombre de non-conformités par rapport aux critères microbiologiques de qualité de l'eau destinée à la consommation peut être observée au sein de réseaux abritant des biofilms (problème d'arrachement des biofilms) ;
- Le développement de bactéries nitrifiantes dans des zones d'anoxie, peut également entraîner des non-conformités avec dépassement de la norme pour les nitrites.

*Partie*  
*Expérimentale*

# *Matériels et Méthodes*

## **1. Objectif du travail :**

L'objectif de notre travail est d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau potable des anciens réseaux de la wilaya de Tissemsilt.

## 2. Lieu et période d'étude :

Notre étude expérimentale a été réalisée au niveau du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) de la wilaya de Tissemsilt.

L'étude expérimentale s'est étendue sur une période de 1 mois, allant du 12/04/2015 au 13/05/2015. Les analyses bactériologiques et physico-chimiques ont été réalisées au sein du laboratoire de l'ADE de Tissemsilt. Les résultats de celles-ci seront comparés avec les normes algériennes d'une eau potable.

### 1.1. Zone d'étude :

La wilaya de Tissemsilt se situe au centre du pays dans la région des hauts plateaux, à 240 km d'Alger et à 300 km d'Oran, sa superficie est de 315200 ha = 3152 Km<sup>2</sup>. Elle est délimitée :

- au nord, par les wilayas de Aïn Defla et Chlef ;
- à l'ouest, par la wilaya de Relizane ;
- à l'est, par la wilaya de Médéa ;
- au sud, par la wilaya de Tiaret.

#### 1.1.1. Présentation générale de l'algérienne des eaux :

L'algérienne des eaux nommée ADE est une EPE (entreprise publique d'eau), elle a été créée par décret exécutif N° 01-101 du 21 avril 2001. Elle s'est substituée EIC (entreprise publique à caractère industriel et commercial).

Elle est chargée d'assurer sur l'ensemble du territoire national la mise en œuvre de la politique de l'eau potable ainsi que la prise en charge des activités de gestion des opérations de production, de transport, de traitement, de stockage, d'adduction et de distribution d'eau.

Elle est structurée sous forme d'agences régionales qui sont à leurs tours structurées d'unités opérationnelles. L'ensemble de ces structures à sa tête une direction générale.

L'unité de Tissemsilt, faisant partie de l'agence régionale de Chlef, gère actuellement 20 communes sur 22 que comprend la wilaya.

Deux types de sources sont gérés par cette unité :

- Les eaux de surface (deux barrages : kodiét rosfa et Derder) ;
- Les eaux souterraines (différentes sources et forages).

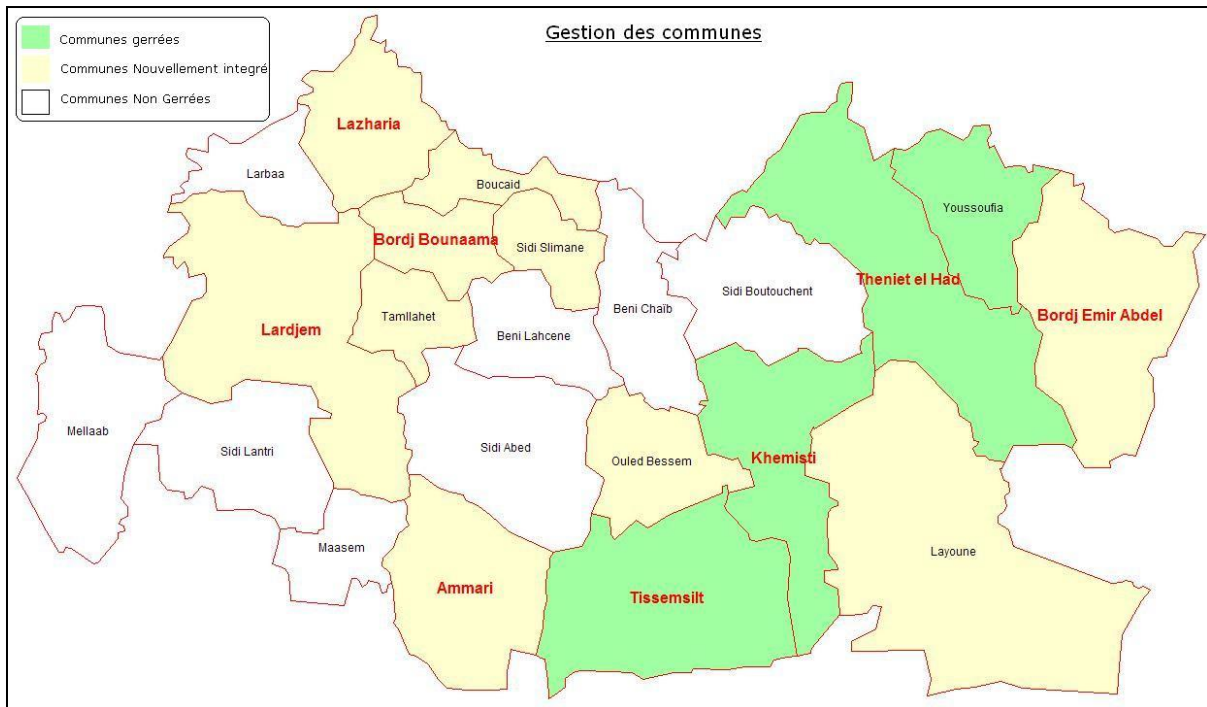


Figure N°03 : Les communes gérées par l’ADE de Tissemsilt (Direction de l’Hydraulique, 2015).

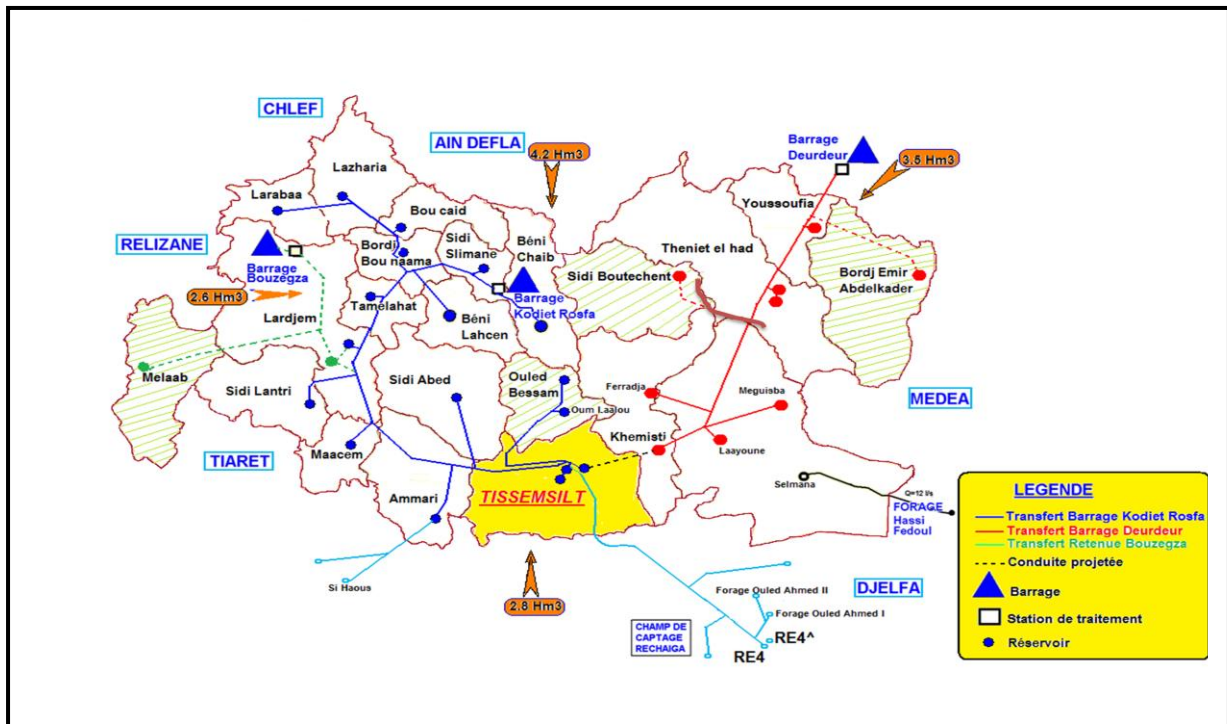
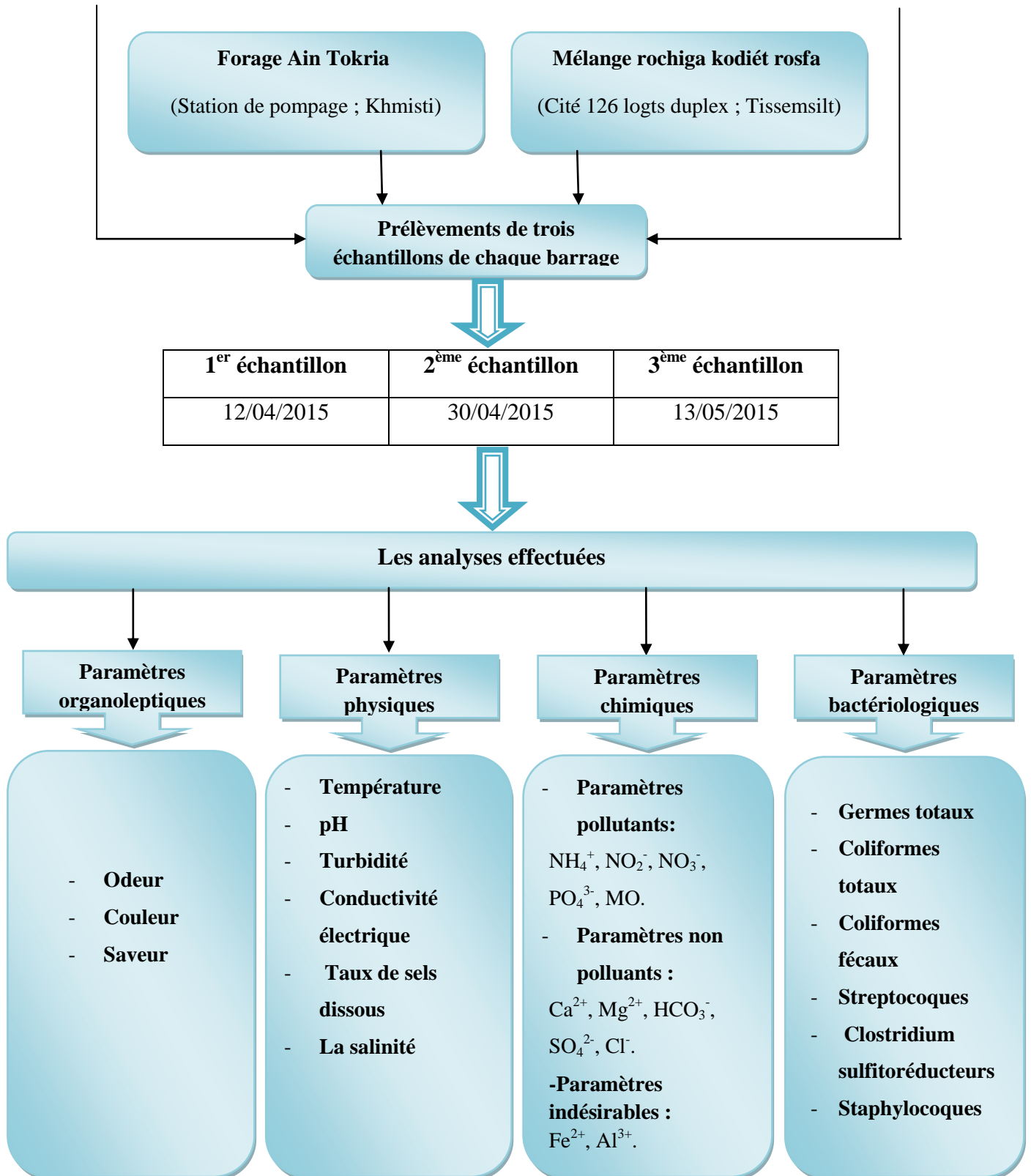


Figure N°04 : Les transferts d’eau potable dans la wilaya de Tissemsilt (Direction de l’Hydraulique, 2015).

**Barrage kodiét rosfa**  
(Rue 1<sup>er</sup> novembre 1954 ; lardjeme)

**Barrage derder**  
(Cité 20 Août 1955 ; laayoune)





**2. Matériels et méthodes :**

**2.1. Matériels :**

### 2.1.1. Appareillages :

- Balance analytique, AND, GR-200 EC.
- Agitateur magnétique chauffant, FALC, F60.
- Agitateur magnétique, FALC, F30.
- Conductimètre, HACH instrument, HI 9033.
- Turbidimètre, HACH 2100N.
- Multiéléments, HACH company BOX 389.
- Plaque chauffante, FALC, PV 250.
- Spectrophotomètre, HACH ostyssey, DR/2500.
- Etuve, Binder GmbH bergstr.
- pH mètre, SCHOTT GERÄTE CG822.
- Bain-marie, FALC, WB M15.
- Thermomètre, HANNA instruments, checktemp 1.
- Bec bunsen.
- Autoclave.
- Réfrigérant.
- La rampe de filtration.
- Verreries propres et spécifiques à chaque usage.

### 2.2. Réactifs :

#### 2.1.1. Réactifs utilisés pour l'analyse physico-chimique :

- Solution de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01N.
- Solution d'acide oxalique à 0,01N.
- Acide sulfurique.
- Hydroxyde de sodium.
- Trictrate de sodium.
- Salicylate de sodium.
- Sulfanilamide.
- Acide phosphorique.
- Tartrate de sodium et de potassium.
- Nitrate de potassium anhydre.
- Acide ascorbique 10%.
- Heptamolybdate d'ammonium.

- Tartrate d'antimoine.
- EDTA disodique.
- Chlorure d'ammonium.
- Acide chloridrique.
- Noir érichrome T.
- Murexide.
- Sulfate de magnésium.
- Dichromate de potassium.
- Sulfate de fer.
- Phénoltroléine.
- Alcool éthylique.
- Sulfate d'ammonium.

### 2.1.2. Réactifs bactériologiques :

- Milieu SLANETZ et BARTELY + additif TTC Slanetz.
- Milieu VF (gélose viande-foie) + additif solution de sulfite de sodium cristallisée à 10% et solution d'alun de fer à 5%.
- Milieu CHAPMAN.
- Milieu TGEA (Tryptone Glucose Extract Agar).
- Milieu TERGITOL + additif TTC Tergitol.

## 3. Méthodes :

### 3.1. Analyse de l'eau :

Selon **Rodier in Sari (2014)**, l'étude de la qualité de l'eau potable comporte trois étapes :

- Prélèvement et échantillonnage ;
- Analyse ;
- Interprétation.

### 3.2. Le prélèvement des échantillons :

C'est une étape très importante dans l'analyse de l'eau. Un prélèvement effectué selon une méthode correcte dans des conditions satisfaisantes; en évitant toute contamination probable, en utilisant des récipients stériles. Un transport correct au laboratoire avec une

bonne conservation et analyse après une courte durée de conservation permet l'obtention des résultats précis.

Le mode de prélèvement varie suivant l'origine de l'eau (**Rodier in Lahlouh, 2010**).

### 3.2.1. Prélèvements à partir d'un robinet :

Dans le cas de prélèvement du robinet, si le but est le contrôle de l'eau distribuée, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée. En pratique, il convient d'ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes puis de le ramener à un débit moyen pendant 2 minutes. Par contre, si le but de l'analyse est de contrôler la concentration de certains éléments libérés par la canalisation tels que le zinc, le plomb, le cuivre, il convient de laisser l'eau stagner dans celle-ci pendant toute la nuit et de prélever l'eau immédiatement à l'ouverture du robinet.

- La manipulation doit s'effectuer dans les meilleures conditions de stérilité.
- Se laver soigneusement les mains et avant bras, les rincer à l'alcool. Laisser sécher.
- Flamber le robinet pendant au moins 01 minute, en utilisant par exemple une lampe à souder portative au gaz butane.
- Ouvrir le robinet et laisser couler 03 à 05 minutes avant de faire le prélèvement. Durant cette attente et durant le prélèvement, il est utile qu'un assistant maintient la lampe à souder allumée un peu au-dessus du robinet.
- Prendre le flacon de la main gauche, l'approcher des doigts libres de la main droite, enlever avec ceux-ci le coton bouchant le goulot.
- Flamber rapidement le bord de ce goulot, remplir presque entièrement le flacon, flamber à nouveau rapidement le bord du goulot et mettre le bouchon (**Rodier, 2005**).

### 3.2.2. Choix et stérilisation des récipients :

- Les récipients utilisés et destinés au prélèvement doivent être fermés hermétiquement afin d'assurer une protection contre toute contamination.
- Le récipient doit être lavé, rincé, séché et bouché par un coton, le bouchon aussi lavé, rincé, séché et enveloppé séparément dans un papier filtre. Le récipient et le bouchon sont enveloppés en papier filtre puis stérilisés soit à l'autoclave (120°C pendant 15 minutes) soit au four pasteur (170°C pendant 01 heure).
- Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre (**Rodier, 2005**).

### 3.2.3. Principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité du préleveur.
- Date et heure du prélèvement.
- Lieu du prélèvement (**Rodier, 2005**).

### 3.2.4. Transport et conservation au laboratoire :

Il faut que toute analyse doit être effectuée rapidement car la teneur initiale en germes de l'échantillon peut subir des modifications si la durée de transport dépasse 01 heure et si la température est supérieure à 10 °C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 04 °C et 06 °C. Même dans ces conditions l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 08 heures après le recueil de l'échantillon.

Les échantillons qui ne sont pas immédiatement analysés doivent être placés dans un réfrigérateur jusqu'au début de l'analyse (**Rodier, 2005**).

## 3.3. Méthodes d'analyses organoleptiques :

### 3.3.1. Les paramètres organoleptiques :

#### 3.3.1.1. Test de la couleur :

La couleur est évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplis d'eau prélevée du robinet.

#### 3.3.1.2. Test de l'odeur et de la saveur :

L'odeur est évaluée par simple sensation olfactive. La saveur est décelée par dégustation qui exige le rinçage de la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

## 3.4. Détermination des paramètres physico-chimiques :

### 3.4.1. Mesure de la température :

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz. La mesure de la température doit être effectuée sur le terrain (**Rodier, 2005**).

**Mode opératoire :**

La température est déterminée sur place à l'aide d'un thermomètre simple :

- Faire plonger le thermomètre dans l'eau à l'endroit du prélèvement.
- Effectuer la lecture de sorte que l'extrémité du thermomètre reste immergée dans l'eau.
- Le résultat est donné directement en °C.

**3.4.2. Détermination du pH :**

Selon **Rodier in Lahlouh (2010)**, le pH est en relation avec la concentration des ions hydronium  $H_3O^+$  présent dans l'eau ou les solutions.

**Mode opératoire :**

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.

**3.4.3. Mesure de la conductivité électrique :**

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

**Mode opératoire :**

- 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 de 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.

#### 3.4.4. Mesure du taux de salinité :

Le sel qui prédomine est le chlorure de sodium, auquel s'ajoutent une soixantaine d'autres sels. La salinité est la masse de sels dissous par litre d'eau, exprimée en grammes par litre.

##### Mode opératoire :

- Opérer avec une verrerie rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée avant l'usage.
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.
- Faire la mesure dans un deuxième récipient après rinçage de la cellule.
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

#### 3.4.5. Détermination de la turbidité:

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute : argiles, limons, matières organiques...etc (**Rodier, 2005**).

##### Principe :

Le principe consiste en une comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme d'étalons constituée de solution de Formazine.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes absorbant mais diffusant mal les rayons de la lumière qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée.

##### Mode opératoire :

- Remplir une cuvette de mesure propre et bien essuyer (avec du papier hygiénique) avec l'échantillon à analyser.
- Bien homogénéiser la solution.
- Vérifier l'absence de bulles d'air avant la mesure.
- Effectuer rapidement la mesure.
- Le résultat est obtenu directement en UNT.

#### 3.4.6. Détermination d'oxygène dissout :

L'oxygène toujours présent dans l'eau n'en est pas un élément constitutif. Sa solubilité est fonction de la température, de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité.

La méthode potentiométrique permet des mesures rapides. Elle est à la fois utilisable sur le terrain et au laboratoire (Rodier, 2005).

#### Mode opératoire :

- Opérer avec une verrerie rigoureusement propre et rincée à l'eau distillée avant l'usage.
- Rincer plusieurs fois l'électrode DO de multi-paramètre, par l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.
- Faire la mesure dans un deuxième récipient après rinçage de l'électrode.
- Le résultat est obtenu directement en (mg/l).

### 3.5. Paramètres de pollution :

#### 3.5.1. Détermination du taux des matières oxydables:

##### Principe :

Oxydation par un excès de permanganate de potassium en milieu acide et à ébullition (10 min), des matières oxydables contenues dans l'échantillon. Réduction de l'excès de permanganate par l'oxalate de sodium en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium.

##### Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilué (1/3) et porter à l'ébullition pendant 1 min.
- Ajouter 15 ml de KMnO<sub>4</sub> à 0,01N puis 10min d'ébullition régulière et douce.
- Ajouter 15 ml d'acide oxalique à 0,01N.
- Titrer à chaud avec KMnO<sub>4</sub> à 0,01N jusqu'à coloration rose claire qui persiste 15 à 20 secondes.
- Un essai à blanc est nécessaire.

##### Expression du résultat :

On indique les résultats comme oxydabilité (consommation de permanganate de potassium) en mg de KMnO<sub>4</sub>/l.

$$\text{KMnO}_4 \text{ (mg/l)} = \frac{(V - V_0) \times 80}{PE}$$



$V_0$  : volume de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01 N nécessaire pour le dosage du blanc.

$V$  : volume de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01 N nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$F$  : facteur de correction du titre de  $\text{KMnO}_4$  à 0,01N ( $F= 1$ ).

$P.E$  : prise d'essai de l'échantillon (100 ml).

### 3.5.2. Détermination des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) par méthode colorimétrique :

#### Principe :

Les nitrites dans l'échantillon à analyser réagissent avec un réactif mixte qui donne un complexe coloré en rose dont :

La coloration rose est proportionnelle à la quantité de nitrite présent.

Les résultats sont donnés en mg/l à une longueur d'onde  $\lambda=543$  nm.

#### Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- L'apparition de la coloration rose indique la présence des nitrites.
- Faire la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda=543$  nm.
- Le résultat sera donné directement en mg/l.

### 3.5.3. Détermination des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) :

#### Principe :

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

#### Mode opératoire :

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de  $\text{NaOH}$  à 30%.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec à l'étuve à 75-88°C.

- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu avec 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et laisser reposer 10 min.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de Tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 nm.
- Le résultat sera donné directement en mg/l.

#### 3.5.4. Détermination de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) :

L'azote ammoniacal est assez souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique (ADE, 2008).

##### Principe :

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylates et hypochlorites en présence de nitropruciate de sodium.

##### Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 4 ml de réactif 1 et 4 ml du réactif 2.
- Ajuster la solution à 50 ml avec l'eau distillée.
- Attendre 1h 30min (l'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).
- Faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde  $\lambda=655\text{nm}$ .
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

#### 3.6. Minéralisation globale :

##### 3.6.1. Détermination du taux des sels dissous (TDS) :

Le **TDS** est utilisé comme un indicateur du contenu total en composés minéraux présents dans les eaux d'alimentation.

Les substances minérales dissoutes incluent :

- Le dioxyde de carbone qui se dissout dans l'eau en donnant de l'acide carbonique, acide faible.
- Les sels de sodium.

- Les composés ferreux et ferriques provenant de minéraux et du fer rouillé des canalisations.
- Les chlorures résultant d'entrées salines.
- Les phosphates provenant de détergents.
- Les nitrates provenant des engrais.

### Mode opératoire :

- Opérer avec une verrerie rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée avant l'usage.
- Rincer plusieurs fois la cellule de multi-paramètre, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.
- Faire la mesure dans un deuxième récipient après rinçage de la cellule.

### 3.6.2. Détermination de l'alcalinité ( $\text{HCO}_3^-$ ) :

La détermination du volume d'acide chlorhydrique (0,1N) nécessaire pour diminuer le pH de 100 ml d'eau à analyser à pH=8,3 puis à pH=4,3. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (**TAC**).

### Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser.
- Déterminer le pH de l'échantillon.
- Si le pH < 8,3 ; le **TA** = 0.
- Si le pH > 8,3 ; on titre avec le HCl 0,1N jusqu'au pH=8,3 et on note le volume (V).
- Titrer avec le HCl 0,1N jusqu'à l'obtention d'un pH =4,3.
- Noter le volume de HCl ( $V_1$ ).

### Expression des résultats :

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = \frac{V_A \times N_A \times M_{\text{HCO}_3^-} \times 1000}{\text{PE}} = \frac{V_A \times 0.1 \times 61 \times 1000}{100}$$

$$[\text{HCO}_3^-] \text{ (mg/l)} = V_A \times 61$$

$V_A$  : volume d'acide versé.

$N_A$  : normalité d'acide versé.

$M_{\text{HCO}_3^-}$  : masse molaire des bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ).

$P E$  : prise d'essai.

**Remarque :**

Si le pH de l'échantillon est supérieur à 8,3 ; titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au  $\text{CO}_3^{2-}$ ) puis continuer le dosage jusqu'à pH de 4,3 noter le volume  $V_{A2}$ .

$$\text{CO}_3^{2-} \text{ (mg/l)} = V_{A2} \times 60$$

**3.6.3. Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) :**

**Principe :**

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption, l'une vers 700nm et l'autre plus importante à 880nm.

**Mode opératoire :**

- Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1ml d'acide ascorbique et 2 ml du réactif mixte.
- Attendre 10 min (jusqu'au développement de la couleur bleue).
- Lire directement au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda=880$  nm.
- Les résultats sont donnés directement en mg/l.

**3.6.4. Détermination du Calcium  $\text{Ca}^{2+}$  et du Magnésium  $\text{Mg}^{2+}$  :**

**Principe :**

Le calcium est dosé avec une solution aqueuse de l'EDTA à pH compris entre 12 et 13. Ce dosage se fait en présence de MUREXIDE ; l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions de calcium combiné avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur violet.

**Les indicateurs colorés :**

- MUREXIDE.
- Noir eriochrome.

**Mode opératoire :****Pour le  $\text{Ca}^{2+}$  :**

- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de NaOH 2N.
- Ajouter du MUREXIDE (quelques gouttes).
- Titrer avec l'EDTA (1/50 N) jusqu'au virage violet.
- Obtention d'un volume ( $V_1$ ) d'EDTA.

**Pour la  $\text{Mg}^{2+}$  :**

- Prendre 50ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2ml de  $\text{NH}_4\text{OH}$  à pH =10,1.
- Ajouter le noir eriochrome (quelques gouttes).
- Titrer jusqu'au virage bleu.
- Obtention d'un volume ( $V_2$ ) d'EDTA.

**Facteur de correction (F) :**

- Prendre 50 ml de la solution mère de calcium à 100mg/l.
- Ajouter 2 ml de NaOH.
- Ajouter l'indicateur coloré MUREXIDE (quelque goutte).
- Titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet.
- Obtention d'un volume ( $V_p$ ) d'EDTA.

**Résultats :**

$$\text{Ca}^{2+} \text{ (mg/l)} = \frac{V_1 \times C_{\text{EDTA}} \times F \times M_{\text{Ca}^{2+}}}{\text{P.E}} \times 1000$$

**D'où :**

$V_1$  : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$C$  : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M / l).

$M_{Ca^{2+}}$  : Masse molaire du calcium en gramme.

$P.E$  : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

$F$  : Facteur de dilution.

**Donc :**

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = \frac{V_1 \times 0,01 \times F \times 40,08}{50} \times 100$$

**Soit :**

$$Ca^{2+} \text{ (mg/l)} = V_1 \times F \times 8,016$$

La détermination du mg/l de magnésium est donnée par la formule suivante :

**D'où :**

$$Mg^{2+} \text{ (mg/l)} = \frac{(V_2 - V_1) \times C_{EDTA} \times F \times M_{Mg^{2+}}}{P.E} \times 100$$

$V_1$  : volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée.

$V_2$  : volume total d'EDTA (mg /l).

$C$  : concentration molaire d'EDTA (0,01 mol/l).

$M_{Mg}$  : Masse molaire du magnésium en g/mol.

$P.E$  : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

$F$  : Facteur de dilution.

**Donc :**

$$Mg^{2+} \text{ (mg/l)} = (V_2 - V_1) \times F \times 4,86$$

### 3.6.5. Détermination du taux de sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) :

**Principe :**

En présence de chlorure de baryum, les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfates de baryum.

**Mode opératoire :**

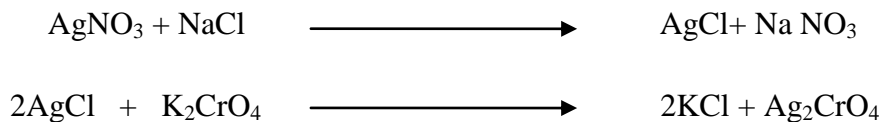
- Prendre 20 ml de l'eau à analyser.
- Compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Lire au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda = 420$  nm.

**Expression des résultats :**

$$[\text{SO}_4^{2-}] \text{ (mg/l)} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{facteur de la dilution.}$$

**3.6.6. Dosage du chlorure  $\text{Cl}^-$  :****Principe :**

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation d'ion chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le tirage, le pH est maintenu entre 5 et 9,5 afin de permettre la précipitation.

**Mode opératoire :**

- Prendre 5 ml d'eau à analyser,
- Ajouter 2 gouttes  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  (coloration jaunâtre).
- Titrer avec  $\text{AgNO}_3$  à 0,01 N jusqu'à coloration brun rougeâtre.

**Expression des résultats :**

$$\frac{V_{\text{AgNO}_3} \times N_{\text{AgNO}_3} \times M_{\text{Cl}}}{\text{P.E}} = \frac{V_{\text{AgNO}_3} \times 0,01 \times 35,5 \times F \times 1000}{5}$$

$$\text{Cl}^- \text{ (mg/l)} = V_{\text{AgNO}_3} \times 71 \times F$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] \text{ (mg/l)} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{facteur de la dilution.}$$

$V_{\text{AgNO}_3}$  : volume d'AgNO<sub>3</sub> nécessaire pour le dosage de l'échantillon.

$N_{\text{AgNO}_3}$  : normalité d'AgNO<sub>3</sub>.

$M_{\text{Cl}^-}$  : masse molaire des chlorures.

**F** : facteur de correction du titre d'Ag NO<sub>3</sub>.

**PE** : prise d'essai.

**Pour le F :**

- Prendre 5 ml de solution mère à 71 mg/l.
- Ajouter 2 gouttes de l'indicateur coloré.
- Doser par AgNO<sub>3</sub> à 0,01 N jusqu'au virage (couleur rougeâtre).

$$\mathbf{F} = \frac{1}{V_{\text{AgNO}_3}}$$

**3.7. Paramètres indésirables :**

**3.7.1. Détermination du taux des ions de fer :**

**Principe :**



Mesure spectrophotométrique du complexe rouge-orangé formé entre le phénanthroline 1,1 et les ions ferreux de l'eau à analyser.

Pour le dosage du fer total et du fer total dissous, du chlorhydrate d'hydroxylamine est ajouté pour réduire le  $\text{Fe}^{3+}$  en  $\text{Fe}^{2+}$ .

#### Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml.
- Ajouter 1 ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine.
- Mélanger soigneusement.
- Ajouter 2 ml de tampon acétate.
- Ajouter 2 ml de la solution 1,1 de phénantroline.
- Conserver à l'obscurité pendant 15 min.
- Enfin passer au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 510 nm.
- Le résultat est donné en mg/l.

#### 3.7.2. Dosage de l'aluminium $\text{Al}^{3+}$ :

##### Principe :

En présence d'aluminium, l'ériocyanine vire au rouge violacé.

##### Mode opératoire :

- Prendre 10 ml d'eau à analyser dans une fiole de 50 ml.
- Ajouter 5 ml de Noir ériocyanine.
- Ajouter 10 ml de Tampon acéto-acétique pH = 6.
- Ajouter 1 ml d'acide ascorbique.
- Ajuster par l'eau distillée jusqu'à 50 ml.
- Agiter et laisser reposer 20 min puis passer au spectrophotomètre à 560 nm.
- Les résultats sont donnés en mg/l.

#### 3.8. Les analyses bactériologiques :

Selon **Jofin et Jofin in Lahlouh (2010)**, le test bactériologique consiste à rechercher si l'eau est contaminée par les germes indicateurs de pollution.

### 3.8.1. Dénombrement de Coliformes totaux et Coliformes fécaux :

Sous le terme de coliformes est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des entérobactériaceae.

La définition suivante a été adoptée par l'**ISO** ; Le terme coliforme correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, gram négatifs, oxydases négatif, facultativement anaérobies, capable de croître en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures à des températures de 35 à 37°C.

Le dénombrement de ces organismes à 35-37°C est souvent désigné sous l'expression de « dénombrements des coliformes totaux ».

Le terme coliforme fécal ou de coliforme thermo-tolérant correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44°C.

#### Mode opératoire :

- Tout d'abord on doit allumer la rampe de filtration en appuyant sur le bouton qui commence à produire une aire qui sert à isoler l'intérieur de la rampe de l'extérieur en évitant toute contamination probable.
- L'eau qu'on veut analyser doit être filtrée sur une membrane en enstère de cellulose de porosité bien définie 0,45 µm capable de retenir les bactéries.
- Flamber la face supérieure (plaque poreuse) de l'appareil.
- Poser les membranes filtrantes saisies par leurs bords avec une pince flambée et refroidie sur chaque plaque poreuse.
- Placer les réservoirs au dessous de chaque membrane (chaque réservoir à un volume de 100 ml).
- Installer le dispositif d'assemblage.
- Agiter bien le flacon d'eau à analyser et le verser dans le réservoir jusqu'à son remplissage.
- Ouvrir le robinet du support entièrement afin de laisser l'eau s'écouler sous l'action d'aspiration d'eau.
- Après l'aspiration de toute la quantité d'eau, fermer les robinets puis enlever les dispositifs d'assemblage et avec une pince flambée prélever les membranes saisies par leur extrémité.

- Transporter chaque membrane de filtration soigneusement sur un milieu de culture tergitol.
- Incubation à 37°C et à 44°C pendant 48 heures.

### 3.8.2. Dénombrement des Entérocoques intestinaux (streptocoque fécaux) :

Les streptocoques fécaux comme leur nom l'indique sont témoignant d'une pollution fécale des eaux, ils sont caractérisés par leur forte tolérance vis à vis des inhibiteurs bactériens comme l'azide de sodium qui est un inhibiteur fort vis-à-vis des enterobacteriaceae.

La technique qui est utilisée pour la recherche des streptocoques fécaux, c'est la technique sur membrane filtrante.

#### Mode opératoire :

La recherche des entérocoques intestinaux ou Streptocoques du groupe « D » par filtration sur membrane nécessite une préparation au préalable qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Tout d'abord, il faudrait stériliser l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité nominale de 0,45 µm entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dispositif avec la pince correspondante.
- Déposer ensuite aseptiquement 100 ml d'eau à analyser devant un bec bunsen.
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane.
- Retirer l'entonnoir après arrêter de la pompe à vide puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince stérile, à la surface d'une plaque de gélose SLANETZ et BARTLEY préalablement préparée.
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  heures (ADE, 2009).

### 3.8.3. Recherche des Staphylocoques :

Les Staphylocoques à coagulase positive ; bactéries qui se présentent sous forme de cocci à Gram positive, sphériques, isolées ou regroupées formant ainsi des grappes

de raisin, possédant l'enzyme catalase et la coagulase. Ils sont capables de se développer en 24 à 48 heures à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  sur un milieu sélectif Chapman au mannitol.

L'espèce type du genre est *Staphylococcus aureus*, elle est pathogène.

### Mode opératoire :

- Selon ADE (2009), la recherche des Staphylocoques à coagulase positive ou plus particulièrement *Staphylococcus aureus*, par filtration sur membrane nécessite la même opération utilisées pour les streptocoques fécaux mais on substituer la gélose SLANETZ et BARTLEY par la gélose Chapman au mannitol préalablement préparée.
- Cette dernière sera incubée couvercle en bas à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4$  heures.

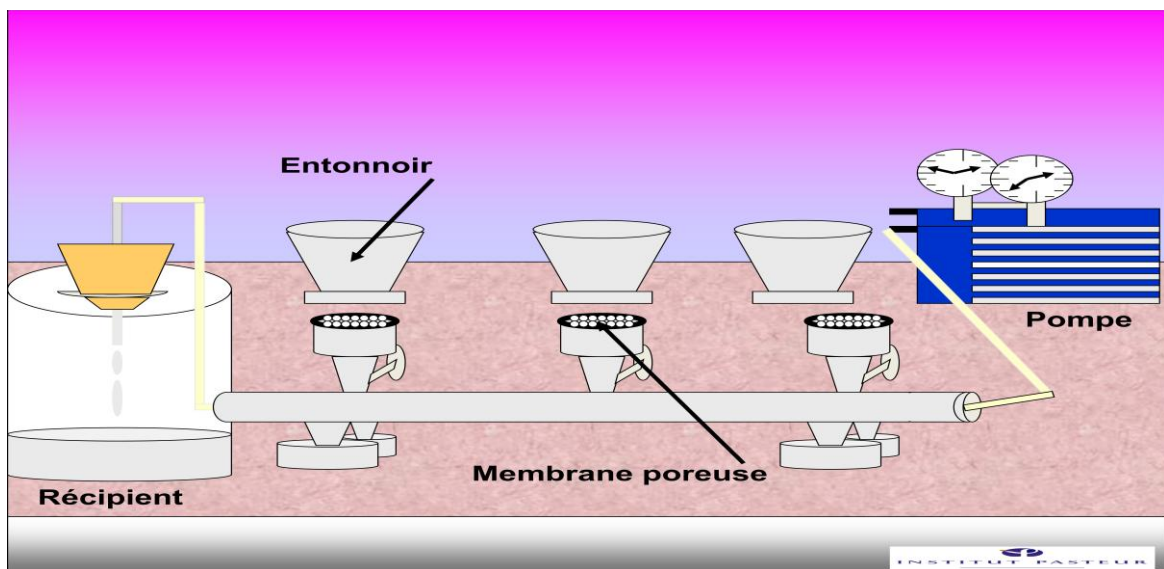


Figure N°06 : Rampe de filtration (Formation I.P.A, 2009).

### 3.8.4. Dénombrement des Microorganismes totaux :

Elle consiste à une estimation du nombre total des germes présents dans l'eau.

#### - Exécution des dilutions décimales :

- **Dilution 10 fois** : dans un tube à essai stérile contenant 9 ml d'eau distillée stérile, ajouter 1ml d'eau à analyser et agiter pour homogénéiser.
- **Dilution 100 fois** : dans un tube à essai stérile contenant 9 ml d'eau distillée stérile, ajouter 1ml de la dilution  $10^{-1}$  et agiter pour homogénéiser.
- **Dilutions suivantes** : toujours de la même manière, c'est-à-dire que l'on place 1ml de la solution précédente dans 9 ml d'eau distillée stérile, nous obtenons ainsi une

nouvelle dilution. Le nombre de dilution dépend de la nature et la richesse microbienne de l'eau à analyser.

### Mode opératoire :

- A partir de l'eau à analyser solution mère et/ou des dilutions décimales  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ , porter aseptiquement 1ml en double dans deux boites de Pétri vides d'un diamètre de 90 mm.
- Compléter ensuite avec environ 19 ml de TGEA fondue et refroidie à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$ .
- Faire ensuite des mouvements circulaires et en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.
- Laisser solidifier, puis rajouter une deuxième couche d'environ 5 ml de TGEA.
- Marquer sur chacune des boîtes de pétri le numéro d'enregistrement de l'eau à analyser, la température d'incubation et la dilution.
- Les boites seront partagées en deux séries distinctes :
  - La première série sera incubée à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $68 \pm 4$  heures,
  - La seconde série sera incubée à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$ , pendant  $44 \pm 4$  heures.
- Les colonies apparaissent en masse sous formes lenticulaires.
- Retenir les boites qui renferment entre 15 et 300 colonies au niveau de deux dilutions successives.
- Calculer ensuite le nombre de microorganismes revivifiables dans 1ml à  $22 \pm 2^\circ\text{C}$  à part et celle de microorganismes revivifiables à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  à part, à l'aide de l'équation suivante :

$$\frac{\sum c}{(n1 + 0,1 n2)d}$$

Où :

$\Sigma c$  : la somme totale des colonies comptées.

**n1** : nombre de boites comptées dans la 1<sup>ère</sup> dilution.

**n2** : nombre de boites comptées dans la 2<sup>ème</sup> dilution.

**d** : facteur de dilution à partir du quel le premier comptage a été obtenu.

*Figure N°07* : Mode opératoire de la recherche des microorganismes totaux  
(Formation I.P.A, 2015).

### 3.8.5. Dénombrement des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* :

La recherche des spores de *Clostridium sulfito-réducteurs* permet de mettre en évidence un groupe de bactéries anaérobies par la résistance de leurs spores et par un équipement enzymatique réduisant les sulfites en sulfures (ADE, 2009).

#### Mode opératoire :

- Agiter soigneusement l'eau à analyser.
- porter aseptiquement 4 fois 5ml d'eau à analyser dans 4 tubes à essai stériles.
- Porter 5 minutes à 80°C au bain-marie.
- Refroidir rapidement (effectuer un choc thermique).
- Ajouter à chaque tube :
  - 1 ml d'une solution de sulfite de sodium cristallisée à 10%.
  - 4 gouttes d'une solution d'alun de fer à 5%.
- Ajouter environ 20 ml de gélose VF, fondue puis refroidie à  $47 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- Mélanger soigneusement sans faire des bulles d'air.

- Laisser solidifier sur paillasse puis incuber à  $36 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant  $44 \pm 4\text{h}$ .
- La première lecture après 16 heures d'incubation.

*Figure N°08* : Recherche des spores de *Clostridium*  
sulfito-réducteurs (Formation I.P.A, 2015)

# *Résultats et Discussions*



## 1. Les paramètres physico-chimiques :

### 1.1. Résultats des analyses physico-chimiques :

Les tableaux suivants présentent les résultats des paramètres physicochimiques des 3 prélèvements au niveau des 4 régions étudiées :

*Tableau N°05* : Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de lardjeme et l'ouvrage (Kodiet Rosfa).

Paramètres physicochimiques	1 <sup>er</sup> échantillon	2 <sup>ème</sup> échantillon	3 <sup>ème</sup> échantillon	Ouvrage	Normes Algériennes
Conductivité électrique ( $\mu\text{S/cm}$ )	2230	2340	2260	2310	$\leq 2800$
Turbidité(NTU)	0,7	0,5	1,0	0,3	$\leq 5$
pH	7,7	7,9	7,9	7,7	$\leq 6,5$ à $8,5$
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	22,5	17,2	18,1	16,6	$\leq 25$
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	4,63	2,62	2,38	2,6	$\leq 50$
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0,00	0,01	0,01	0,02	$\leq 0,5$
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	0,00	0,02	0,00	0,01	$\leq 0,1$
Matières oxydables (mg/l)	1,44	2,56	1,12	1,2	$\leq 5$
TDS (mg/l)	1117	1168	1130	1156	-
Salinité (mg/l)	1,1	1,2	1,1	1,2	-
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	134,2	122	128,1	134,2	$\leq 500$
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	416,12	424,7	446,1	448,15	$\leq 400$
$\text{Ca}^{2+}$ (mg/l)	155,51	185,97	192,38	197,99	$\leq 200$
$\text{Mg}^{2+}$ (mg/l)	86,02	97,2	75,81	77,76	$\leq 150$
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	213	213	205,9	220,1	$\leq 500$
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0,05	0,03	0,04	0,05	$\leq 0,5$
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)	0,26	0,3	0,27	0,17	$\leq 0,3$
$\text{Al}^{3+}$ (mg/l)	0,045	0,047	0,041	0,037	$\leq 0,2$

**Tableau N°06:** Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Tissemsilt et l'ouvrage (Mélange Rochiga -Kodiét rosfa).

Paramètres physicochimiques	1 <sup>er</sup> échantillon	2 <sup>ème</sup> échantillon	3 <sup>ème</sup> échantillon	Ouvrage	Normes Algériennes
Conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	2150	1720	2070	2140	$\leq 2800$
Turbidité (NTU)	0,8	1,6	1,3	0,9	$\leq 5$
Oxygène dissout (mg/l)	2,7	2,4	2,5	2,6	-
pH	7,8	7,5	7,6	7,7	$\leq 6,5$ à $8,5$
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	19,2	19,6	20,8	18,6	$\leq 25$
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	3,17	17,06	13,4	9,7	$\leq 50$
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0,02	0,04	0,01	0,03	$\leq 0,5$
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	0,01	0,00	0,01	0,01	$\leq 0,1$
Matières oxydables (mg/l)	1,6	1,44	0,56	1,28	$\leq 5$
TDS (mg/l)	1070	863	1037	1067	-
Salinité (mg/l)	1,1	0,9	1,0	1,1	-
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	144,2	298,9	170,8	152,5	$\leq 500$
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	395,25	239,3	384,5	389,4	$\leq 400$
$\text{Ca}^{2+}$ (mg/l)	155,51	164,32	160,32	184,36	$\leq 200$
$\text{Mg}^{2+}$ (mg/l)	86,02	43,25	74,35	63,66	$\leq 150$
Cl (mg/l)	213	142	180,79	213	$\leq 500$
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0,05	0,02	0,03	0,02	$\leq 0,5$
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)	0,23	0,25	0,24	0,18	$\leq 0,3$
$\text{Al}^{3+}$ (mg/l)	0,027	0,021	0,033	0,023	$\leq 0,2$

**Tableau N°07:** Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Khmisti et l'ouvrage (forage Ain Tokria).

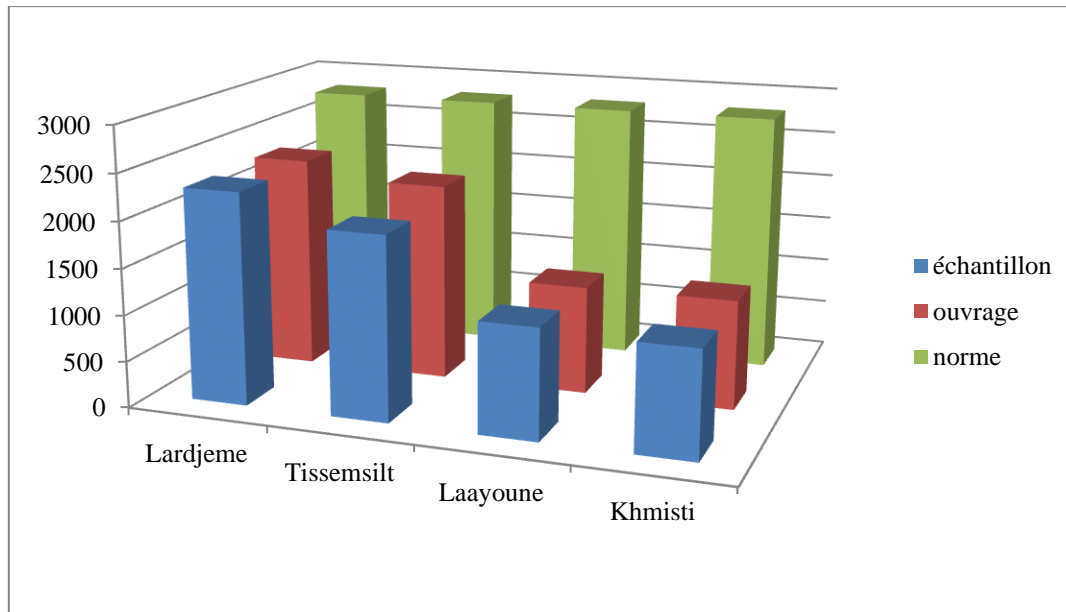
Paramètres physicochimiques	1 <sup>er</sup> échantillon	2 <sup>ème</sup> échantillon	3 <sup>ème</sup> échantillon	Ouvrage	Normes Algériennes
Conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1138	1195	1100	1178	$\leq 2800$
Turbidité (NTU)	1,7	0,5	1,2	1,1	$\leq 5$
Oxygène dissout (mg/l)	1,8	2,0	1,9	1,9	-
pH	7,3	7,4	7,3	7,4	$\leq 6,5$ à $8,5$
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	21,9	20,7	22,1	15,7	$\leq 25$
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	6,25	9,67	8,8	10,82	$\leq 50$
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0,01	0,4	0,03	0,02	$\leq 0,5$
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	0,01	0,02	0,02	0,00	$\leq 0,1$
Matières oxydables (mg/l)	0,32	0,46	0,34	0,24	$\leq 5$
TDS (mg/l)	569	597	552	584	-
Salinité (mg/l)	0,6	0,6	0,6	0,6	-
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	317,2	353,8	347,7	225,7	$\leq 500$
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	132,43	108,7	115	157,6	$\leq 400$
$\text{Ca}^{2+}$ (mg/l)	71,34	84,17	70,54	70,54	$\leq 200$
$\text{Mg}^{2+}$ (mg/l)	51,51	69,98	64,15	58,32	$\leq 150$
$\text{Cl}^-$ (mg/l)	106,5	107,76	113,6	127,8	$\leq 500$
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0,01	0,02	0,03	0,01	$\leq 0,5$
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)	0,25	0,3	0,27	0,21	$\leq 0,3$
$\text{Al}^{3+}$ (mg/l)	0,011	0,013	0,008	0,009	$\leq 0,2$

**Tableau N°08:** Les résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de laayoune et l'ouvrage (Station de traitement derder).

Paramètres physicochimiques	1 <sup>er</sup> échantillon	2 <sup>ème</sup> échantillon	3 <sup>ème</sup> échantillon	ouvrage	normes algériennes
Conductivité électrique ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	1247	1187	1222	1166	$\leq 2800$
Turbidité(NTU)	1,2	2,3	1,5	0,3	$\leq 5$
Oxygène dissout (mg/l)	2,5	2,5	2,7	2,6	-
pH	7,7	7,6	7,7	7,6	$\leq 6,5$ à $8,5$
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	21.7	17.4	18.4	16.6	$\leq 25$
$\text{NO}_3^-$ (mg/l)	2,85	3,5	3,4	4,38	$\leq 50$
$\text{NH}_4^+$ (mg/l)	0,01	0,01	0,02	0,01	$\leq 0,5$
$\text{NO}_2^-$ (mg/l)	0,01	0,01	0,00	0,00	$\leq 0,1$
Matières oxydables (mg/l)	2,4	2,24	2,32	2,56	$\leq 5$
TDS (mg/l)	623	595	608	581	-
Salinité (mg/l)	0,6	0,6	0,6	0,6	-
$\text{HCO}_3^-$ (mg/l)	158,6	146,4	140,3	152,5	$\leq 500$
$\text{SO}_4^{2-}$ (mg/l)	152,56	128,3	143,7	154,86	$\leq 400$
$\text{Ca}^{2+}$ (mg/l)	74,54	70,5	79,35	80,16	$\leq 200$
$\text{Mg}^{2+}$ (mg/l)	25,75	25,75	28,18	31,55	$\leq 150$
Cl(mg/l)	255,6	333,7	326,6	341,4	$\leq 500$
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/l)	0,02	0,02	0,03	0,04	$\leq 0,5$
$\text{Fe}^{2+}$ (mg/l)	0,17	0,14	0,19	0,13	$\leq 0,3$
$\text{Al}^{3+}$ (mg/l)	0,019	0,02	0,17	0,014	$\leq 0,2$

## 1.2. Discussion des paramètres physico-chimiques :

### ➤ La conductivité électrique :



*Figure N°09* : Résultats obtenus pour la conductivité électrique

La conductivité électrique de nos échantillons est entre (1100 et 2340  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ). Ces valeurs sont inférieures à la norme des eaux potables fixée par la réglementation algérienne qui fixe une valeur maximale de 2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Nos résultats ont montrés que les conductivités enregistrés correspondent à une faible minéralisation.

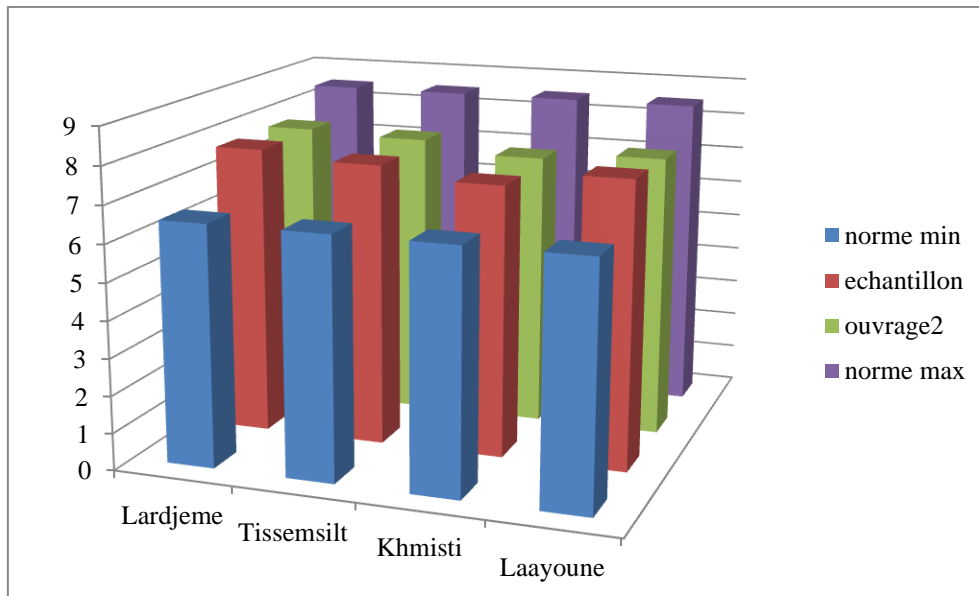
Elle indique que l'eau a la capacité de transmettre un courant électrique. La conductivité est directement proportionnelle à la quantité des sels (ions) dissous dans l'eau.

### ➤ Turbidité :

La mesure de 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).

Les eaux étudiées ont une turbidité qui varie entre 0,5 et 2,3 NTU, ce qui est conforme à la norme algérienne qui recommande comme valeur limite 5 NTU au maximum.

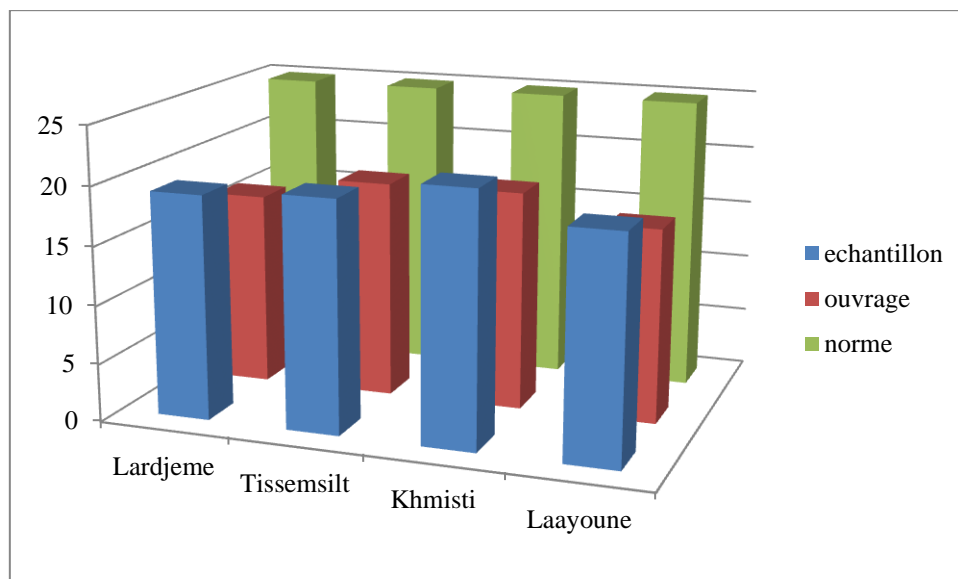
➤ **Le potentiel d'hydrogène (pH) :**



*Figure N°10* : Résultats obtenus pour le potentiel d'hydrogène

C'est l'un des paramètres parmi les plus importants pour la qualité de l'eau. Il caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples dont l'origine de l'eau. Les différents prélèvements ont un pH compris entre 7,3 et 7,9. Ces valeurs sont idéales par rapport aux normes des eaux de consommation algérienne qui sont de 6,5 à 8,5.

➤ **La température :**



*Figure N°11* : Résultats obtenus pour la température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers, elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température. Comme la température est un paramètre déterminant la qualité de l'eau, il s'est avéré obligatoire son étude. Nous remarquons qu'elle varie entre 17,2°C et 22,5°C. Ces valeurs répondent effectivement aux normes algériennes des eaux de consommation qui est de 25°C.

➤ **L'ion nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) :**

L'analyse de nos échantillons montre que les valeurs de nitrates sont favorables (2,38 et 17,6 mg/l) à la norme qui est de 50 mg/l admise par la législation algérienne. (**JORA, 2006**).

Les nitrates sont des sels facilement entraînés en profondeurs par les eaux d'infiltration et leur présence est due principalement à la présence des micro-organismes.

➤ **L'ion d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) :**

Concernant l'ammonium, les résultats obtenus sont favorables pour les eaux destinées à la consommation humaine. Ces valeurs sont comprises entre 0 et 0,04 mg/l. Selon la norme fixée par **JORA (2006)**, soit inférieures à 0,5 mg/l donc elles sont conformes à la valeur maximale.

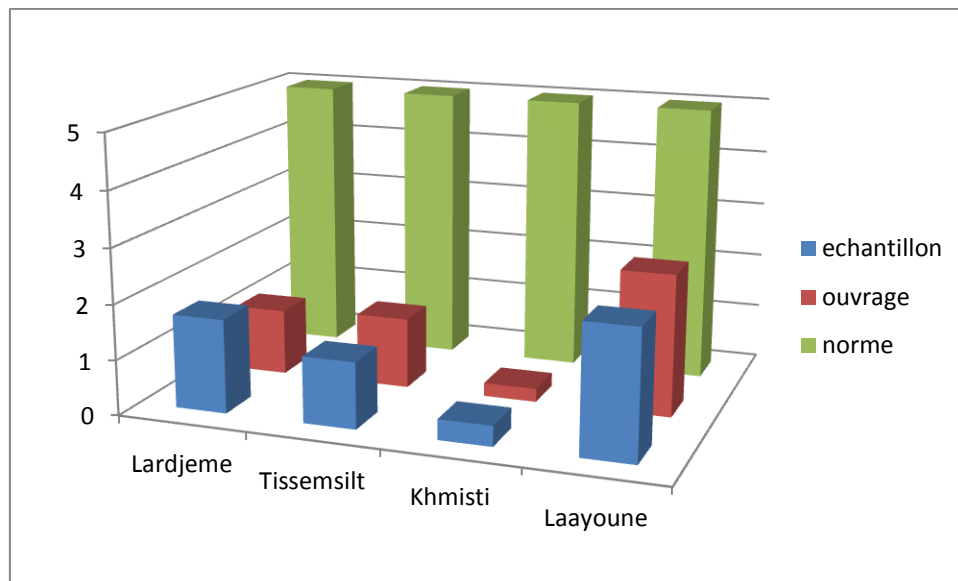
L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé humaine mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution.

➤ **L'ion nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) :**

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, soit d'une réduction des nitrates.

Les normes algériennes indiquent une valeur maximale de 0,1 mg/l. Les valeurs enregistrées de nitrite pour l'eau étudiée sont inférieures à 0,02 mg/l, ce qui répond aux normes.

➤ **Matières oxydables (M.O) :**



*Figure N°12 : Résultats obtenus pour les matières oxydables*

Nous avons trouvés que les valeurs de la matière oxydable données en mg d'O<sub>2</sub>/l sont entre 0,32 et 2,56 mg/l. Ces valeurs conforment à la norme algérienne qui est de 5 mg/l.

➤ **Taux des sels dissous (TDS) :**

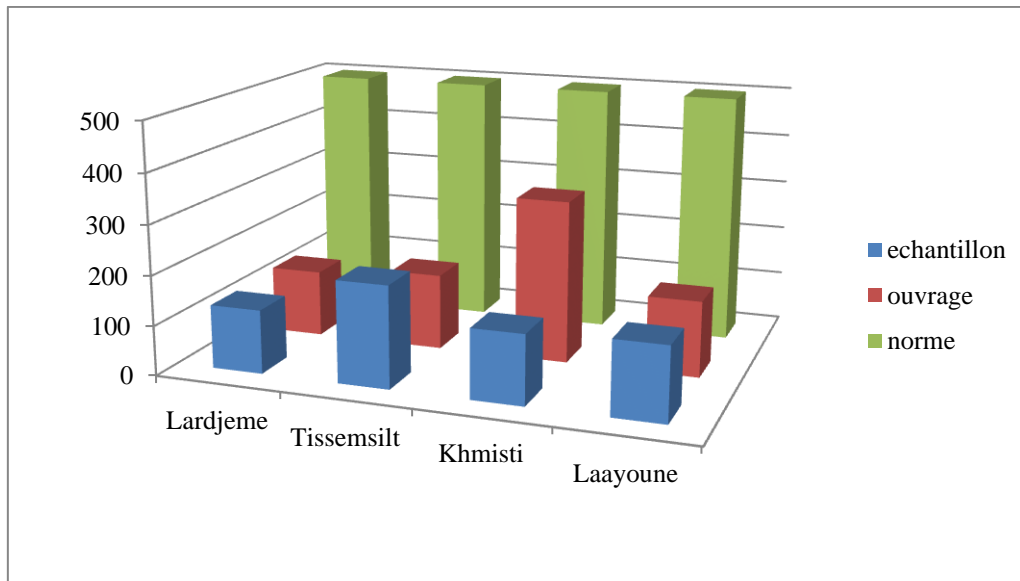
Le TDS est utilisé comme un indicateur du contenu total en composés minéraux présents dans l'eau. Les résultats varient entre 552 mg/l et 1117 mg/l.

➤ **Salinité :**

Les valeurs trouvées de la salinité pour tous les échantillons sont entre 0,6 et 1,2 mg/l.



➤ **Bicarbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ):**

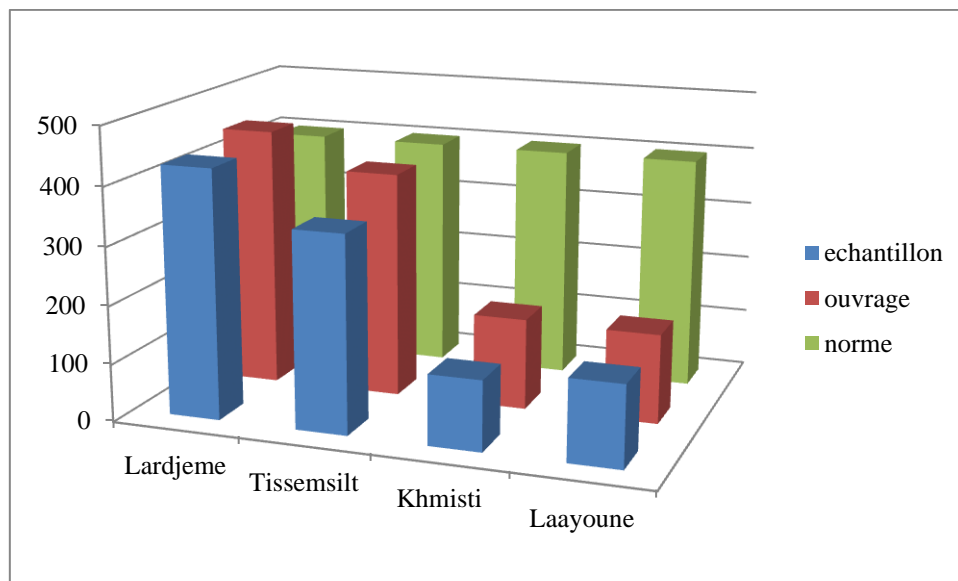


*Figure N°13 : Résultats obtenus pour les bicarbonates*

Les valeurs de la teneur en  $\text{HCO}_3^-$  sont entre 122 et 353,8 mg/l, elles sont inférieures à la norme des eaux potables admise par la législation algérienne soit 500 mg/l.

Quand le pH de l'eau est entre 4,3 et 8,3 ; les ions bicarbonates sont présents avec une absence des ions carbonates. Ces derniers apparaissent lorsque le pH dépasse la valeur de 8,3.

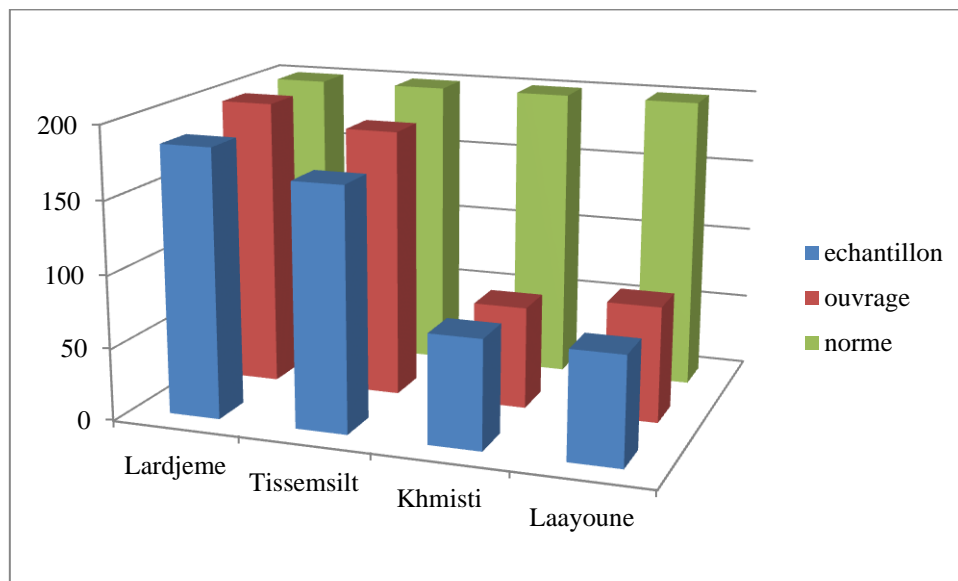
➤ **Les ions sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ):**



*Figure N°14 : Résultats obtenus pour les sulfates*

Les valeurs des sulfates trouvées pour les différents échantillons étudiés sont comprises entre 108 et 293 mg/l, elles restent inférieures à la concentration maximale admissible décrétée par les Normes Algériennes qui est de 400 mg/l sauf pour les valeurs obtenues pour la région de Lardjem qui sont comprises entre 416 et 446 mg/l donc elles dépassent les normes algériennes. Leur présence résulte de la légère dissolution des sulfates de calcium des roches gypseuses.

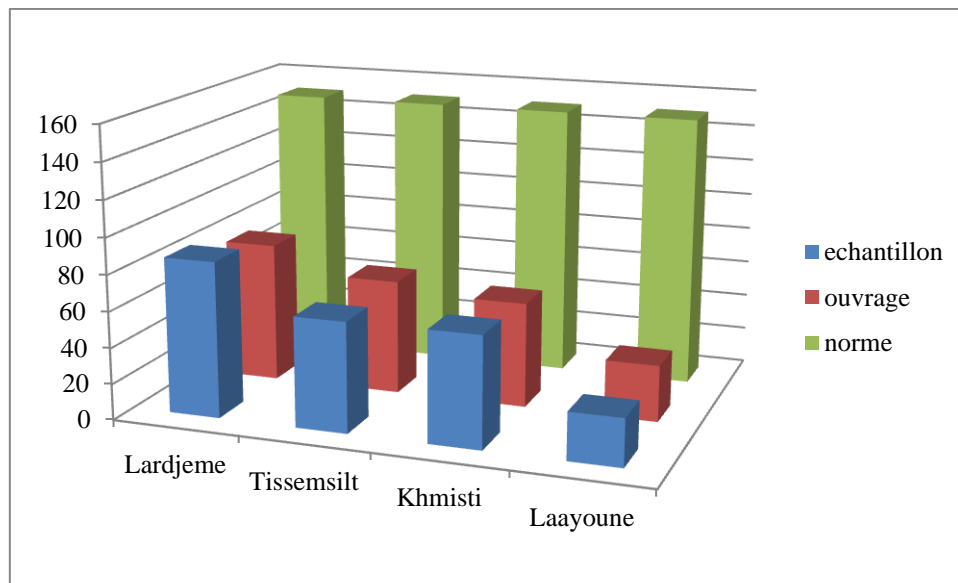
➤ **L'ion calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) :**



*Figure N°15 : Résultats obtenus pour le Calcium*

Le Calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale. Pour l'ensemble des échantillons étudiés, les valeurs de calcium trouvées sont comprises entre 25,75 et 86,02 mg/l. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes.

➤ **L'ion Magnésium ( $Mg^{2+}$ ) :**



*Figure N°16 : Résultats obtenus pour le Magnésium*

La teneur en magnésium varie de 25,75 mg/l à 86,02 mg/l. Toutes les valeurs répondent aux normes algériennes qui sont de 150 mg/l.

Selon **Rodier (2005)**, le magnésium est un facteur de la dureté de l'eau et sa teneur dépend des terrains traversés.

➤ **L'ion phosphate ( $PO_4^{-3}$ ) :**

Des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour notre eau étudiée, nous avons trouvés des teneurs comprises entre 0,01 et 0,05 mg/l. Elles sont inférieures aux normes prescrites par la réglementation algérienne qui fixent une valeur maximale admissible de 0,5 mg/l.

➤ L'ion chlorure (Cl<sup>-</sup>) :

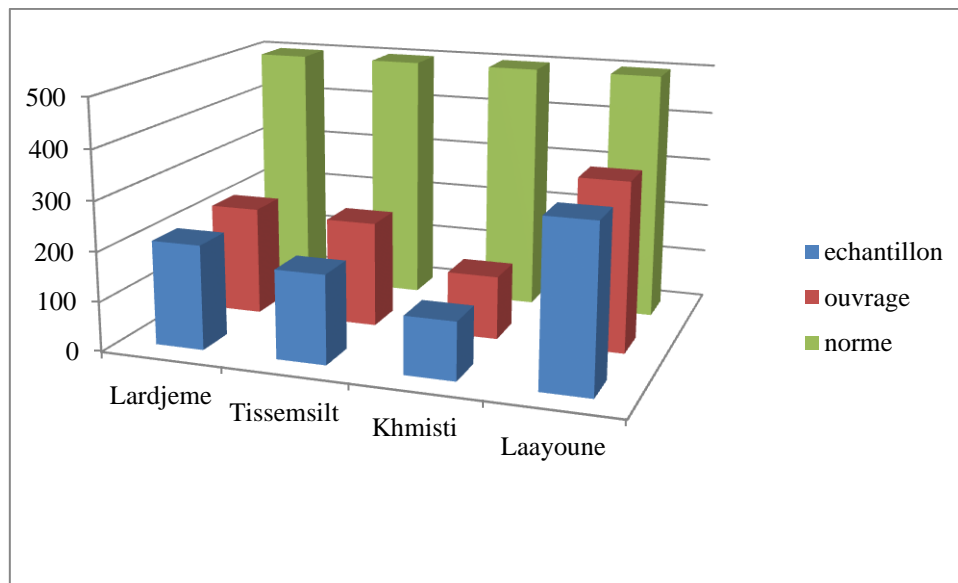


Figure No17 : Résultats obtenus pour le Chlorure.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

La teneur de nos échantillons est comprise entre 106,5 et 333,74 mg/l. Elle reste conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

➤ L'ion fer (Fe<sup>+2</sup>) :

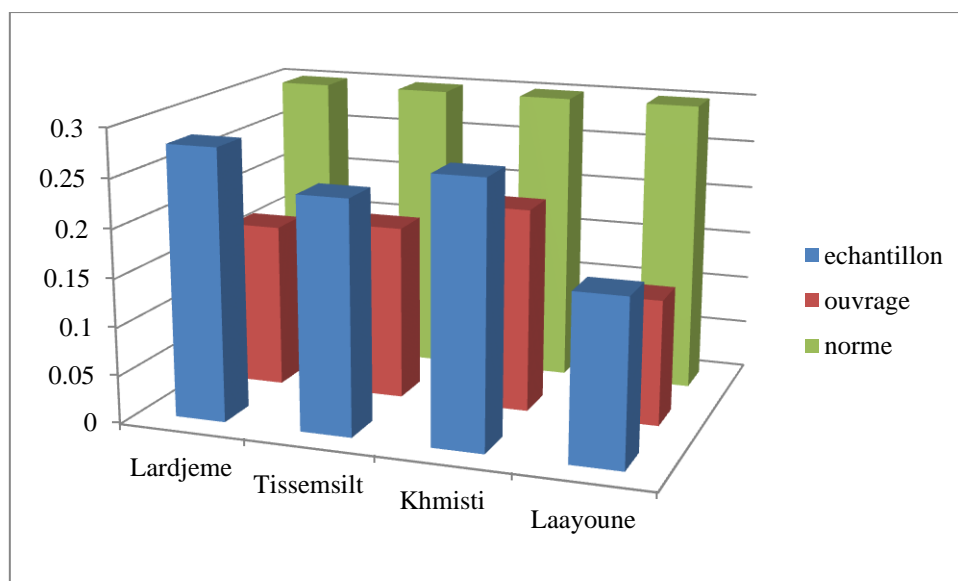
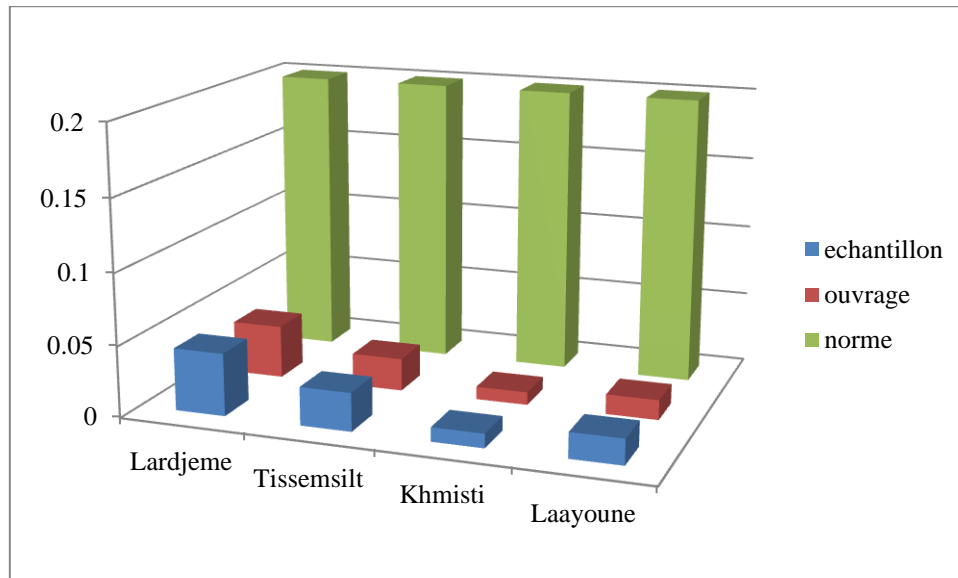


Figure No18 : Résultats obtenus pour le fer

La valeur limite donnée par la réglementation algérienne est de 0,3 mg/l. Les résultats obtenus pour les différents échantillons étudiés sont conformes aux normes prescrites, ces derniers sont compris entre 0,014 et 0,3 mg/l.

➤ **L'aluminium ( $Al^{3+}$ ) :**



*Figure N°19* : Résultats obtenus pour l'Aluminium

La concentration des prélèvements est comprise entre les valeurs de 0,08 mg/l et 0,17 mg/l. Ces valeurs sont idéales par rapport à la norme algérienne des eaux de consommation qui est 0,2 mg/l.

## 2. Paramètres organoleptiques :

### 2.1. Odeur :

L'eau étudiée a toujours été inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques et de matières organiques en décomposition et protozoaires.

### 2.2. Couleur :

L'eau étudiée est toujours limpide, ceci indique probablement l'absence des ions métalliques : fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) et fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) ; qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.

### 3. Les analyses bactériologiques :

#### 3.1. Résultats des analyses :

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire ADE, et consistent à la recherche des Coliformes totaux et fécaux, des Streptocoques fécaux, des *Clostridium sulfito-réducteurs* et des germes totaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux suivants :

*Tableau N°09:* Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de lardjeme et son ouvrage (Kodiet Rosfa).

Paramètres bactériologiques	1 <sup>er</sup> échantillon	2 <sup>ème</sup> échantillon	3 <sup>ème</sup> échantillon	Ouvrage	Normes Algériennes
Coliformes totaux à 37 °C / 100ml	00	00	00	00	Absence
Coliformes fécaux / 100ml	00	00	00	00	Absence
Streptocoques fécaux	00	00	00	00	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs	00	00	00	00	Absence
Germes Totaux à 37°C	00	00	00	00	10
Germes Totaux à 22°C	00	00	00	00	100
Staphylocoques	00	00	00	00	Absence
Taux de Chlore	0,2	0,2	0,2	0,5	5 mg/l

**Tableau N°10:** Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Tissemsilt et son ouvrage (Mélange Rochiga kodiét rosfa).

<b>Paramètres bactériologiques</b>	<b>1<sup>er</sup> échantillon</b>	<b>2<sup>ème</sup> échantillon</b>	<b>3<sup>ème</sup> échantillon</b>	<b>Ouvrage</b>	<b>Normes Algériennes</b>
<b>Coliformes totaux à 37 °C / 100ml</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Coliformes fécaux / 100ml</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Streptocoques fécaux</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Clostridium sulfito-réducteurs</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Germes Totaux à 37°C</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>10</b>
<b>Germes Totaux à 22°C</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>100</b>
<b>Staphylocoques</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Taux de Chlore</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>5 mg/l</b>

**Tableau N°11:** Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de laayoune et son ouvrage (Station de traitement derder).

<b>Paramètres bactériologiques</b>	<b>1<sup>er</sup> échantillon</b>	<b>2<sup>ème</sup> échantillon</b>	<b>3<sup>ème</sup> échantillon</b>	<b>Ouvrage</b>	<b>Normes Algériennes</b>
<b>Coliformes totaux à 37 °C / 100ml</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Coliformes fécaux / 100ml</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Streptocoques fécaux</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Clostridium sulfito-réducteurs</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Germes Totaux à 37°C</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>10</b>
<b>Germes Totaux à 22°C</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>100</b>
<b>Staphylocoques</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>Absence</b>
<b>Taux de Chlore</b>	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	<b>5 mg/l</b>

### 3.2. Discussions :

- Les analyses bactériologiques des eaux sont plus importantes pour la protection publique, elles permettent de détecter les bactéries qui présentent un risque pour la santé.
- Les résultats des différents prélèvements dans les différentes zones montrent une absence totale de tous les germes dans l'eau traitée destinée aux consommateurs, ce qui peut être justifiée par l'efficacité de traitement (désinfection par le chlore) ; et le bon état des conduites qui ne présentent pas de fuites, susceptibles de contaminer l'eau avant l'arrivée au consommateur.

**Tableau N°12:** Les résultats des paramètres bactériologiques de l'eau destinée à la consommation au niveau de la commune de Khmisti et son ouvrage (forage Ain Tokria).

Paramètres bactériologiques	1 <sup>er</sup> échantillon	2 <sup>ème</sup> échantillon	3 <sup>ème</sup> échantillon	Ouvrage	Normes Algériennes
Coliformes totaux à 37 °C / 100ml	22	09	09	30	Absence
Coliformes fécaux / 100ml	00	00	00	00	Absence
Streptocoques fécaux	00	00	00	00	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs	00	00	00	00	Absence
Germes Totaux à 37°C	510	342	220	00	10
Germes Totaux à 22°C	00	00	00	00	100
Staphylocoques	330	293	00	00	Absence
Taux de Chlore	00	0.1	0.1	0.5	5 mg/l

#### Discussion :

Les résultats obtenus montrent la présence des coliformes totaux, des germes totaux et des staphylocoques et l'absence de *Clostridium sulfito-réducteurs*, des coliformes fécaux et des streptocoques; ce qui montre que cette eau est de mauvaise qualité bactériologique (due à la diminution du taux de chlore au cours du transport de l'eau dans les conduites à cause de la présence des fuites ou bien du biofilm).



# *Conclusion*

## **Conclusion :**

L'eau constitue un élément essentiel pour l'organisme humain et sa consommation journalière partout implique une surveillance étroite tant sur le plan organoleptique, physico-chimique et bactériologique.

L'étude menée au cours de ce travail qui a pour but d'évaluer la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique des anciens réseaux de la Wilaya de Tissemsilt.

Il en ressort de cette étude que :

Du point de vue organoleptique, les échantillons prélevés sont clairs ne présentent ni odeur ni saveur désagréable.

Du point de vue physico-chimique, l'ensemble des résultats obtenus répondent aux normes algériennes sauf pour les sulfates qui présentent une augmentation légère marquée au niveau de la commune lardjeme (rue 1<sup>er</sup> novembre).

Du point de vue bactériologique, les résultats obtenus au niveau de trois régions : de cité 20 Août 1955 de laayoune, cité 126 logts de Tissemsilt, rue 1<sup>er</sup> novembre de lardjeme montrent l'absence de tous germes indicateurs de pollution tels que les Coliformes fécaux, les Streptocoques fécaux et les Clostridium sulfito-réducteurs. Il s'agit donc des eaux de bonne qualité bactériologique. La commune de khmisti présente un taux élevé de germes totaux, des coliformes totaux et de staphylocoques dépassant la norme de potabilité prouve la mauvaise qualité bactériologique, cette contamination peut être due à un mélange de ces eaux avec les eaux usées, ou à des ruptures dans les conduites ou à cause du biofilm dans les canalisations.

Les résultats concernant la biocorrosion à savoir le fer, l'aluminium et les bactéries *Clostridium sulfito-réducteurs* sont révélées négatifs.

*Références*  
*Bibliographiques*

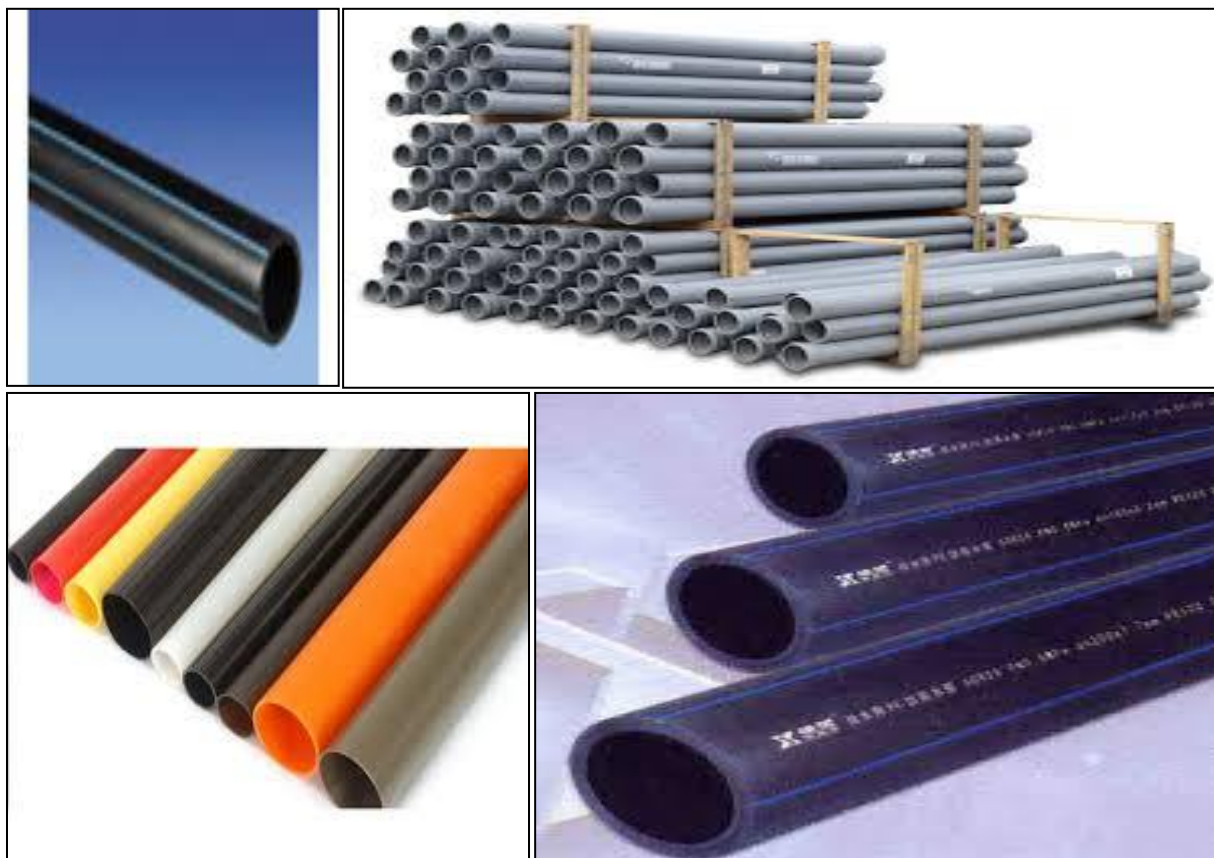
- **ADE. (2008).**
- **ADE. (2009).** Manuel algérienne des eaux.
- **Benchenouf. L et Melazem. M. (2014).** Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de source de TOUSSNINA (Lejdar). Thèse Ing INES Agro-Vét, Tiaret, 10-12p.
- **Blieffert et Perraud. (2001).** Chimie de l'environnement air, eau, sol, déchets. Tome I. Ed de BOECK et Larcier.477p.
- **Bontoux, J. (1993).** Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. 2<sup>ème</sup> édition. Cebedoc. P : 81-82-120.
- **Bouziani. (2000).** L'eau de pénurie aux maladies. Ed : Ibn Khaldoun. Alger. P 247.
- **Briere, F.G. (2000).** Distribution et collecte des eaux. 2<sup>ème</sup> édition : École Polytechnique de Montréal .P :299-300.
- **Dabos, F. Baroux, Béranger. (1994).** Corrosion localisé. P 06-70-74.
- **Direction de l'Hydraulique. (2015).**
- **Eisenbeis, P. (1994).** Equipements pour l'eau et l'environnement N°17 (modalisation statique de prévision des défaillances sur les conduites d'eau potable. CEMAGREF ENGEES. P23-25-29.
- **Encyclopédie Médical. (1997).**
- **Fanny, G. (2002).** Biofilm et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution. Mémoire de DESS. Université de Picardie-Amiens de France. P69.
- **Formation I.P.A. (2015).**
- **Gaujour, D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. 2<sup>ème</sup> édition. Lavoisier. P 49.
- **Hubert, P et Marin. M. (2001).** Quelle eau boirons-nous demain ? Edition: Fabienne Travers. P64 - 124.
- **Journal Officiel de la République Algérienne N° 17. (2006) : Arrêté interministériel du 22 DhouEl Hidja 1426 correspondant au 22 janvier 2006** fixant les proportions d'éléments contenus dans les eaux minérales naturelles et les eaux des sources ainsi que les conditions de leur traitement ou les adjonctions autorisées.
- **Lagreb, H et Semane, S. (2007).** Etude de la qualité des eaux potable de la ville de Djelfa.
- **Lahlouh, M et Naima, K. (2010).** Évaluation du traitement des eaux effectuées au niveau de la station de traitement de Kodiéte Rosfa-Tissemsilt. Thèse Ing INES Agro-Vét. Tiaret. P.
- **Lanteigne, J. (2003).** Encyclopédie de l'agora.
- **Laura. S, (2001).** Chimie des milieux aquatiques. 3<sup>ème</sup> édition. P 425.

- **Levi, Y. Kiene, I et Piriou, P.H. (1994).** Gestion d'un réacteur complexe, le réseau de distribution d'eau potable colloque « Mieux gérer l'eau » Hydro top Marseille. France. P94.
- **Louchet, P. (1985).** Office international de l'eau (l'entretien des réseaux d'eau). P140.
- **Louis Chaussade. J et Mestrallet. G, (2005).** Mémento technique de l'eau.
- **Mairif, A. Senouci, A et Zeraoula, A. (2010).** L'effet des conduites de l'eau potable sur la santé publique. Thèse Ing INES Agro-Vét. Tiaret. P 2-3.
- **OMS (2000):** Directive de qualité de l'eau. 2<sup>ème</sup> Ed. Genève. 76p.
- **Rodier, J. (2005).** L'analyse de l'eau, 8<sup>ème</sup> édition. Ed DUNOD. Paris. P1384.
- **Sari, H. (2014).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de la source « attar » (Tlemcen). Mémoire Master en sciences des aliments. Tlemcen. P11-13.
- **Tir, H et Chahbi, T. (2009).** Caractérisation et essai de traitement des eaux résiduaires d'une industrie textile (SOFACT- Tissemsilt) par une boue de laiterie. Thèse Ing INES Agro-Vét. Tiaret. P 24.

# *Annexes*

Annexe N°01 : Différents types des conduites

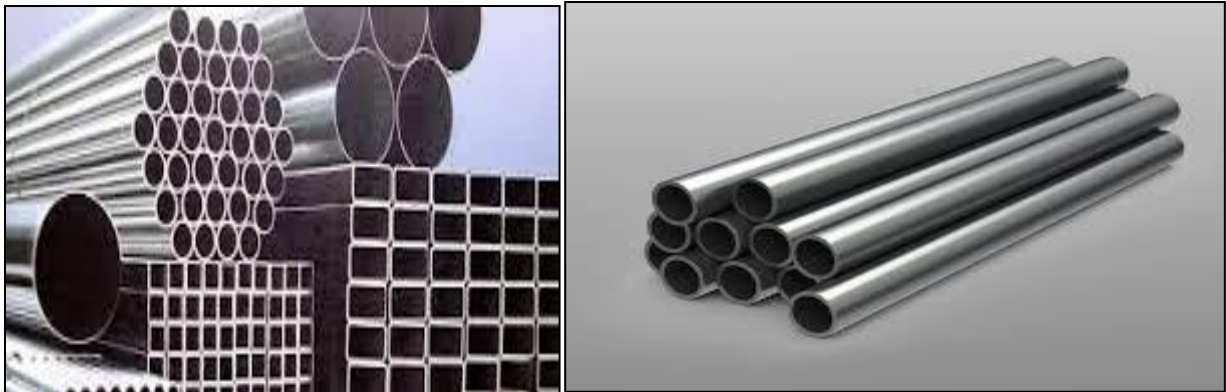
1. Tubes en PVC et PE



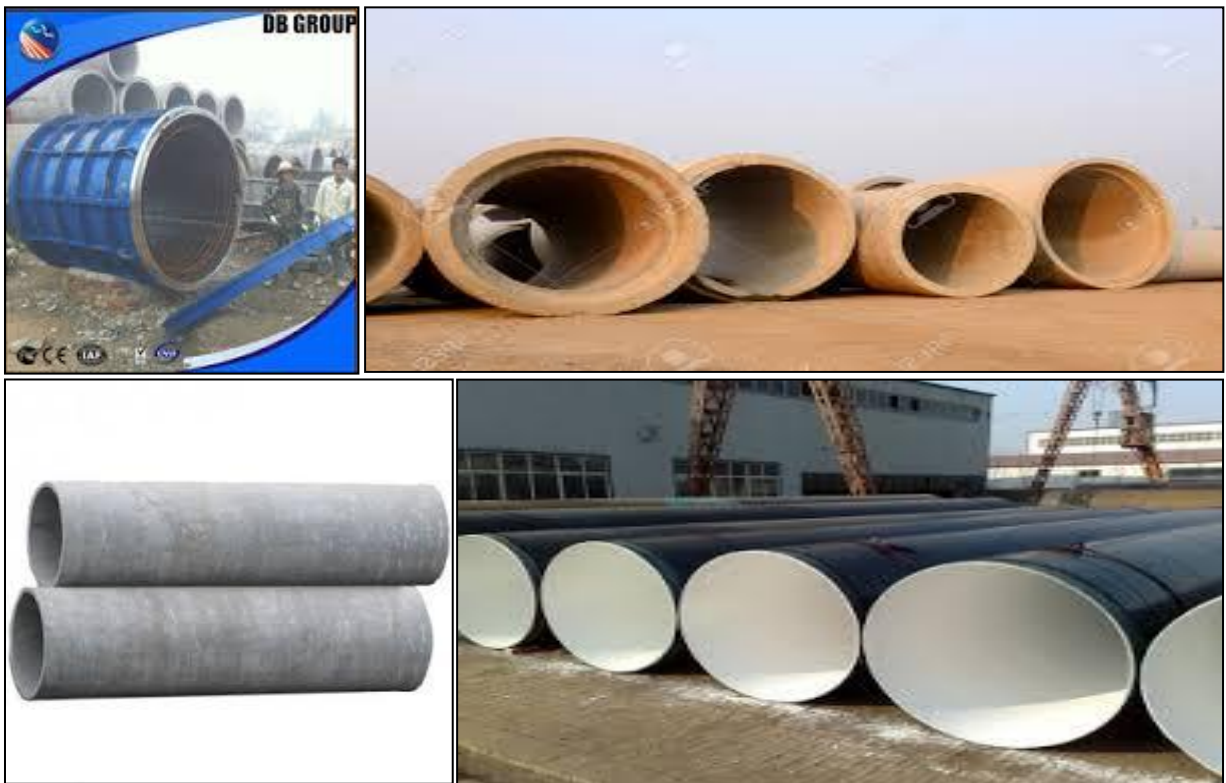
2. Tubes en PEHD



### 3. Des conduites en matériaux ferreux



### 4. Tubes à base de ciment.





*Annexe N°02* : Les méthodes de nettoyage des canalisations

## **A. NETTOYAGE A L'EAU**

### **Domaine d'application :**

Dépôts boueux ou oxydes peu incrustants  $D < 100$  mm.

### **Principe:**

Accélération de la vitesse de l'eau par ouverture d'un exutoire du réseau.

## **CAS DE L'HYDROCURAGE**

Ce procédé de nettoyage est généralement utilisé en assainissement mais peut également servir au ramonage des conduites d'eau sous pression, grâce à un équipement d'hydrocurage (boude d'hydrocurage et alimentation par tuyaux flexibles).

### **Domaine d'application :**

Élimination de dépôts non ou faiblement incrustés.

### **Principe :**

Le ramonage hydraulique consiste à chasser violemment par projection d'eau sous pression les matières décantées vers un puits de travail aux fins d'extraction.

L'hydrocurage se réalise sur un tronçon vidangé, sectionné à ses deux extrémités afin de constituer deux puits de travail.

## **B. NETTOYAGE PAR UN MELANGE AIR-EAU**

### **Domaine d'application :**

Matières en suspension ou dépôts facilement décrochables  $D < 200$ mm.

### **Principe :**

L'injection d'un mélange d'air (refroidi et filtré) et d'eau génère dans la conduite des phénomènes turbulents importants et permet ainsi le décrochage des dépôts (phénomène piston eau/air/eau).

Ce procédé est rapide et ne nécessite aucune désinfection après intervention, si l'on opère avec précaution.

## **C. NETTOYAGE PAR RACLEURS :**

### **C1. Racleurs rigides :**

#### **Domaine d'application :**

Enlèvements des dépôts boueux et élimination des pustules de corrosion  
80 mm < D < 1500 mm

#### **Principe :**

Introduction dans la conduite d'un racleur rigide qui se déplace grâce à la pression de l'eau. Nécessité de mettre en place un équipement de réception et d'introduction du racleur.

Le rinçage est nécessaire après intervention, la désinfection de la conduite ne s'avère pas indispensable si l'on opère la désinfection du bouchon racleur à l'introduction et si l'on travaille dans des conditions de propretés adéquates.

### **C2. Racleurs souples :**

#### **Domaine d'application :**

Simple nettoyage (enlèvements des dépôts sableux ou boueux).

#### **Principe :**

Identique aux racleurs rigides, l'introduction et le retrait du racleur s'effectuent plus simplement à partir d'une bouche ou d'un poteau d'incendie (désinfection préalable du racleur).

Le rinçage est nécessaire après intervention.

L'intervention sur le réseau est moindre qu'avec des racleurs rigides, il est donc beaucoup plus facile de garantir la non-contamination et de s'affranchir avec cette technologie de l'opération de désinfection.

## **D. NETTOYAGE MECANIQUE :**

### **Domaine d'application :**

Tous types de dépôts et d'incrustations.

### **Principe :**

Tringlage par un outil en acier entraîné en rotation et poussé par une tringle en acier.

Toute opération de nettoyage doit être précédée d'un avis auprès des consommateurs les informant de l'intervention sur le réseau et les invitant de s'abstenir de tout soutirage.

Pour être efficace, le nettoyage des canalisations doit répondre à certaines exigences :

- Le bon état de la canalisation (intérieur et extérieur).
- La recherche d'une solution à la cause du problème, en particulier en cas de corrosion.

Il faut en effet signaler qu'un nettoyage de conduite (racleurs rigides ou curage mécanique) peut engendrer la réapparition du phénomène de coloration de l'eau après un court délai sous une forme encore plus prononcée.

Il convient alors soit de mettre en œuvre à l'amont un traitement de l'eau adapté (reminéralisations par exemple) soit de protéger la canalisation par un revêtement interne ou une autre technique de réhabilitation.

*Annexe N°04* : Images correspondant à des canalisations avec biofilm et/ ou corrosion.



**Fonte ductile**



**Acier**



**PE : poly éthylène**



**Fonte grise**



**Canalisation à base de ciment**



**Cuivre**



**PVC**



**Galvanisé**

*Annexe N°05* : Composition des milieux de culture.

**Composition du milieu SLANETZ et BARTELY :**

Tryptose.....	20g
Extrait de levure.....	5g
Glucose.....	2g
Phosphate disodique .....	4g
Azide de sodium.....	0,4g
Chlorure de tétrazolium (TCC).....	0,1g
Gélose.....	14g

pH 7,2. Porter à ébullition pendant 2 minutes (ne pas autoclave). Répartir en boîte de pétri.

**Préparation de la gélose SLANETZ et BARTLEY:**

- faire fondre la gélose.
- laisser refroidir à la température 45°C.
- rajouter l'additif
- couler dans des boites de 90 mm de diamètre.
- conserver les boites à + 4°C.

**Composition du milieu VF- sulfito- réducteurs (gélose viande –foie pour germes sulfito-  
réducteurs) :**

Extrait viande foie.....	30g
Glucose.....	2g
Amidon.....	2g
Gélose.....	12g

pH 7,6. Autoclave 20 minutes à 115°C. Ajouter 0,5 ml de sulfite de sodium et 4 gouttes de citrate de fer ammoniacal (alun de fer).

**Composition du milieu chapman (bouillon pour l'enrichissement des staphylococcus) :**

Peptone.....	10g
Extrait de viande.....	6g
Protéose peptone.....	10g
Chlorure de sodium.....	150g
Lactose.....	15g
Gélose .....	1g

pH 7,4. Répartir en tubes à essais (100ml). Autoclave 20 minutes à 115°C. Ce milieu peut être préparé à double concentration en multipliant par deux les quantités ci –dessus.

**Composition du milieu TGEA (Tryptone Glucose Extract Agar) :**

Peptone de caséine .....5g

Extrait de viande ..... 3g

Glucose .....1g

Agar-agar .....15g

pH 7. Autoclave 15 minutes à 120 °C.

### ***Résumé :***

Parmi les ressources naturelles que la terre contient, l'eau qui est essentielle à la vie.

Le but de notre travail est d'étudier l'effet des anciens réseaux de distribution de l'eau potable sur la qualité des eaux de la wilaya de Tissemsilt.

A cet effet, des analyses physico-chimiques et bactériologiques ont été effectuées sur des échantillons de quatre points différents : le premier de la commune de lardjem, le deuxième de la commune de khmisti le troisième de la commune de Tissemsilt et pour le quatrième, c'est de la commune de laayoune.

Les résultats obtenus sont comparés aux normes algériennes qui montrent que les conduites influent légèrement sur la qualité des eaux sauf la commune de khmisti qui présente un taux élevée des bactéries à cause de la biofilm et la diminution du taux de chlore au niveau des conduites.

**Mots-clés :** réseau, distribution, normes, corrosion, biofilm.

## الملخص:

يعتبر الماء من بين الموارد الطبيعية التي تزخر بها الأرض و هو ضروري للحياة.

الهدف من عملنا هو دراسة تأثير أنابيب شبكات التوزيع القديمة لمياه الشرب على نوعية المياه لولاية تيسمسيلت.

لهذا الغرض قمنا بدراسة فيزيوكيميائية و بكتيريولوجية لأربع عينات من نقاط مختلفة : العينة الأولى من بلدية لرجام، الثانية من بلدية خميستي، الثالثة من بلدية تيسمسيلت والرابعة من بلدية العيون.

مقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع المعايير الجزائرية بينت أن أنابيب التوزيع تؤثر بنسبة طفيفة على نوعية المياه، ماعدا بلدية خميستي التي بها نسبة عالية من البكتيريا بسبب البيوفيلم و نقص الكلور في أنابيب النقل.

**كلمات مفتاحية :** شبكة، التوزيع، المعايير، الصدأ، البيوفيلم.