

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie Animale et Végétale



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme Master en Biologie

Spécialité : Protection de l'environnement

Thème

**Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et
bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes**

« Abi Youcef- Yakourene- Bouzeguene »

Wilaya de Tizi-Ouzou

Réalisé par :

AIT ABDELAZIZ Fatma

BEN HAMLAT Fatima

Devant le jury :

M^{me} METNA F.	Présidente de jury	Maître de conférences (B) UMMTO
M^{me} LARDJANE N.	Promotrice	Maître de conférences (A) UMMTO
M^r KHEDDACHE A.	Examineur	Maître assistant (A) UMMTO
M^{me} TALEB K.	Examinatrice	Maître de conférences (B) UMMTO

Année universitaire : 2015-2016

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biologie Animale et Végétale



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du Diplôme Master en Biologie

Spécialité : Protection de l'environnement

Thème

**Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et
bactériologiques de trois sources d'eau de trois communes**

« Abi Youcef- Yakourene- Bouzeguene »

Wilaya de Tizi-Ouzou

Réalisé par :

AIT ABDELAZIZ Fatma

BEN HAMLAT Fatima

Devant le jury :

M^{me} METNA F.	Présidente de jury	Maître de conférences (B) UMMTO
M^{me} LARDJANE N.	Promotrice	Maître de conférences (A) UMMTO
M^r KHEDDACHE A.	Examineur	Maître assistant (A) UMMTO
M^{me} TALEB K.	Examinatrice	Maître de conférences (B) UMMTO

Année universitaire : 2015-2016



Remerciement

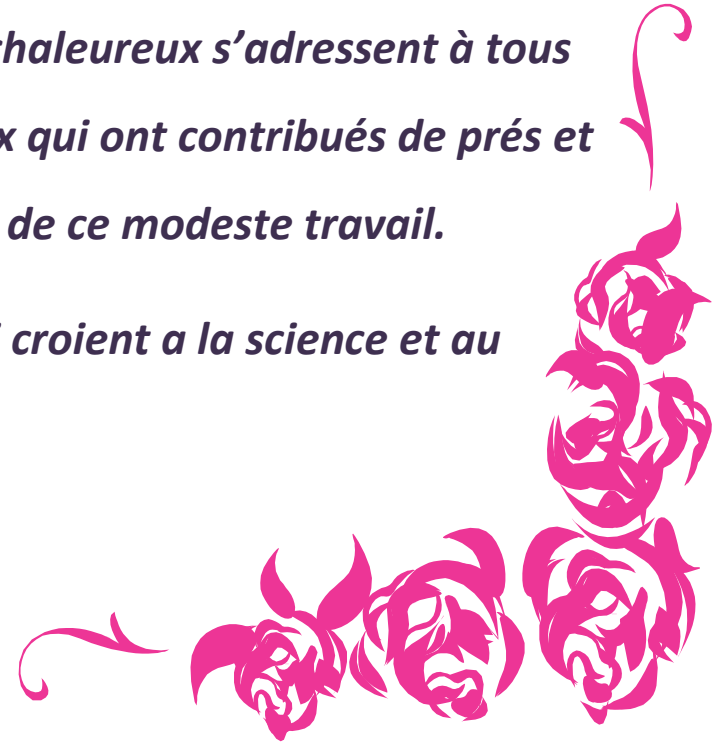
***Nous remercions notre DIEU qui nous à aidé à faire ce
modeste travail.***

***Nous tenons à remercier vivement notre dévouée
promotrice Mme Lardjane.N pour son encadrement et pour
sa contribution à travers sa disponibilité, son temps et son
expérience.***

***Nous remercions vivement les membres de jury qui nous
ferons l'honneur d'évaluer notre travail.***

***Nos remerciements les plus chaleureux s'adressent à tous
(tes) nos amis (es) et tous ceux qui ont contribués de près et
de loin à la réalisation de ce modeste travail.***

***Nous remercions tous ceux qui croient a la science et au
Savoir.***



Dédicace



Je tiens à dédier ce travail à:

***Ma mère**, qui est la lumière de notre maison ;*

***Mon père**, qui est le guide de réussite dans ma vie.*

Je dédie aussi aux personnes qui sont chères à mon cœur parmi lesquelles :

Ma chère sœur :

Tania

Mon cher frère :

Samy

. A la mémoire de mes grands-parents maternels et paternel

*A ma grand-mère **Ouisa***

*A mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines chacun son nom et
particulièrement notre petite **Nadine***

*A mes copines, particulièrement **Tassadit** et tous mes amis d'entre eux **Toufik***

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de loin ou de près



FATMA



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à

- ✓ *Ma mère, Mon père*
- ✓ *Mes chers frères :Mouloud, Fawzi, Souhil, Zahir*
- ✓ *Ma chère sœur Samira, son époux Mohand et mes anges : Dyhia, Nina, Cylia, Ouali*
- ✓ *Mes cousins, cousines et leurs enfants*
- ✓ *Mes copines surtout :Naima, Lydia, Zahia, Sadia*
- ✓ *Toute personne qui m'apprecie*

fatima



Liste des abréviations

F° : Degré français.

ADE : Algérienne des Eaux.

ASR : Anaérobies Sulfito-Réducteurs.

BCPL : Bouillon lactose au pourpre de boromocresol.

CSR : *Clostridium* sulfito-réducteurs.

EDTA : Acide Ethylène Diamine Tétracétique.

ISO : Organisation Internationale de standardisation.

MES : Matières en suspension.

MTH : Maladies à transmission Hydrique.

N.A : Norme Algérienne.

NPP : Nombre le Plus Probable.

NTU : Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS : Organisation Mondiale de la santé.

PCA : Plate Count Agar.

Pt/ CO : Platine cobalt.

TA : Titre Alcalimétrique.

TAC : Titre Alcalimétrique Complet.

TDS : Solides Glucose Extrait d'Agar.

TH : Titre Hydrotimétrique.

UFC : Unité Formant Colonies.

VF : Viande-Foie.

Liste des figures

Figure 1 : Cycle de l'eau	5
Figure 2 : Carte géographique des trois régions d'études	30
Figure 3 : Photo de la source Thala Thabarkant (village Ait Said).....	31
Figure 4 : Photo de la source Abi youcef	33
Figure 5 : Photo de la source de Yakourene.....	35
Figure 6 : Valeurs du pH enregistrés dans les trois sources d'eau.....	50
Figure 7 : Valeurs de la température pour les trois sources d'eau	51
Figure 8 : Valeurs de la conductivité pour les trois sources d'eau.....	52
Figure 9 : Valeurs de la turbidité pour les trois sources d'eau	53
Figure 10 : Valeurs des Résidus sec en (mg/l) pour les trois sources d'eau	54
Figure 11 : Valeur de la dureté calcique et dureté magnésienne.....	55
Figure 12 : Valeurs du Sodium dans les trois sources d'eau.....	56
Figure 13 : Valeurs du potassium pour les trois sources d'eau	57
Figure 14 : Valeurs des chlorures pour les trois sources d'eau	57
Figure 15 : Concentration en sulfates pour les trois sources d'eau	58
Figure 16 : Valeurs des teneurs en carbonates pour les trois sources d'eau	59
Figure 17 : Valeurs de la dureté totale	60
Figure 18 : Valeurs du fer pour les trois sources	61
Figure 19 : Résultats des paramètres de pollution pour nos échantillons	62
Figure 20 : Classification des eaux selon Stabler.....	64

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux superficielles et eaux souterraines	7
Tableau 2 : Effets des polluants sur la santé humaine	14
Tableau 3 : Maladies d'origine bactérienne	17
Tableau 4 : Infections d'origine parasitaire transmise par l'eau	17
Tableau 5 : les principales maladies virales et leurs agents pathogènes	18
Tableau 6 : Classification des eaux selon leur pH	21
Tableau 7 : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité	22
Tableau 8 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs	23
Tableau 9 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques	38
Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologique des trois sources d'eau	66
Tableau 11 : Résultats bactériologiques des eaux selon l'institut Pasteur d'Algérie	68

Introduction	1
---------------------------	----------

Première partie : partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur l'eau

I-1-Définition de l'eau.....	3
I-2-Propriétés de l'eau	3
I-3-L'eau brute	3
I-4-L'eau potable.....	3
I-5-Le cycle de l'eau	4
I-6-Répartition de l'eau sur le globe	5
I-7-Les réservoirs de l'eau	6
I-8-Comparaison entre les eaux de surface et souterraines	6
I-9-Les eaux de sources.....	8
I-10-Les différents types de sources	8
I-11-Traitement de l'eau de source	8
I-12-Législations	9

Chapitre II : Pollution des eaux

II-1-Définition de la pollution	10
II-2-Définition de la pollution de l'eau	10
II-3-Les origines de la pollution	10
II-4-Les différentes formes de pollution	11
II-5-Les différents types de pollution des eaux	12
II-5-1-La pollution physique	12
II-5-2-La pollution chimique	12
II-5-3-La pollution organique.....	12
II-5-4-La pollution biologique	13

II-6-Mode de contamination des eaux	13
II-7-Effet de la pollution	14

Chapitre III : L'eau et les maladies

III-1-Maladies d'origine hydrique	16
III-1-1-Maladies d'origine bactérienne	16
III-1-2-Maladies d'origine parasitaire	17
III-1-3-Maladies d'origine virale.....	18
III-2-La virologie des milieux hydriques	18

Chapitre IV : Paramètres et qualités d'une eau potable

IV-1-Les paramètres organoleptiques	20
IV-2-Les paramètres physicochimiques.....	20
IV-3-Les minéraux de l'eau	23
IV-3-1-Cations.....	23
IVI-3-2-Anions	24
IV-4-Eléments considérés comme indésirables	25
IV-5-Eléments considérés comme toxiques.....	26
IV-6-Caractères bactériologiques.....	27
IV-6-1-Microflore de l'eau.....	27
IV-6-2-Les principaux germes recherchés dans l'eau	28

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et Méthodes

I-Présentation des régions d'étude	30
I-1-Présentation de la région de Bouzeguène.....	30
I-2-Présentation de la région d'Abi youcef	32
I-3-Présentation de la région de Yakourene	34

II-Matériels et méthodes	36
II-1-Echantiollonage.... ..	36
II-2-Méthodes d’analyses physico-chimiques.....	39
II-2-1-Méthodes d’analyse de la minéralisation globale.....	40
II-2-2-Méthodes d’analyse des paramètres de pollution	42
II-3-2-Méthode d’analyse des éléments indésirables	44
II-3-Méthodes d’analyses bactériologiques	45

Chapitre II : Résultats et Interprétation

I-Interprétation des résultats physico-chimiques.....	49
I-1-Les paramètres physico-chimiques	49
I-2-Les paramètres de la minéralisation globale	54
I-3-Les paramètres indésirables	60
I-4-Les paramètres de pollution	61
I-5-Classification des Trois sources d’eau	63
Conclusion.....	64
II-Interprétation des résultats bactériologiques	65
Conclusion.....	67
Conclusion	69

Bibliographie

Annexes

Introduction Générale

Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI^e siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît. Or l'eau est une ressource qui n'est pas aussi inépuisable qu'il apparaît et on constate de plus en plus de déséquilibre entre les quantités disponibles et la consommation par l'Homme (ROUGIER et WACKERMANN, 2009).

En effet dès le XIX^e siècle, le souci de protection de la santé publique avait montré la nécessité de préserver les ressources et de maintenir la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (REJSEK, 2002).

Le changement climatique et l'augmentation de la pollution des sources d'eau douce contribuent à la réduction du volume d'eau de consommation dans le monde. Environ 1,5 milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable dans le monde (OMS, 2006). Environ 2,3 milliards de personnes souffrent de maladies liées à la qualité de l'eau telles que les gastroentérites, Choléra et Hépatite...etc.

Le présent travail consiste à effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou :

-Thala Thabarkant;

-Thala N-doua;

-Abi youcef.

Le but de cette étude est de contrôler la potabilité de ces sources selon la réglementation Algérienne en vigueur, étant donné qu'une partie de la population la consomme et la considère comme eau « potable » et « minérale ».

Cette étude est structurée en deux parties

- ❖ La partie bibliographique qui comporte quatre chapitres : le premier chapitre rassemble quelques généralités sur l'eau, le second chapitre traite la pollution des eaux, le troisième chapitre décrit les maladies liées à l'eau et enfin le quatrième chapitre est consacré aux paramètres et qualité d'une eau potable.

-
- ❖ La partie expérimentale est partagée en deux chapitres ; le premier chapitre est consacré aux matériels utilisés et les méthodes suivies, le deuxième chapitre comporte les résultats obtenus et leurs interprétations. Enfin nous terminons par une conclusion générale résumant les différents résultats et quelques recommandations.

Partie Bibliographique

Chapitre I

Généralités sur l'eau

I-1-Définition de l'eau

L'eau est un liquide incolore, inodore, sans saveur et de pH neutre (PERRY, 1984). C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (BERNARD, 2007). La molécule d'eau H_2O est présente dans notre vie quotidienne sous trois phases : liquide, solide et sous forme de vapeur. La valeur de l'eau est inestimable, première ressource minérale du monde, sa protection et sa gestion sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal (ROUX, 1995).

I-2-Propriétés de l'eau

La molécule d'eau H_2O formée de deux atomes d'hydrogène accrochés à un atome d'oxygène par une liaison hydrogène. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant, elle solubilise de nombreux corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro chargés (MICHARD, 2002).

L'eau s'allie avec certains sels pour former des hydrates et réagit avec des oxydes de métaux pour former des acides. Elle est utilisée comme catalyseur dans de nombreuses réactions chimiques importantes (ANNONYME, 2006).

I-3-L'eau brute

Selon Bordet toutes les eaux brutes ne peuvent pas être utilisées pour produire de l'eau potable (BORDET, 2007).

L'eau brute traitée pour devenir potable provient des nappes aquifères et des eaux superficielles : sa composition et ses propriétés sont donc très diverses. Elle peut contenir toutes sortes de contaminants, tels que microorganismes pathogènes ou non, composés organiques ou inorganiques, dissous ou en suspension, composés chimiques inoffensifs ou toxiques, la composition et les propriétés de l'eau brute sont donc les facteurs qui détermineront son traitement (ADRIAN et al ; 2010).

I-4-L'eau potable

Une eau potable est une eau dont la composition et les qualités sont telles qu'elles ne puissent porter atteinte à la santé des consommateurs (GRASCLAUD, 1999).

L'Organisation Mondiale de la Santé définit l'eau potable comme étant celle dont la consommation est sans danger pour la santé. Pour que l'eau soit qualifiée de potable, elle doit satisfaire à des normes relatives aux paramètres organoleptiques (couleur, turbidité, odeur, saveur), physico-chimiques (température, pH, etc.), microbiologiques (coliformes fécaux et totaux, streptocoques fécaux, etc.) et à des substances indésirables et toxiques (nitrates, nitrites, arsenic, plomb, hydrocarbures, etc.). Pour chaque paramètre, des valeurs limites à ne pas dépasser sont établies. Le fait qu'une eau soit potable ne signifie pas qu'elle soit exempt d'agents pathogènes mais que leur teneur a été jugée insuffisante pour déclencher une maladie.

I-5-Le cycle de l'eau

Le cycle de l'eau, appelé aussi cycle hydrologique, est l'ensemble des cheminements que peut suivre une particule d'eau. Ces mouvements, accompagnés de changements d'état, peuvent s'effectuer dans l'atmosphère, à la surface du sol et dans le sous-sol. L'eau peut être stockée temporairement dans le sol, lac et rivière pour s'évaporer et se condenser en nuages et retomber sur le continent et les océans, sous forme de précipitation (pluie ou neige) qui, finalement s'écoule et ruisselle pour être de nouveau stockée ou s'évaporer dans l'atmosphère.

La figure ci-dessous représente le cycle de l'eau.

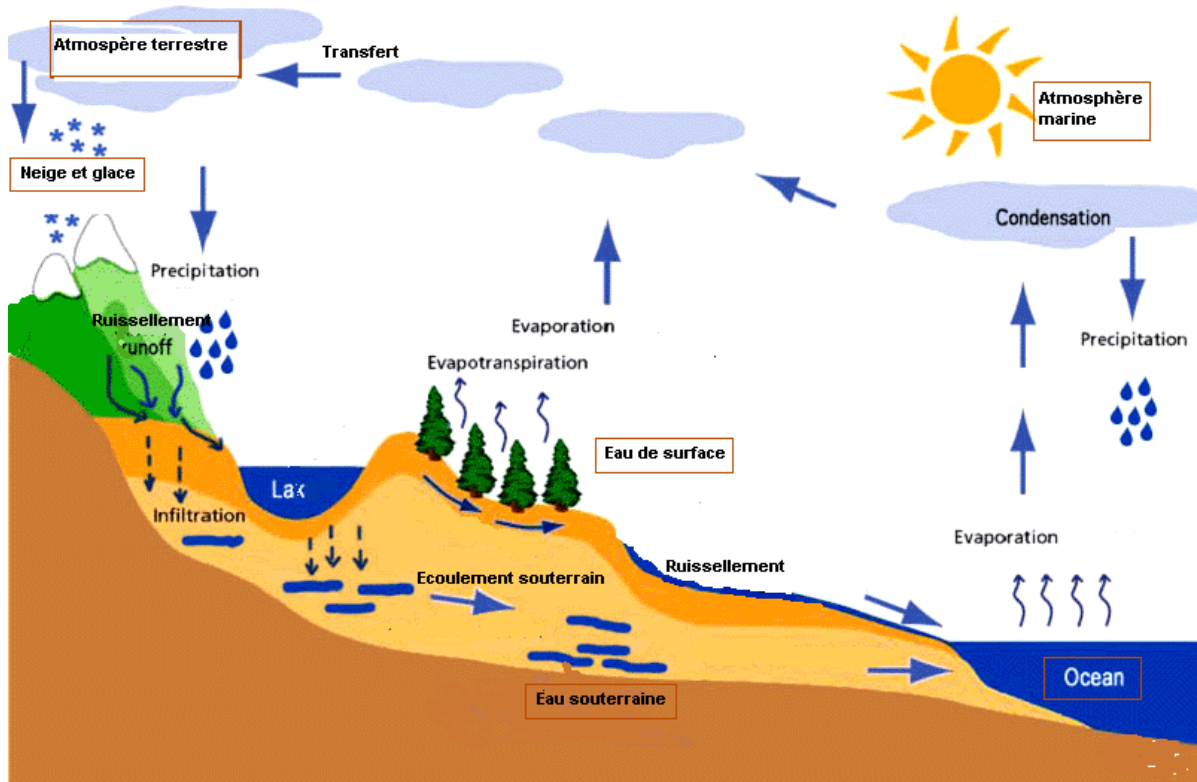


Figure 1 : Cycle de l'eau (site internet)

I-6-Répartition de l'eau sur le globe

L'eau est en effet la substance minérale la plus répandue à la surface du globe, dont le volume total est estimé 1400 millions de Kilomètres cubes, est répartie dans cinq réservoirs « interconnectés » dont l'ensemble constitue l'hydrosphère.

Les océans et les mers contiennent à eux seuls 1350 millions de Kilomètres cubes d'eau, soit 97% du volume total occupant 71% de la superficie de la planète. Les eaux douces continentales ne représentent que 2,5% de la masse totale. Elles se répartissent en glaces polaires et de montagne, avec 28 millions de kilomètres cubes (2%), eaux souterraines (0.76%) et fleuves et rivières (0.009%). La différence est contenue dans l'atmosphère et la biosphère.

I-7-Les réservoirs de l'eau

Les réservoirs disponibles d'eaux naturelles sont constitués des eaux souterraines (infiltration, nappes), des eaux de surface stagnantes (lacs, retenus de barrages) ou en écoulement (rivière, fleuves) et les eaux de mer.

❖ Les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents. Elles ont pour origine, soit des nappes souterraines dont l'émergence constitue une source, soit les eaux de ruissèlement. Les eaux de surface sont rarement potables, elles peuvent véhiculer des microorganismes et des polluants chimiques d'où la nécessité d'un traitement adopté avant leur utilisation (DEGREMONT, 2005).

❖ Les eaux souterraines

Les eaux souterraines, enfouies dans le sol, sont habituellement à l'abri des sources de pollution, elles ont une double appartenance, font parties du cycle de l'eau et du sous-sol. Les eaux souterraines sont liées aux eaux de surfaces et s'interpénètrent continuellement dans l'espace et dans le temps à la faveur d'infiltration et de drainage. Les eaux souterraines répondent naturellement aux normes de potabilité (BAHIR et MENNANI, 2002).

❖ Les eaux de mer

Elle constitue la majeure partie des réservoirs du globe, cependant du fait de sa forte salinité qui se situe entre 34 et 37g/l (DEGREMONT, 2005). Les eaux de mer sont des sources d'eau brute qu'on utilise que lorsqu'il n'y a pas de moyen de s'approvisionner en eau douce (DESJARDIN, 1997).

I-8-Comparaison entre les eaux de surface et souterraines

Les eaux souterraines présentent plusieurs caractéristiques qui les différencient des eaux de surfaces, les principales différences sont mentionnées dans le tableau 1.

Tableau1 : Principales différences entre les eaux superficielles et eaux souterraines (DEGREMONT, 2005)

Caractéristique	Eaux superficielles	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf en terrain karstique)
Couleur	Liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques)	Liée surtout aux matières en solution (acides humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn)
Gouts et Odeurs	Fréquents	Rares (sauf H ₂ S)
Minéralisation globales	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets...)	Sensiblement constante ; en générale, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe et Mn divalents (à l'état dissous)	Généralement absents, sauf en profondeur	Généralement présents
CO ₂ agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O ₂ dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas d'eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H ₂ S	Généralement absent	Souvent présent
NH ₄	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Nitrate	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne
Silice	teneur en générale modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Solvants chlorés	Rarement présents	Peuvent être présents (pollution de la nappe)
Eléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), virus, plancton (animal et végétal)	Ferro bactéries et sulfatoréductrices fréquentes
Caractère eutrophe	Possible : accentué par les températures élevées	Non

I-11-Les eaux de sources

Une eau de source selon le décret 89-369 du 06juin1989 relatifs aux eaux minérales naturelles et eaux potables pré-emballés ; est une eau d'origine souterraines microbiologiquement saine et protéger contre les risques de pollution, aptes à la consommation humaine.

I-12-Les différents types de sources

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus fréquemment rencontrées dans les régions montagneuses. On distingue trois types de sources :

❖ Sources d'affleurement

Pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméable dans la vallée (au pied de la pente) (BOUZIANI, 2000).

❖ Source d'émergence

Emergence ou artésiennes, elles sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces ressources sont plus susceptibles de tarissement). Le débit d'une source artésienne est en principe uniforme et presque constant durant toute l'année (BOUZIANI, 2000).

❖ Sources de déversement

Elles naissent sur les pentes ou des grandes hauteurs (au dessus du fond de la vallée), généralement leur débit est faible (BOUZIANI, 2000).

I-11-Traitement de l'eau de source

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, le fer, et le manganèse) sont :

L'aération, la décantation et la filtration (LUNC et LAGRADETTE ,2004).

I-12-Législations

L'eau doit répondre à des normes préétablies qui fixent les concentrations « seuil » à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y'être présentes. Cependant, bien qu'une eau potable soit conforme aux normes, cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit indemne de ces substances, mais que leur teneur est assez faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (BERGER, 2004).

La norme est représentée par une valeur chiffrée, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser pour une substance donnée, ou une limite inférieure à respecter, exemple

$[\text{NO}^3] = 50\text{mg/l}$ ou encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (Anonyme, 2006).

Loi N° 5-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 aout 2005 relative à l'eau.

- Art.111._ Au sens de la présente loi, on entend par eau de consommation humaine toute eau destinée à :
 - La boisson et aux usages domestiques ;
 - La fabrication des boissons gazeuses et de la glace ;
 - La préparation au conditionnement et à la conservation de toutes denrées alimentaires
- Art.69.Les ressources en eau souterraines et superficielle sont soumises à des contrôles de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques.

Les conditions dans lesquelles sont effectués les prélèvements et les analyses d'échantillons sont fixées par voie réglementaire.

Chapitre II

Pollution des eaux

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus menaçants de la dégradation de l'environnement par les séquelles de la civilisation technologique contemporaine (RAMADE, 1998).

Les plus graves phénomènes de pollution constituent, en règle générale, une menace souvent potentielle, susceptible d'entraver dans un avenir plus moins proche l'activité humaine (DEFRANCESCHI, 2001).

II-1-Définition de la pollution

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes, ces modifications peuvent affecter l'Homme directement ou à travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques (RAMADE, 2002).

II-2-Définition de la pollution de l'eau

Une eau dite polluée lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement dégradée. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution (KENNETH, 1976).

II-3-Les origines de la pollution de l'eau

Selon l'origine des substances polluantes, quatre catégories de pollutions sont à distinguer (GAUJOUS, 1995) :

❖ La pollution domestique

Elle provient des habitations et elle est, en général, véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence des germes fécaux, de fortes teneurs en matières organique, des sels minéraux et des détergents (GAUJOUS, 1995).

Elle peut être responsable de l'altération des conditions de transparence et d'oxygénation de l'eau ainsi que du développement de l'eutrophisation dans les rivières (FAURIE et al ; 2003).

❖ La pollution industrielle

Elle est provoquée par les rejets d'eau résiduaire d'origine industrielle susceptible de contenir une infinité de substances plus ou moins biodégradables (CAUJOUS, 1995).

Les polluants d'origine industriels sont très variés selon le type d'activités ; substances organiques banales ou de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux métaux lourds,... ces produits sont exceptionnels mais trop souvent chroniques dans le cas des fuites de réservoirs ou de canalisations (BEAUCHAMPS ,2006).

❖ **La pollution agricole**

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent, ou peuvent présenter des risques pour l'environnement et plus particulièrement, pour la qualité des eaux. On peut citer :

- Les fertilisants : (engrais minéraux du commerce ou déjections animales) ;
- Les produits phytosanitaires :(herbicides,fongicides,insecticides) (GRASCLAUD .1999).

❖ **La pollution naturelle**

Certains phénomènes naturels sont à l'origine de pollution, par exemple, une éruption volcanique, un épanchement sous marin d'hydrocarbures, un contact avec des filons géologiques et les pluies acides (GAUJOURS, 1995).

Une pollution radioactive naturelle ; concerne les émetteurs.

II-4-Les différentes formes de pollution

Il existe quatre formes de pollution des eaux qui sont comme suit :

❖ **Pollution ponctuelle :**

Elles proviennent des ressources bien déterminés et qui peuvent être contrôlées par les stations d'épuration (rejets domestiques ou industriels) (LEVEQUE, 1996).

❖ **Pollution diffuse :**

Elle est due principalement aux pratiques agricoles, les engrais gagnent les milieux aquatiques par lessivage des sols en surface et après infiltration dans le sol(LEVEQUE ,1996).

❖ **Pollution permanente**

Correspond aux rejets domestiques de grandes villes.

❖ Pollution accidentelle ou aigue

Résulte du déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel.

II-5-Les différents types de pollution des eaux**II-5-1-La pollution physique**

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eau chaude provenant des systèmes de refroidissement, des centrales électriques classiques ou nucléaires (PESSON, 1976).

❖ La pollution radioactive de l'eau

La radioactivité des eaux naturelles peut être d'origine naturelle (uranium, radium) ou artificielle (Energie nucléaire). La radioactivité libérée dans l'eau peut provenir d'une radioactivité naturelle (certaines eaux d'origine profonde), ou d'une contamination liée à des retombées atmosphériques (explosions nucléaires), des champs de rayonnement d'origine industrielle ou enfin des contaminations accidentelles de l'eau à partir des rejets des installations des centrales nucléaires (BOUZIANI, 2000).

II-5-2-La pollution chimique

La pollution minérale des eaux résulte de la libération dans ces dernières des divers métaux toxiques et de substances inorganiques telles que les nitrates, les phosphates et autres sels minéraux nutritifs utilisés en agriculture comme fertilisants, enfin de divers résidus rejetés par la métallurgie et d'autres activités (RAMADE, 2005).

Les déversements accidentels et à grande échelle de produits pétroliers sous forme liquide sont une cause importante de pollution des rivages où les hydrocarbures peuvent entraîner de grandes catastrophes écologiques, les cas les plus spectaculaires de pollution par les hydrocarbures sont dues à des accidents de pétroliers géants et aux opérations de forage en mer (BOUZIANI, 2000).

II-5-3-La pollution organique

Elle est représentée par des substances plus ou moins biodégradables (sucres, protéines) rejetées par certaines industries agroalimentaires et de conditionnement, elle comprend aussi des substances toxiques plus ou moins remuantes (phénols, tensioactifs, hydrocarbures pétroliers, pesticides) et apparentés (ALAIN V et ALAIN B, 2005).

II-5-4-La pollution microbiologique

La pollution microbiologique des eaux se traduit par une forte contamination par de nombreux agents pathogènes, bactéries, et virus. Elle soulève dans bien des cas de redoutables problèmes d'hygiène publiques qui ne sont pas limités aux seuls pays du tiers monde (RAMADE, 2005).

II-6-Mode de contamination des eaux

❖ La contamination des eaux souterraines

La contamination des eaux souterraines par des composés toxiques organiques, même à faible concentration, peut compromettre l'exploitation de la ressource pour l'exploitation en eau potable pour de très longues périodes (DEGREMENT, 1989).

La contamination peut également résulter de gisement naturel riche en fer, sulfures, manganèse et d'autres substances toxiques comme l'arsenic (VILAGINES, 2003).

❖ La contamination des eaux de surface

Les eaux superficielles, par leurs sensibilités aux nitrates et aux pesticides, peuvent être polluées par deux modes de contaminations : les rejets directs dans le milieu et les pollutions dites « diffuses ».

- **Rejets directs**

Les rejets directs d'effluents domestiques, d'activités artisanales ou d'établissement industriel apportent une charge de polluants qui va se diluer dans le cours d'eau.

La façon dont cette charge sera diluée et sa persistance dans la rivière vont définir le niveau d'exposition au toxique que subiront les organismes aquatiques (BOUCHSEICHE et *al* ; 2002).

- **Pollution diffuse**

A la différence des rejets directs, il est difficile de localiser précisément les sources des produits toxiques (BEAUCHAMPS, 2006). Car, ces produits subissent un transfert entre la source et le milieu durant lequel les polluants sont potentiellement fixés ou dégradés. Ce transfert, qui est influencé par de nombreux facteurs (conditions climatiques, topographie, pédologie,...), affecte en revanche l'ensemble de la nappe d'une manière plus souvent

chronique et décline l'ensemble de la nappe pour la production d'eau potable, à moins de traitements adaptés (RAMADE, 1994).

II-7-Effet de la pollution

❖ Exposition humaine et risque sanitaires

Le risque hydrique survient de manière directe ou indirecte, dans le premier cas, il résulte d'un contact avec l'eau contaminée elle-même (eau usée, ressources, eau de loisirs ou de boisson) dans le second cas, ils surviennent par l'intermédiaire d'aliments ou d'air contaminé par crustacées, aérosols d'eau chaude sanitaire ou de station de traitement des eaux (DEFRANSECHI, 1996).

Selon L'OMS (2006), les contaminations hydriques sont essentiellement de nature biologique ou chimique. Les contaminants biologiques sont des bactéries (saprophytes, opportunistes), des virus, des parasites, des algues. Le risque microbien est de loin plus évident à l'échelle mondiale (DEGREMENT, 1989). Le tableau ci-dessous représente les effets de la pollution sur la santé.

Tableau 2 : Effets des polluants sur la santé humaine.

Polluants	Effets sur la santé
Matières en suspensions	Transportent des polluants et augmente donc le risque de contamination de l'homme.
Pollution organique	Favorise le développement d'organismes pathogènes.
Azote (nitrate, phosphore)	Maladies bleues chez les enfants.
Métaux	Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés arsenic, nickel et chrome également considérés comme cancérogènes.
Pesticides	Effets neurotoxiques (troubles de la reproduction) mutagènes et cancérogènes

❖ Effet sur la nature

On les observe dans plusieurs domaines, notamment dans les mers, où nous pouvons observer parfois des marres noires et aussi dans les lacs et les rivières où la mort des poissons suite à l'intoxication due aux lessives ou à des rejets industriels portent atteintes aux écosystèmes aquatiques.

Chapitre III

L'eau et les maladies

Les maladies à transmission hydrique « MTH » recouvrent un large éventail de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale dont l'élément commun est le mode de contamination : L'eau.

Actuellement, on remarque que les maladies liées à l'eau sont de plus en plus répandues et qu'elles présentent des variations considérables sur le plan de leur nature et de leur mode de transmission.

On peut les répartir en trois catégories :

- Les maladies à transmission hydrique causées par les microorganismes fécaux-oraux et les substances toxiques ;
- Les maladies à support hydrique dues aux organismes aquatiques (Bilharziose) ;
- Les maladies transmises par les nombreux vecteurs vivant dans l'eau (moustiques, mouche tsé-tsé...), dont les plus graves affections sont représentées par le Paludisme et la fièvre jaune (BOUZIANI, 2000).

III-1-Maladies d'origine hydrique

Dans la nature, l'eau n'est pas toujours source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent (RODIER, 1999).

III-1-1-Maladies d'origine bactérienne

Certaines espèces de bactéries ont un pouvoir pathogène vis-à-vis de l'homme, ces bactéries sont, avec les amibes, les principales responsables des maladies diarrhéiques, qui provoquent chaque année la mort de millions de personnes et touchent particulièrement les enfants (VILAGINES, 2003).

Le tableau suivant représente les principales maladies d'origine bactérienne et leurs agents.

Tableau 3 : Maladies d'origine bactérienne (REJSEK, 2002).

Maladies	Agents
Origine bactérienne	Salmonella Typhi
Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes	Salmonella paratyphi A et B
Dysenteries bacillaires	Shigella
Choléra	Vibrio cholerae
Gastro-entérites aiguës diarrhéiques	Escherichia coli entérotoxigène
	Campylobacter jejuni / coli
	Yersinia enterocolitica
	Salmonella sp.
	Shigella SP
Pneumonies	Legionella pneumophila

III-1-2-Maladies d'origine parasitaire

On distingue deux types différents d'organismes impliqués dans ces infections : les protozoaires et les helminthes.

Tableau 4: Infections d'origine parasitaire transmise par l'eau (REJSEK, 2002)

Type d'organisme	Nom	Maladie	Type de contamination
Protozoaire	<i>Amibe</i>	Amibiase.	Ingestion des Kystes
Protozoaire	<i>Cryptosporidium parvum</i>	Gastro-entérite.	Ingestion
Protozoaire	<i>Giardia lamblia, intestinaux</i>	Gastro-entérite.	Ingestion des Kystes
Protozoaire	<i>Plasmodium</i>	Paludisme.	Piqûre d'Anophèle
Protozoaire	<i>Trypanosome</i>	Maladie du sommeil	Piqûre par Glossine
Helminthe	<i>Anguillule</i>	Anguillulose.	Contact ou ingestion
Helminthe	<i>Ankylostoma douidinale</i>	Ankylostomose	Contact
Helminthe	<i>Fasciola hepatica</i>	Douve du foie	Ingestion
Helminthe	<i>Filaires</i>	Filariose	Ingestion
Helminthe	<i>Ver de Guinée</i>	Dracunculose	Ingestion de crustacés

III-1-3-Maladies d'origine virale :

Les virus responsables d'infections hydriques sont excrétés dans les selles d'individus infectés. Il a été démontré que plus 130 virus pathogènes, que l'on peut dénommer virus entériques, peuvent être éliminés dans les fèces humaines (REJSEK, 2002).

Le tableau suivant représente les maladies virales et leurs agents pathogènes.

Tableau 5 : les principales maladies virales et leurs agents pathogènes (REJSEK, 2002).

Maladies	Agents
Origine virale	Virus hépatite A et E
Hépatite A et E	Virus poliomyélitique
Poliomyélite	Virus Norwalk
Gastro-entérites aiguës diarrhées	Rotavirus
	Astrovirus
	Calicivirus
	Coronavirus
	Entérovirus
	Adénovirus
	Réovirus

III-2-La virologie des milieux hydriques

Il est possible d'admettre avec FOLIGUET que les virus isolés des eaux ont des caractéristiques telles qu'ils peuvent être considérés comme une entité propre dénommée hydro virus. (FOLIGUET, 1982).

Il est essentiel de bien différencier la notion de danger et la notion de risque.

Le danger concerne les effets toxiques susceptibles d'être induits par un agent éventuellement toxique.

Le risque est la probabilité d'apparition de ces effets en fonction des conditions d'exposition au danger (PFOHL-LESZKOWICZ, 1999).

L'importance du milieu hydrique comme voie de transmission de maladie à virus est, en Pratique, relativement difficile à cerner du fait, d'une part, de la sous estimation des résultats des analyses virologiques dues au faible rendement des techniques analytiques d'extraction et de concentration des virus, d'autre part, des limites des méthodes

épidémiologiques. En ce qui concerne la surveillance du milieu hydrique, celle-ci pour être efficace, elle devrait évoluer et être fondée non plus sur l'isolement des bactéries témoins de contamination fécale mais sur la mise en évidence d'un indicateur véritablement spécifique d'une contamination virale (SCHWARTZBROD, 1991).

Chapitre IV

Paramètres et qualités d'une Eau Potable

Une eau est dite potable lorsqu'elle satisfait un certain nombre de caractéristiques la rendant propre à la consommation humaine et ne présentant pas de dangers pour la santé publique. Sa qualité est définie par la conformité à des normes établies par l'OMS(ANNONYME, 2002).

IV-1-Les paramètres organoleptiques

Il s'agit de la couleur, l'odeur et la saveur (LOUNNAS, 2009). Ils constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution (GENOUDET, 2001).

❖ Couleur

La couleur de l'eau est due aux éléments qui s'y trouvent à l'état dissous ou colloïdal. Elle est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux substances en solution, et apparente quand les substances en suspension y ajoutent leurs propres colorations (RODIER, 2009).

❖ Odeur

Une eau destinée à l'alimentation doit être inodore. En effet, toute odeur est un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaire. Le sens olfactif peut seul, parfois le déceler (RODIER *et al*, 2009).

❖ Gout et saveur

Le gout peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives et olfactives perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche. (RODIER, 2009)

IV-2-Les paramètres physicochimiques

❖ Minéralisation globale

La minéralisation totale est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles. Elle est en fonction de la géologie des terrains traversés (RODIER, 2005).

Les eaux circulant dans un sous-sol sablonneux ou granitique sont peu minéralisées, tandis que celles circulant dans des sous sols à roches sédimentaires le sont nettement plus(DEGREEMENT, 2005).

❖ Température

La température est un facteur important de la vie aquatique. Un changement de la température affecte les diverses propriétés de l'eau. Elle joue un rôle important dans la solubilisation des sels minéraux et des gaz particuliers. Elle influe sur la solubilité de

l'oxygène dans l'eau et la cinétique des réactions biochimiques. Par conséquent la température influe également sur le pouvoir auto-épurateur des cours d'eaux (DEGREMONT, 2005).

❖ pH

Le pH est aussi appelé potentiel hydrogène. Il mesure la valeur de dissociation en ions des acides et des bases (produits alcalins) en solution dans l'eau. (GROSCLAUD, 1999).

Le pH varie entre 0 et 14, 7 étant le pH correspondant à la neutralité. Une eau est d'autant plus acide que son pH (inférieur à 7) est plus près de la valeur 0 et d'autant plus alcaline que son pH (supérieur à 7) est plus près de 14 (LAVOISIER, 2006).

Tableau 6 : Classification des eaux selon leur pH (C.I.E, 2005).

pH < 5	Acidité forte → présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée → majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

❖ Conductivité

La conductivité est l'aptitude d'une eau à permettre le passage du courant électrique. La conductivité est l'inverse de la résistivité. Elle augmente avec la teneur en sels dissous. Elle dépend de la température. On l'exprime usuellement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). (LAVOISIER, 2006).

La figure suivante représente la minéralisation des eaux en fonction de la conductivité.

Tableau 7 : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité (SAMAKE, 2002).

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	Minéralisation
$\text{Cond} < 100$	Eau de minéralisation très faible
$100 \leq \text{Cond} < 200$	Eau de minéralisation faible
$200 \leq \text{Cond} < 400$	Eau de minéralisation peu accentuée
$400 \leq \text{Cond} < 600$	Eau de minéralisation moyenne
$600 \leq \text{Cond} < 1000$	Eau de minéralisation importante
$\text{Cond} \geq 1000$	Eau de minéralisation excessive

❖ Turbidité

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle est causée par la présence des matières en suspension fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les micro-organismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organiques ou minérales. Les unités de mesures utilisées pour exprimer la turbidité sont : Unité JTU (Jackson Turbidity Unit) = unité FTU (Formazine Turbidity Unit) = unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (REJESK, 2002).

❖ Dureté

La dureté de l'eau est associée à la présence d'ions métalliques bivalents en solution comme le Calcium (Ca^{2+}) et le Magnésium (Mg^{2+}) (DESJARDAINS, 1990). Dans une eau naturelle, on peut distinguer différents types de dureté :

- Dureté totale (TH_T) : somme des concentrations en calcium et magnésium ;
- Dureté calcique (TH_{Ca}) : concentration globale en calcium ;
- Dureté magnésienne (TH_{Mg}) : concentration globale en magnésium (REJSEK, 2002) ;
- Dureté temporaire : due au bicarbonate de calcium et de magnésium, ainsi dite parce que l'ébullition la fait disparaître ;
- Dureté Permanente est due principalement aux chlorures et aux nitrates de calcium et magnésium qui ne précipitent pas lors de l'ébullition (DEFRANCESCHI, 1996).

❖ Matières en suspensions (MES)

Toutes matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau (se dispersent sans être chimiquement liées à l'eau) dont la taille est supérieure à $10\mu\text{m}$, de ce fait, leur élimination est assez simple car, si l'on fait reposer l'eau, elles décantent de manière

Chapitre IV : Paramètres et qualités d'une Eau Potable

spontanée et peuvent être retirées de l'eau par des procédés physiques simples (décantation, filtration) (BLIEFERT, et *al* ;2001).

❖ Résidu sec à 105°C

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux), obtenues après une évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût

Le résidu sec à 105°C, est déterminé par la relation suivante :

$$(\sum \text{cations} + \sum \text{anions}) - 1/2 [\text{HCO}_3^-]$$

Tableau 8 : Potabilité d'une eau en fonction des résidus secs (RODIER et *al*, 2009)

Résidu sec (mg/l)	Potabilité
RS < 500	Bonne
500 < RS < 1000	Passable
3000 < RS < 4000	Mauvaise

IV-3-Les minéraux de l'eau

IV-3-1Cations

❖ Calcium

Le calcium est l'un des éléments constitutifs majoritaires des roches carbonatées. La concentration en calcium dans les eaux souterraines est contrôlée par la solubilité de certains minéraux. C'est le composant majeur de la dureté de l'eau. Des concentrations en calcium de plus de 200 mg/l diminuent les possibilités d'utilisation de l'eau (Formation de dépôts calcaires), (COLLIN, 2004).

❖ Magnésium

Le magnésium est un élément prédominant dans les eaux drainant des aquifères contenant des carbonates magnésiens comme la dolomie (CHERY, 2006).

Les minéraux magnésiens sont moins solubles que les minéraux contenant du calcium (COLLIN, 2004).

Des concentrations élevées en magnésium influence le goût de l'eau et présente un éventuel effet laxatif (SAMAKE, 2002).

❖ Sodium

Des valeurs élevées en sodium peuvent avoir une origine d'ordre géologique ou être dues à une contamination. Des teneurs dépassant 200mg/l provoquent déjà des modifications perceptibles du goût. (SAMAKE, 2002).

Une teneur trop élevée en sodium peut être à l'origine de troubles, en particulier, augmentation de la tension artérielle, accroissement des symptômes de certaines maladies telle que les néphrites (COURT, 1986) ; (DESJARAINS, 1990).

❖ Potassium

Le potassium est principalement présent dans les roches ignées et dans les argiles. Malgré son abondance, le potassium est généralement peu concentré dans les eaux naturelles, dans les minéraux argileux, cette particularité s'explique par la difficulté de mobilisation de l'ion K^+ . Dans les eaux souterraines ; la concentration en potassium ne dépasse généralement pas 10mg/l⁻¹ (CHERY, 2006).

IV-3-2-Anions**❖ Chlorures**

Très répandus dans la nature, dans les roches, ils sont sous forme de chlorure de sodium (Na Cl), de chlorure de potassium (KCl). Dans l'eau les chlorures sont toujours à l'état ionique.

Les chlorures présents dans une eau peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation de l'eau au travers de terrains salés ;
- Infiltration d'eaux marines dans la nappe souterraine ;
- Rejets humains ;
- Industries extractives comme des mines de potasse ou des salines.

Dans les régions littorales, les pluies apportent des chlorures d'origine océanique qui peuvent s'accumuler en surface par évaporation puis être entraînées dans les aquifères.

(REJSEK, 2002).

❖ Sulfates

Ils proviennent principalement des gypses présents dans le sol, peuvent aussi provenir de lessivage des sulfates de l'air par les précipitations (RAMADE, 1998).

La présence des sulfates donne un gout amer à l'eau et comme les sulfates ne sont pratiquement pas assimilables, une eau contenant une teneur élevée produira des effets laxatifs chez l'homme (MABILLOT, 1986).

Ils pénètrent lentement dans les membranes cellulaires et sont rapidement éliminés par les reins. Les concentrations élevées de sulfates peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution (SAMAKE, 2002).

❖ **Nitrites**

Les nitrites sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Elles proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques.

Les nitrites peuvent provoquer dans certains cas des phénomènes de méthémoglobinisation pouvant aller parfois jusqu'à l'asphyxie chez les bébés nourris au biberon (SAMAKE, 2002).

❖ **Nitrates**

Les nitrates sont présents dans l'eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou, des engrais de synthèse ou naturels. Les nitrates proviennent également de l'oxydation de l'ammoniaque.

Matières organiques et microorganismes → ammoniaque → nitrites → nitrates.
(SAMAKE, 2002).

Des concentrations en nitrates supérieures à 50mg/l sont à l'origine de méthémoglobinémie (Cyanose) des nourissants, voir de cancer (DEGREMENT, 2005).

❖ **Silice**

La silice, oxyde de silicium, les silicates sont extrêmement abondants dans l'écorce terrestre. La silice a une origine essentiellement naturelle et se rencontre dans les eaux brute sous deux formes : soluble et colloïdale, sa solubilité dépend principalement de la température et du pH (POTELON et ZYSMAN, 1998).

IV-4-Eléments considéré comme indésirables

❖ **Fer**

La présence du fer dans les eaux souterraines a de multiples origines : le fer, sous forme de pyrite (FeS_2), est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marnes, argiles) et aux roches métamorphiques (CHERY, 2006).

Suivant la teneur en fer bivalent pour des eaux souterraines de type réductrices, un trouble, une coloration jaune et avec le temps une précipitation d'hydroxyde de fer peut se produire après contact avec l'oxygène de l'air. Un développement de bactéries dépendantes

du fer est aussi possible. En conséquence, le gout pourrait être défavorablement influencé et l'apparition de résidus bruns ou noirs peut avoir lieu (RODIER et *al* 2005).

❖ **Cuivre**

Dans les eaux souterraines, les teneurs normales en cuivre sont en-dessous de 0.005 mg/l. (COLLIN, 2004). Le cuivre peut présenter des concentrations élevées provenant d'installations en cuivre, constatée essentiellement dans l'eau stagnante (C.I.E, 2005).

❖ **Zinc**

Le zinc présente une concentration dans les eaux souterraines inférieure à 0.01 mg/l. Une teneur supérieure à 10mg/l est possible dans l'eau stagnante provenant d'installations domestiques galvanisées neuves (SAMAKE, 2002).

❖ **Aluminium**

Peut aboutir dans l'eau par l'intermédiaire d'agents de floculation ou d'anodes en aluminium (protection cathodique contre la corrosion) (SAMAKE, 2002).

❖ **Phosphate**

Des teneurs élevées en phosphate signalent une infiltration d'eau de surface ou une contamination par des engrais. L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par les contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphate inférieures à 0.01 mg/l (C.I.E, 2005).

IV-5-Eléments considérés comme toxiques

Selon DEGREMENT (2005), les éléments considérés comme toxiques dans ses eaux destinées à la consommation humaines sont :

❖ **Plomb**

Le plomb est un élément très abondant et largement répandu dans la croûte terrestre, à des teneurs de l'ordre de 13mg/kg, sous forme de dérivés peu solubles (MORLOT, 1996).

❖ **Arsenic**

L'Arsenic est naturellement présent dans certaines eaux, il est à l'origine de cancers cutanés et peut être d'autres formes de cancers, voir de problèmes cardiovasculaires ; sa teneur admissibles dans les eaux de consommations est de 10µg/l.

❖ Sélénium

Le sélénium est très répandu dans la nature. Il est toxique pour l'homme au niveau du foie, des angles et des cheveux, le sélénium est limité dans les eaux potables à une concentration de 10µg/l par l'OMS

❖ Fluor

Les sources principales de fluor dans les eaux souterraines sont les roches sédimentaires mais également les roches magmatiques et certains filons. Les zones de thermalisme sont aussi concernées (HILLEL, 1998).

Le fluor est reconnu comme un élément essentiel pour la prévention des caries dentaires (dentifrices fluorés). Cependant, une ingestion régulière d'eau dont la concentration en fluor est supérieure à 2mg/l (OMS) peut entraîner des problèmes de fluorose osseuse et dentaire (coloration en brun des dents pouvant évoluer jusqu'à leurs pertes). Les enfants sont particulièrement vulnérables à cette atteinte (SAMAKE, 2002).

IV-6-Les caractéristiques bactériologiques :**IV-6-1-Microflore de l'eau :**

D'après GALZY et GUIRAUD (1998) la microflore de l'eau est constituée de trois types de germes :

❖ Germes typiquement aquatique

Ce sont des cyanobactéries qui sont des algues microscopiques, et des bactéries (*vibrions*, *Pseudomonas*, etc.).

Ces germe aquatique sont présent dans les nappes en contaminant le réseau d'adduction, les parois de canalisation leur servant parfois d'habitat.

❖ Germes tellurique

Sont des bactéries sporulées (*Bacillus*, *Clostridium*) ou appartenant au germe *Streptomyces* et des spores fongiques. Elles sont présentes parfois dans les nappes ou elles peuvent contaminer le réseau en mauvais état.

❖ Germes de pollution humaine et animale

Ce sont des germes souvent pathogènes et essentiellement d'origine intestinale, il s'agit d'entérobactéries (*E. coli*), *Clostridium perfringes*, *vibrio cholerae*...

On peut également rencontrer dans l'eau des protozoaires et autres parasite (kystes de l'amibe), et des virus (Poliomyélite, Hépatitevirale A et B,...).

IV-6-2-Les principaux germes recherchés dans l'eau**❖ Les coliformes**

Le terme « coliforme » regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant à la famille des *enterobacteriaceae*. (RODIER et al, 2005).

Ce sont des organismes en forme bâtonnet, non sporogènes, facultativement anaérobies, ils comprennent les genres : *Escherichia*, *Citobacter*, *Klebsiella* et *Enterobacter*, *Yersinia*, *Serratia* (ROUX, 1989).

Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance (RODIER et al, 2005).

❖ Streptocoque fécaux

Ce sont des bactéries cocci en chaînette, regroupés sous le terme de « Streptocoques fécaux » les germes essentiels du groupe sont : *Enterococcus faecalis*, *E.faecium*, *E durans*, *E.hirae*, *Streptococcus bovis*, *S.suis* et *S.equinus* (ROUX.M, 1989).

Ces streptocoques sont généralement pris comme indicateurs de pollution fécale. (RODIER et al, 2005).

❖ Clostridium sulfito-réducteur

Ce sont des bactéries anaérobies strictes, sporulantes, sulfito- réductrices, considérées comme témoin de pollution fécale.

La forme sporulée, beaucoup plus résistante que les formes végétatives, permet de détecter une pollution fécale ancienne (ROUX, 1989).

Les Colistridiums sulfito-réducteur (CSR) étant pratiquement toujours présents dans les rivières et le sol, leur absence dans une nappe sous-jacente, et surtout l'absence de leurs spores, constituent un bon signe de l'efficacité de filtration naturelle (RODIER et al, 2005).

❖ Staphylocoques pathogènes

Ce sont des bactéries qui appartiennent à la famille des *Bacillaceae*, les infections engendrées par cette espèce sont dues, principalement, à des souches de *S. aureus*, mais aussi à des autres espèces de staphylocoques d'origine humaine, parfois pathogènes opportunistes (*S.epidermidi*, *S.saprophyticus*...) :

Infection cutanées, infection septicémique redoutable, infections liées à la consommation d'eau et d'aliment contaminés (DALARRAS, 2003).

❖ Salmonelles

Ce sont des coccobacilles appartenant à la famille des Enterobacteriaceae, généralement considérés comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénicité varient énormément : fièvre typhoïde, les salmonelles systématiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires. Humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladies mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts, agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques, ainsi que l'eau de mer. (BOURGEOIS et LEVEAU, 1980) ;(RODIER et *al*, 2005).

❖ Vibrions

Les vibrions font partie de la famille de Vibrionaceae. Dans les pays où le choléra a pratiquement disparu, il est rare que la recherche du vibron cholérique dans les eaux d'alimentation présente un intérêt. Leur recherche se fait uniquement en cas de présence d'un cas suspect (DELARRAS, 2003).

Partie Experimentale

Chapitre I

Matériels et Méthodes

I-Présentation des régions d'études

La figure ci-dessous représente la carte géographique des trois régions d'études.

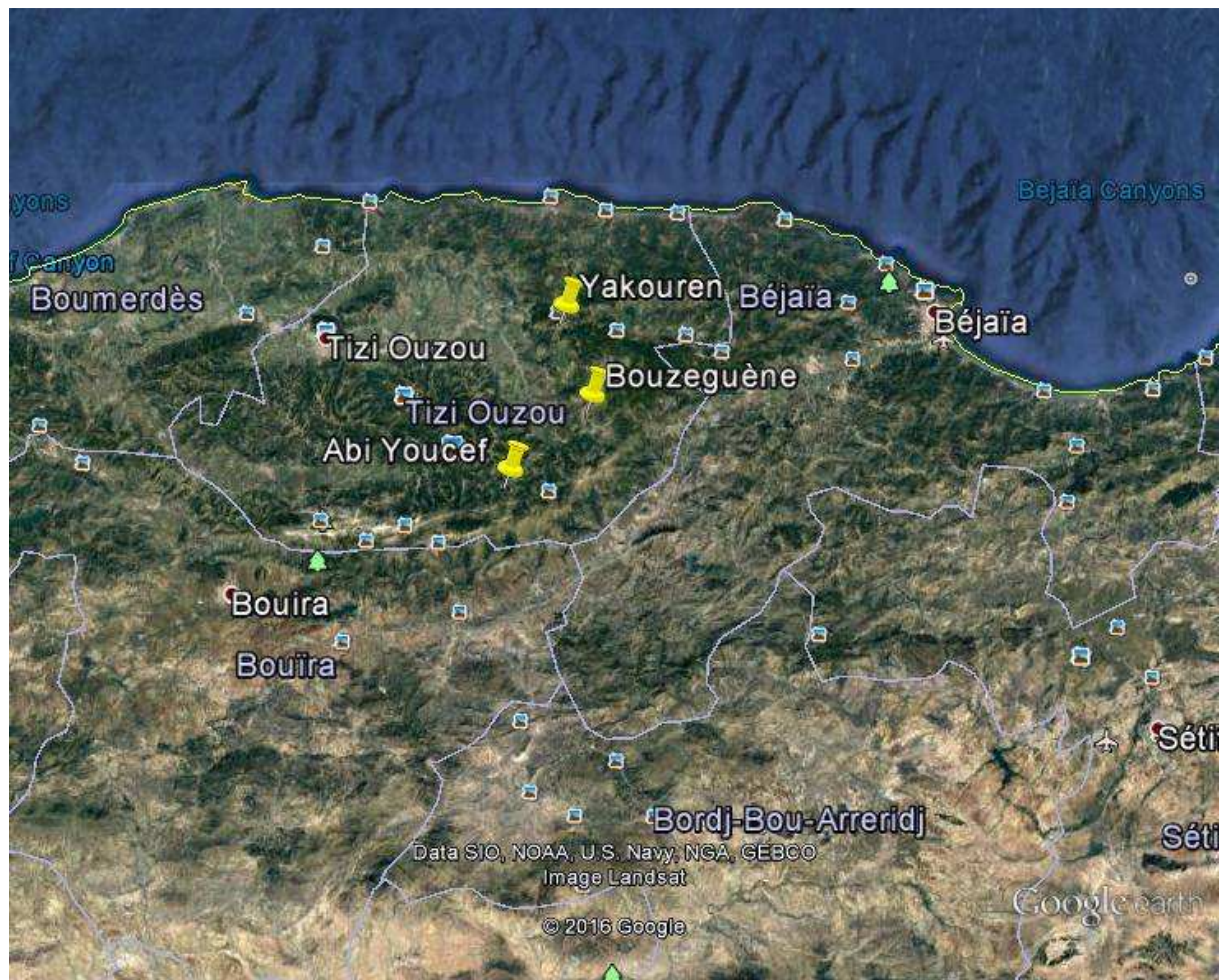


Figure 2 : Carte géographique des trois régions d'études (google earth).

I-1-Région Bouzeguène

❖ Situation géographique

La daïra de Bouzeguène est située à 60 Km de l'Est de la ville de Tizi-Ouzou sur une superficie de 25684 ha avec une population de 75085 habitants. Elle est limitée comme suit :

- Au Nord par la commune de Yakourène ;
- A l'Est par la wilaya de Bejaia ;
- Au Sud par la commune d'Ain El hammam ;
- A l'Ouest par la commune d'Azazga.

Le village d'Aït-Saïd est un village de moins de 2000 habitants, une taille moyenne par rapport à la région. Géographiquement, il est juste au dessus du village d'Ibouyissfen, un peu au dessus on retrouve le village d'Ath Iken et Ibekaren.

Le village d'Aït-Saïd est doté de la même structure organisationnelle que les autres villages de la région pour réaliser ses projets aux bénéfices des villageois.

❖ Situation topographique

La topographie de la daïra de Bouzeguène est marquée par des terrains de différentes pentes avec des espaces en altitude. Des zones montagneuses à relief plus ou moins escarpé et enfin des terres qui s'étalent jusqu'aux rives de l'oued Sebaou.

❖ Situation climatique

Le climat de la zone est de type méditerranéen. Il est caractérisé par un hiver froid et humide et un été chaud et sec.

Les températures varient d'une saison à une autre ; elles sont généralement élevées de juin à septembre. Les précipitations sont importantes, elles atteignent environ plus 800 mm d'eau par an. Mais elles sont caractérisées par une très forte irrégularité inter et intra-annuelle. Elles sont généralement abondantes en hiver et en automne.

La figure 3 représente la photo de la source Thala Thabarkant.



Figure 3: Photo de la source de Thala Thabarkant (village Ait Said).

I-2- Région d'Abi youcef**❖ Situation géographique**

Abi youcef située dans la Daira d'Ain El Hammam, au sud de la wilaya de Tizi ouzou. Elle s'étend sur une superficie de 1686 ha, et compte 7693 habitants. Située à 1055 d'altitude. Elle est limitée comme suit :

- Au Nord : la commune d'Ait yahia ;
- A l'est : la commune d'Ifarhounene ;
- Au sud : la commune d'Akbil ;
- A l'ouest : la commune Ain El Hammam.

❖ Situation topographique

La commune d'Abi youcef se trouve sur le versant nord du Djurdjura, a environ 10 km du sommet d'Azrou n T'hour qui s'élève a près de 1900 mètres.

❖ Situation climatique

La commune d'Abi youcef est caractérisée par un climat de type méditerranéen. Cette région est située à l'altitude (quantité pluviométrique importante).

Les facteurs climatiques varient énormément et dépendent surtout de l'altitude et de l'exposition. Ainsi, on peut dire que dans la région méditerranéenne surtout dans les régions montagneuses, les différences de topographie et les phénomènes de la dynamique nuageuse induisent des microclimats variés.

• La pluviométrie

D'une manière générale, les précipitations varient entre 1200 et 1300 mm/an et on une fréquence d'une journée sur 3, avec une moyenne de 10 mm/jour. Ces précipitations sont enregistrées souvent en hiver et au printemps, mais elles présentent des irrégularités interannuelles.

• La température

Les étés sont secs et la température y est s'élève, bien qu'elle soit tempérée par l'influence de l'altitude, Les températures s'étalent de 28 a 35°C avec des pics de 40°C. Les hivers sont pluvieux, neigeux et froids sous l'influence des vents du nord et de l'ouest. Les températures baissent en dessous de 0°C.

La neige est l'une des caractéristique de la saison hivernal du fait de la nature de son relief (moyen altitude jusqu'à 1232 m). Les premières neiges arrivent, généralement, au mois

de décembre, rarement au mois de novembre. Les dernières chutes persistent jusqu'au mois d'avril, et parfois au mois de mai.

On enregistre fréquemment 3 à 4 jours consécutifs de chutes de neige, et maximum était 20 jours. L'épaisseur du manteau neigeux est très variable entre 30 et 70 cm, et dépasse rarement 1m. Bien que cette neige soit bénéfique, du fait qu'elle constitue une source d'alimentation des nappes souterraines et cours d'eau, elle occasionne des dégâts humains, et matériels notamment en agriculture.

❖ Situation hydrographique

La région avec un climat humide et des précipitations élevées, recèle un réseau hydrographique dense favorise un drainage très important des eaux, elle est parcourue par des oueds permanents dans les vallées étroites, et des oueds temporaires qui se forment à la fonte des neiges ou des pluies.

❖ La végétation

La végétation naturelle se développe en fonction du relief, le tapis végétal se présente dans la région d'Ain El Hammam de façon étagée. Le type de végétation dominant c'est l'arboriculture composée principalement d'oliviers, cerisiers et figuier.

La figure 4 représente la photo de la source d'Abi youcef



Figure 4: Photo de la source d'Abi youcef.

I-3- Région yakourene**❖ Situation géographique**

La région de Yakouren est située à 40 km à l'est de Tizi-Ouzou. La commune de Yakouren fait partie de l'Ait Ghobri. Elle s'étend sur une superficie totale de 7930 ha pour une population de 13 257 habitants soit une densité de 167 hab/km². Elle est limitée comme suit :

- Au Nord : la commune d'Akerrou ;
- A l'est : la commune de Zekri et Adekkar ;
- Au sud : la commune d'Ifigha ;
- A l'ouest : la commune d'Azazga.

❖ Situation topographique

La forêt de yakouren repose sur un substrat géologique constituée de grès numidiens intercalés de minces couches d'argile, créant des nouveaux aquifères (contenant de l'eau) favorables au développement de la végétation forestière. Les grès numidiens donnent des terrains sableux à intercalations argileuses et parsemés de roche, ce sont des sols frais et profonds (150 cm et plus).

❖ Situation climatique

Le climat de la région est de type méditerranéen. Il se caractérise à l'échelle annuelle par une opposition thermique et pluviométrique avec été chaud et sec et un hiver froid et pluvieux. La température moyenne annuelle est de 15 C°. La valeur moyenne de pluie enregistrée est de 1053 mm par an.

- **Le vent**

Le vent ne peut atteindre dans notre zone d'étude une vitesse de 60km/h.

- **La température**

La température est un facteur climatique d'une grande importance, elle constitue un paramètre clé dans la définition du déficit d'écoulement et de l'état hydrique du sol à travers l'évaporation et l'évapotranspiration. La région de yakourene connaît des écarts de température entre l'hiver et l'été. En effet en été elle augmente jusqu'à plus de 40°C, en hiver la température diminue jusqu'à 02°C avec des gelées très fréquentes d'octobre à mars.

- **La neige**

Etant donné que notre région d'étude est caractérisée par sa morphologie montagneuse qui atteint 1646 m d'altitude, la neige est très fréquente en hiver.

❖ Situation hydraulique

Les principales ressources souterraines de la région de yakourene sont assurées par la nappe de l'Oued Boubhir. Le captage de l'eau se fait par les forages et les puits.

❖ La végétation

La végétation est un facteur déterminant en hydrologie. Elle influence le ruissellement, l'évapotranspiration et la capacité de rétention. Elle exerce une protection mécanique en dominant la force vive des eaux et en favorisant l'infiltration. L'absence d'un couvert végétal et le manque d'aménagement pour la protection des berges participent amplement à l'érosion des sols et a une importance déperdition des eaux de surface.

Le massif forestier de yakouren renferme trois principales essences forestiers qui son :

- Le chêne liège ;
- le chêne zeen ;
- le chen afares.

La figure 5 représente la photo de la source de yakourene



Figure 5: Photo de la source de Yakourene.

Présentation du laboratoire de l'ADE

Le laboratoire central de l'ADE, est localisé au niveau de l'unité de Tizi-Ouzou, sa mission est l'autocontrôle, c'est-à-dire contrôler les eaux distribuées sur le plan physico-chimique et bactériologique en se référant aux méthodes normalisées.

II-Matériel et Méthodes**II-1-Echantillonnage**

Un flacon traité à l'acide nitrique, puis rincé abondamment, égoutté. Le maintien d'une atmosphère humide permet, par rinçage du flacon au moment du prélèvement, d'éliminer une contamination éventuelle du flacon. Pour les lavages, éviter l'emploi des détergents susceptibles d'introduire des phosphates.

Au moment du prélèvement, les flacons seront de nouveau rincés trois fois avec l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord (RODIER *et al* ; 2005).

L'échantillonnage s'est effectué :

- Le 03 / 04 /2016 à 10h45mn pour la source de Thala-Ndoua, Yakourene, Azazga ;
- Le 10 / 04 /2016 à 11h00 pour la source d'Abi youcef , Ain el hammam ;
- Le 12 /04 /2016 à 12h00 pour la source de Thala-Taberkent, Bouzeguene.

Echantillons destinés aux analyses physicochimiques

Les échantillons sont recueillis dans des bouteilles en plastique (polyéthylène) de 1.5 litre, rincées préalablement avec l'eau distillée, et qui sont de nouveau rincées trois fois avec de l'eau à analyser au moment du prélèvement. Puis remplis jusqu'au bord pour empêcher toute pénétration de l'air.

Echantillons destinés aux analyses bactériologiques

Les prélèvements sont effectués dans des conditions aseptiques. Les flacons utilisés sont en verre de 250ml, soumis à un lavage et une stérilisation préalable.

Les flacons sont remplis au 5/6 de leurs volumes pour maintenir en vie les bactéries aérobies.

Pour chaque prélèvement, tous les flacons et toutes les bouteilles portent une étiquette où sont mentionnées les indications suivantes :

- Le nom de la source ;

-La date et l'heure du prélèvement.

La conservation et le transport des échantillons

Le transport des échantillons s'est fait dans une glacière à une température d'environ 4°C afin de maintenir la composition initiale de l'échantillon, et empêcher la multiplication des germes.

L'analyse bactériologique doit être réalisée dans un délai maximal de 8 heures après le recueil de l'échantillon, car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.

Les matériels et les méthodes utilisés pour doser les paramètres physico-chimiques sont représentés dans le tableau 9 suivant :

Tableau 9 : Matériel et méthodes utilisés pour les différents paramètres physico-chimiques.

Paramètres mesurés	Méthodes	Appareillage
pH	potentiométrique	pH Mètre WTW pH 450GLP Multical
Turbidité		Turbidimètre HACH 2100N
Conductivité		Conductimètre
Alcalinité	Volumétrique	/
Dureté	Titrimétrie	/
Calcium	Titrimétrie à l'EDTA	/
Magnésium	/	/
Chlorure	Mohr	/
Ammonium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Nitrites	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Sulfates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Phosphates	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Potassium	Spectrophotométrie d'émission a flamme	Spectrophotomètre d'émission à flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Sodium	Spectrophotométrie d'émission à flamme	Spectrophotomètre d'émission a flamme (Sherwood flamme photomètre410)
Fer	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Aluminium	Spectrophotométrie d'absorption	Spectrophotomètre (HACH)
Matières organique	Méthode a chaud en milieu acide	/

Milieux de culture

Les milieux de culture sont servis pour l'isolement des germes.

- Gèlose, Tryptophane, Glucose, Extrait de levure (T.G.E.A) pour la numération des germes totaux ;

- Bouillon lactosé au Pourpre de Bromo Crésols (B.C.P.L) à simple et double concentration, pour les coliformes ;
- Milieu indole manitol (milieu de SEHUBERT) pour *Escherichia coli* ;
- Bouillon lactosé à l'acide de sodium à simple et double concentration (milieu de Roth), pour les streptocoques fécaux ;
- Bouillon lactosé à l'éthyle de violet et à l'acide de sodium (EVA), pour confirmer la présence de streptocoques fécaux.

II-2-Méthodes d'analyses physico-chimiques

Les méthodes de dosage utilisées en analyse de l'eau font presque toujours intervenir des réactions chimiques, soit pour le dosage, soit pour purifier l'échantillon.

La conductivité, la température et le pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.

❖ Mesure de potentiel d'hydrogène pH

C'est la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des H^+ présent dans l'eau à analyser et la lecture se fait directement sur l'enregistreur électronique quand l'affichage est stabilisé.

❖ Mesure de la conductivité électrique

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

❖ Mesure de la température

L'opération consiste à prélever un volume d'eau et plonger immédiatement le thermomètre. La lecture est faite après une immersion de 10 minutes.

❖ Mesure de la turbidité

La turbidité est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoute (limon, argile, algue, grain de silice...). Elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre

appelé néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser. La mesure est effectuée en laissant l'appareil se stabiliser. Les résultats sont exprimés en unité de turbidité néphalométrique (NTU).

II-2-1-Méthode d'analyse de la minéralisation globale

❖ Dosage de l'alcalinité

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser deux niveaux de pH 8.3 et 4.3 de volume d'eau à analyser en présence d'indicateur coloré. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

➤ Dosage du titre alcalimétrique (TA)

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

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

➤ Dosage du titre alcalimétrique complet (TAC)

Cette détermination est basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide (HCl), dilué en présence de méthyle orange. Le but est de déterminer la teneur en hydrogénocarbonates dans l'eau.

Dans un erlenmeyer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on ajoute 2 gouttes de méthyle orange, on titre ensuite avec l'HCl jusqu'au virage du jaune au jaune orange.

❖ Dosage de la dureté totale (titre hydrométrique TH)

La dureté totale détermine la concentration en calcium et du magnésium dissous.

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétraacétique (EDTA). L'indicateur utilisé est le noir ériochrom, qui donne une couleur rose en présence des ions calcium et magnésium.

Dans un erlenmayer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, on chauffe au bain marie à une température d'environ 60°C puis on ajoute 0,5 ml de la solution tampon (pH=10) et 3 gouttes d'indicateur coloré, ensuite on titre avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

❖ Dosage des ions calcium

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de l'EDTA à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur utilisé est le murexide, qui forme un complexe rose avec le calcium. Lors du titrage, l'EDTA réagit avec les ions calcium, l'indicateur vire alors de la couleur rose à la couleur violet.

Prélever une prise d'essai de 50 ml de l'échantillon, ajouter 2 ml de la solution d'hydroxyde 2 N et une pincée d'indicateur (Murexide). Bien mélanger le tout. Titrer avec la solution d'EDTA, en versant lentement.

Le virage est atteint lorsque la couleur devient nettement violette. La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.

❖ Dosage des ions de magnésium

Connaissant la dureté totale d'une part et la dureté calcique d'autre part, il est facile par différence de calculer la dureté magnésienne, qui est donnée par la formule suivante :

$$C_{Mg} \text{ (mg/l)} = C_{(Ca+Mg)} - C_{Ca}$$

$C_{Mg} \text{ (mg/l)}$: teneur en magnésium (mg/l) ;

$C_{(Ca+Mg)}$: teneur globale en calcium et en magnésium ;

C_{Ca} : teneur en calcium.

❖ Dosage des chlorures

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

Dans un erlenmayer de 250 ml, on prélève 10 ml d'eau à analyser, puis on ajoute 3 gouttes de chromate de potassium à 10%, on titre avec le nitrate d'argent (AgNO_3) jusqu' au virage au rouge brique.

❖ Dosage du sodium et potassium

Lorsqu'une solution est pulvérisée dans une flamme, l'eau ou le solvant s'évapore, les sels et leur produit de décomposition sont dissociés à l'état d'atomes ou de radicaux. Ceux-ci sont excités par l'énergie thermique de la flamme, leur retour à l'état fondamentale s'accompagne de l'émission d'une radiation de fréquence caractéristique de l'élément mis en solutions et dont l'intensité en fonction de sa concentration (RODIER et al, 2005).

➤ Dosage du sodium

Peser 2,54g de NaCl, le dissoudre dans l'eau distillée et compléter à un litre. Cette solution a une concentration de 1000 mg/l de sodium et conservée. Par dilution, préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 » faire passer ensuite l'échantillon.

Si la concentration en sodium dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.

➤ Dosage du potassium

Dissoudre 1.907 g de KCl dans un litre d'eau distillée. Cette solution a ainsi une concentration égale à 1000 mg/l de potassium. À partir de cette solution préparer quotidiennement une solution de 10 mg/l. Faire passer au photomètre à flamme la solution de 10 mg/l trois fois, et ça doit afficher « 10 » faire passer ensuite les échantillons.

Si la concentration en potassium dépasse 10 mg/l procéder à la dilution de l'échantillon.

❖ Dosage des ions sulfates

Les ions sulfates de l'échantillon réagissent avec le baryum du sulfa pour former un précipité de sulfate de baryum.

Prendre 100 ml d'eau à analyser et ajouter 5 ml de la solution stabilisante. Ajouter 2 ml de chlorure de baryum. Agiter pendant 1mn, puis passer au spectrophotomètre à $\lambda=420$ nm.

II-2-2-Méthode d'analyse des paramètres de pollution

❖ Dosage d'ammonium

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

Prendre 40 ml de l'échantillon, ajouter 4 ml du réactif coloré et mélanger, il y aura l'apparition d'une coloration jaune. Ajouter 4 ml de la solution de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser, puis ajouter 2 ml d'eau distillée. Après une heure de réaction, s'il y aurait apparition d'une coloration verdâtre, mesurer l'absorbance en ions d'ammonium à $\lambda = 655 \text{ nm}$.

❖ Dosage des ions nitrites

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

Introduire 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml du réactif mixte et attendre au moins 20 minutes. L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- , mesurer l'absorbance de chaque étalon à la longueur d'onde $\lambda = 520 \text{ nm}$.

❖ Dosage des ions nitrates

Le nitrate présent dans l'échantillon réagit avec l'acide chromotrope en condition fortement acide pour former un produit jaune.

Le dosage se base sur la réaction des nitrates avec le diméthyl-2,6 phénol en présence des acides sulfurique et phosphorique, avec production du nitro-4 diméthyl-2,6 phénol.

Introduire 35 ml du mélange acide dans une fiole puis ajouter 5 ml de l'échantillon et 5 ml de diméthyl-2,6 phénol. Mélanger soigneusement le contenu et laisser reposer pendant 10 min. L'apparition de la coloration jaune indique la présence des NO_3^- , la concentration en nitrate est la valeur donnée par spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 324 \text{ nm}$.

❖ Dosage de phosphate

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

Introduire 40 ml d'échantillon, ajouter 1 ml d'acide ascorbique et 2 ml de réactif mélanger dans une fiole, incubé pendant 10 min. L'apparition d'une coloration bleue indique la présence des phosphates. Mesurer l'absorbance à 880 nm .

II-2-3-Méthodes d'analyse des éléments indésirable**❖ Dosage du fer**

Le fer réagit avec la phénantroline-1.10 (indicateur) du réactif pour développer une coloration orange proportionnelle à la concentration de fer.

Prendre comme prise d'essai, 50 ml ; dans une fiole de 100 ml, ajouter 1 ml de la solution chlorhydrate hydroxylamine et mélanger soigneusement.

Ajouter 2.0 ml de tampon acétate pour obtenir un pH entre 3.5 et 5.5 de préférence 4.5.

Ajouter 2.0 ml de la solution phénantroline et conserver pendant 15 min à l'obscurité.

Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible à 510 nm.

❖ Dosage de la matière organique

L'indice de permanganate d'une eau est la concentration en masse d'oxygène équivalente à la quantité d'ions permanganates consommée quand un échantillon d'eau est traité par le permanganate.

L'échantillon d'eau est en présence d'une quantité connue de permanganate de potassium et d'acide sulfurique pendant une période donnée (10minutes). Une partie du permanganate est réduite par les matières oxydables de l'échantillon. L'excès de permanganates est déterminé par addition d'un excès d'oxalate, suivie par un titrage de l'oxalate en excès par du permanganate.

Introduire 25 ml d'échantillon dans un bécher de 100 ml. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique et mélanger en agitant doucement. Placer le bécher sur une plaque chauffante et porter à ébullition. Ajouter 5 ml de la solution étalon 2 millimoles/l de permanganate de potassium et démarrer le chronomètre et maintenir à l'ébullition pendant 10 minutes. Après 10 min, ajouter à l'aide d'une pipette 5 ml de la solution étalon d'oxalate de sodium 5 millimoles/l et attendre que la solution se décolore.

Retirer alors le bécher de la plaque et le poser sur l'agitateur après avoir au préalable placé une feuille blanche sur ce dernier (pour une meilleure vision de la coloration rose pale à venir). Titrer pendant que la solution est encore chaude, avec la solution titrant de permanganate de potassium 2 millimoles/l jusqu'à une coloration pale persistant environ 30s. Noter le volume V1 de permanganate consommé.

Effectuer parallèlement à la détermination, un essai à blanc en utilisant le même mode opératoire, mais en remplaçant la prise d'essai par 25 ml d'eau distillée.

Noter le volume V_0 de solution de permanganate consommé.

Au blanc titré, ajouter 5 ml de la solution d'oxalate de sodium 5 millimoles/l. Réchauffer la solution une à deux minutes et titrer avec le permanganate 2 millimoles/l jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistant 30 s.

Noter le volume V_2 de solution de permanganate consommé.

Indice de permanganate, **I Mn**, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre, est calculé selon la formule :

$$\mathbf{I\ Mn} = \frac{v_1 - v_0}{v_2} * f$$

V_0 : Volume, en millimètres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage du blanc.

V_1 : Volume, en millimètres, de la solution de permanganate consommé dans le dosage de la prise d'essai.

V_2 : Volume, en millimètres, de la solution de permanganate consommé lors de la vérification de la solution tirant.

f : facteur correctif utilisé, compte tenu des unités, pour exprimer le résultat en milligrammes d'oxygène par litre.

II-3-Méthodes d'analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques effectuées comportent la recherche des germes suivants :

- Les germes totaux ;
- Les coliformes totaux et fécaux ;
- Les streptocoques fécaux.

❖ Recherche et dénombrement des germes totaux

Cette méthode consiste en la recherche et dénombrement des micro-organismes viables. Par comptage des colonies après incubation à 22°C et à 37°C.

Les milieux les plus utilisés pour le dénombrement sont le milieu PCA (Plate Count Agar) ou TGEA (Tryptone Glucose Extrait de Viande Agar). Se sont des milieux ordinaires.

Le principe des dilutions

- Agiter vigoureusement le flacon contenant la solution mère et prélever 1ml d'échantillon à l'aide d'une pipette graduée, dans la zone d'asepsie ;
- Ouvrir le tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, flamber l'ouverture, y introduire le volume prélevé sur la paroi sans toucher le liquide (dilution au 1/10).

Eviter tous contact entre la pipette contenant l'inoculum et le diluant stérile. Flamber et refermer le tube ;

- Agiter ce tube, prélever 1ml et verser dans un autre tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. L'opération est renouvelée en changeant de pipette et en versant de nouveau 1ml dans un nouveau tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la concentration en bactéries devienne relativement faible. Homogénéiser les tubes entre chaque dilution.

Mise en culture

- En zone stérile, ensemer en masse deux séries de boîtes de pétri en versant 1ml d'inoculum et de ses dilutions décimales successives ;
- Couler la gélose TGEA maintenue en surfusion mais légèrement refroidie ;
- Homogénéiser avec des mouvements circulaires. Laisser refroidir la gélose sans bouger en zone stérile ;
- Incuber une série de boîte de pétri durant 24 heures à 37°C (recherche des germes pathogènes) et l'autre série durant 72 heures à 22°C (recherche des germes saprophytes).

Lecture

Compter les colonies en marquant chaque colonie sur le fond de la boîte avec un marqueur indélébile. On considère que les colonies sont dénombrables si leur nombre est compris entre 30 et 300. Les résultats sont exprimés en nombre des UFC (unité formant colonie) par 1ml.

❖ Recherches et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

La recherche de la présence de bactéries fécales permet d'évaluer la qualité sanitaire globale. Les coliformes fécaux ou thermotolerants constituent un bon indicateur de contamination des eaux par les matières fécales. Cette recherche se pratique en deux méthodes :

➤ Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable(NPP)

La recherche et le dénombrement des coliformes, coliformes thermotolerants et des *Escherichia coli* dans les eaux, en milieu liquide par la technique de NPP, se fait en deux étapes consécutives :

Test présomptif

Un dénombrement présomptif des coliformes totaux est réalisé sur bouillon lactose au pourpre de bromocrésol (BCPL). Cette méthode est sensible mais peu spécifique.

Mode opératoire

- Ensemencer une série de 9 tubes contenant le milieu BCPL (avec cloche de Durham), dont 3 tubes avec 1 ml d'eau non diluée, 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-1} , et 3 tubes avec 1 ml de la dilution 10^{-2} ;
- Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Lecture

Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois

- Un dégagement gazeux ;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage de l'indicateur coloré, le BCP a sa teinte acide jaune (témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) ;
- Evaluer le nombre de coliformes.

Test confirmatif

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermotolerants parmi lesquels *E. coli*. La mise en évidence et le dénombrement d'*E. Coli* sont effectués à partir des tubes positifs (BCPL) par le test de Mackenzie.

Mode opératoire

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

Lecture

Après l'incubation durant 48 heures à 44°C, sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un trouble ;
- Un dégagement gazeux.

➤ Méthode par filtration sur membrane

Cette méthode consiste en la recherche et le dénombrement des coliformes et des *Escherichia coli* éventuellement présents dans l'échantillon d'eau à analyser, par comptage des colonies obtenus en milieu solide après 24h à 48h d'incubation à 37°C puis à 44°C.

La recherche des coliformes par cette méthode nécessite une préparation au préalable qui se déroule selon les étapes suivantes :

- Stériliser l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen ;
- Les refroidir tous de suite après, avec l'eau à analyser ;
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de porosité 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 ;
- Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane ;
- Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondi stérile, sur la surface d'une plaque de gélose Rapide Coli (RC) préalablement préparée. Cette dernière sera incubée à 37 °C pendant 24h voire 48h.

Après incubation, les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des coliformes qui portent une coloration rouge et celles ayant une réaction négative à l'oxydase, mais positive à l'indole, sont des *E. Coli* elles portent ainsi une coloration bleu.

❖ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Les principes généraux de la méthode sont ceux décrit précédemment pour la colimètre en milieux liquide. Cette recherche se pratique en deux étapes : test présomptif sur bouillon de Roth, test confirmatif sur bouillon de Litsky en cas d'obtention d'un résultat positif dans le premier test.

Test présomptif

Le test présomptif est réalisé à l'aide de milieu Roth. La forte nutritivité du milieu est due à la présence d'une forte proportion de polypeptone ainsi que le glucose. L'acide de sodium inhibe la croissance des microorganismes à Gram par son action bactériostatique et favorise la culture des streptocoques fécaux.

Mode opératoire

-Ensemencer une série de 9 tubes contenant le milieu de Rothe : dont 3 tubes de Rothe avec 1ml de la solution mère, 3 autres tubes de Rothe avec 1 ml de la dilution 10^{-1} et enfin les 3 dernières tubes de Rothe avec 1ml de la dilution 10^{-2} ;

-Incubation à 37 °C pendant 48h ;

-Les tubes positifs présentent un trouble et sont présumés contenir des entérocoques. Ceux-ci seront obligatoirement soumis au test confirmatif sur bouillon de Litsky.

Test confirmatif

Mode opératoire

-On agite les tubes puis on prélève de chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur pour les reporter dans des tubes de milieu Litsky à l'éthyle- violet d'acide de sodium ;

-On incube à 37 °C pendant 24 heures ;

-La sélectivité du milieu est due à la présence d'éthyl-violet et d'acide de sodium qui inhibent la croissance des bacilles à Gram négatif et des microorganismes sporulés à Gram positif contaminants.

Lecture

L'apparition d'un trouble avec une pastille violette au fond du tube traduit la présence de streptocoques fécaux.

Chapitre II

Résultats et Interprétation

Les eaux souterraines ont pendant longtemps, été synonymes « eaux propre » répondant naturellement aux normes de potabilité.

Afin de pouvoir classer l'eau des trois sources en se basant sur la variation des différents paramètres physico-chimiques et bactériologique, nous avons exploité les résultats des analyses réalisées durant printemps 2016.

Les analyses permettent aussi de déterminer la concentration de certaines substances qui rendent ces eaux suspectes ou impropres à la contamination.

Les analyses organoleptiques

❖ Odeur

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

❖ Couleur

L'eau de la source est toujours limpide, ceci indique probablement l'absence des ions métallique 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.

I-Interprétation des résultats physico-chimiques

I-1-Les paramètres physico-chimiques

❖ Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est un élément important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau, il intervient dans les phénomènes complexes avec le dioxyde de carbone et l'alcalinité. La figure suivante représente les valeurs du potentiel Hydrogène :

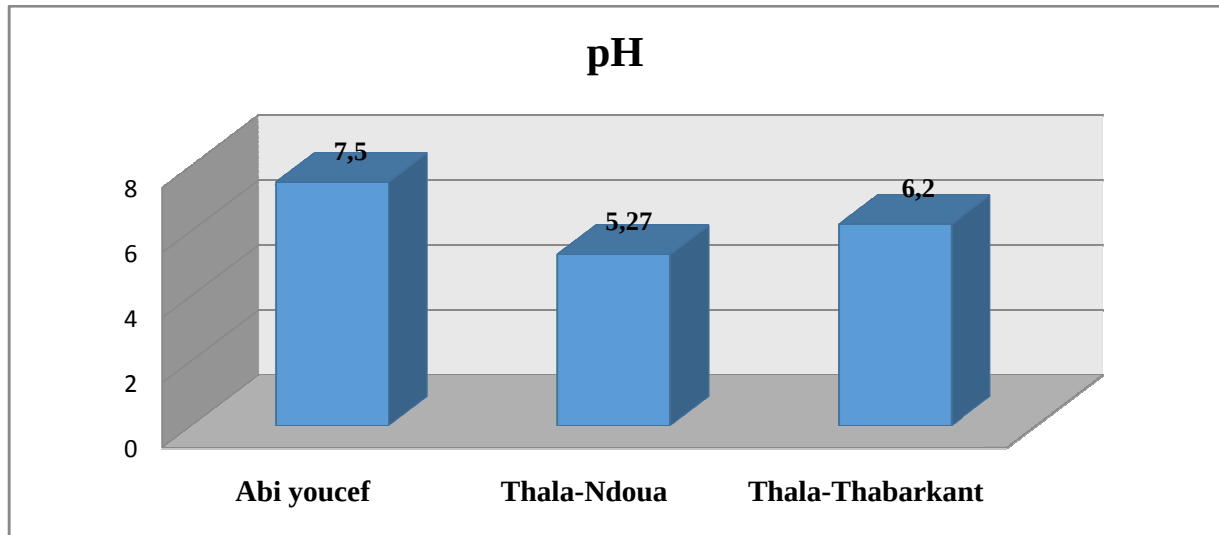


Figure 6 : Valeurs du pH enregistrés dans les trois sources d'eau.

Le pH qui dépend de la teneur en ions acides ou basiques conditionne les équilibres physicochimiques, le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés.

Les régions pauvres en calcaire ou siliceux ou parfois des régions volcaniques peuvent être acidifiées par de l'acide sulfurique, Les eaux ont un pH acide (inférieure à 7) sont des eaux agressives qui peuvent conduire à la corrosion des parties métalliques des canalisations de l'eau de robinet (RODIER, 2009), comme le cas des deux sources « Thala-Ndoua » et « Thala-Thabarkant » qui sont de mauvaise qualité de point de vue potentiel d'hydrogène puisque ces eaux présentent un pH inférieur à la valeur admissible pour les eaux d'alimentation en eau potable.

Le pH obtenu pour la source de « Abi youcef » est de 7,5 ceci est conforme aux normes algérienne qui fixent les des valeurs de pH entre 6,5 et 9.

❖ La température (°C)

La figure suivante montre l'histogramme qui représente la moyenne des valeurs de la température en degré Celsius :

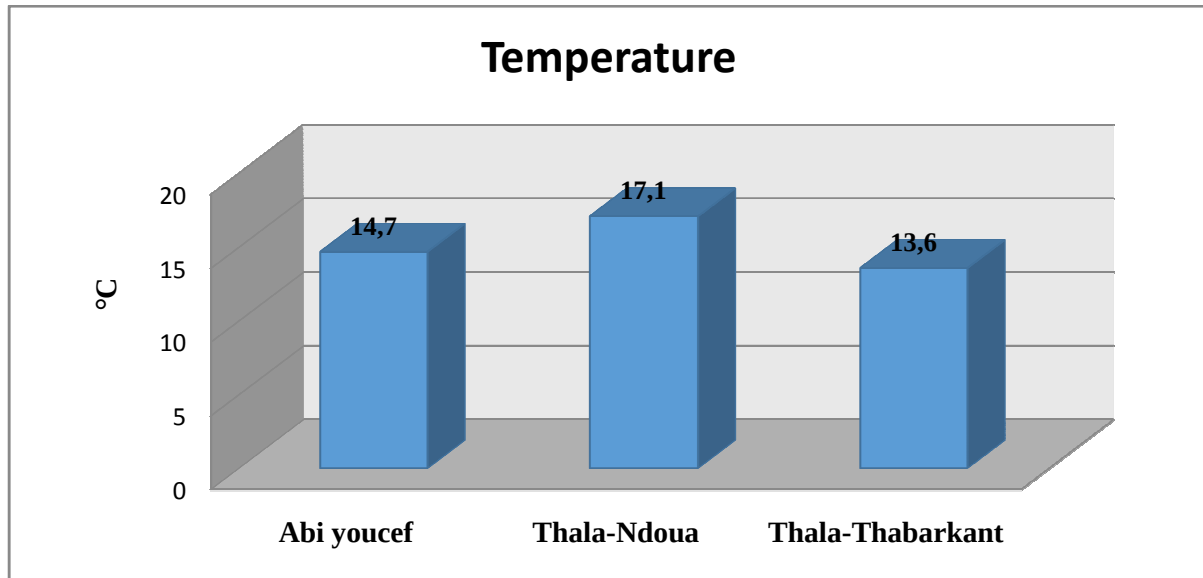


Figure 7 : Valeurs de la température pour les trois sources d'eau.

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 (conductivité notamment).

La diminution ou l'augmentation de la température a un effet direct sur la qualité de l'eau

- Sa diminution entraîne les effets suivant :
 - Diminution de l'efficacité des traitements dont la désinfection ;
 - Augmentation de la viscosité de l'eau ;
 - Diminution des vitesses de sédimentation et de filtration.
- Son augmentation a diverse conséquence :
 - Croissance bactérienne favorisée induisant des problèmes de saveur, de couleur, de corrosion voir d'hygiène ;
 - Diminution du pH optimal pour la coagulation ;
 - Augmentation de la vitesse de formation des trihalométhane avec une eau traitée en chlore;
 - Augmentation de la corrosion dans les stations de traitement ;

L'analyse enregistre une température de 14,7°C pour la source Abi youcef et 17,1°C pour la source Thala-Ndoua et 13,6°C pour la source Thabarkant. Ces valeurs sont proches de la valeur indiquées par la réglementation Algérienne.

Les valeurs enregistrées se situent dans les normes algériennes recommandées pour les eaux de consommations [$T < 25^{\circ}\text{C}$], et permet de dire que l'eau des trois sources est de bonne qualité.

❖ La conductivité

La figure ci-dessous représente la moyenne des valeurs de la conductivité en ($\mu\text{s/cm}$) à 25°C :

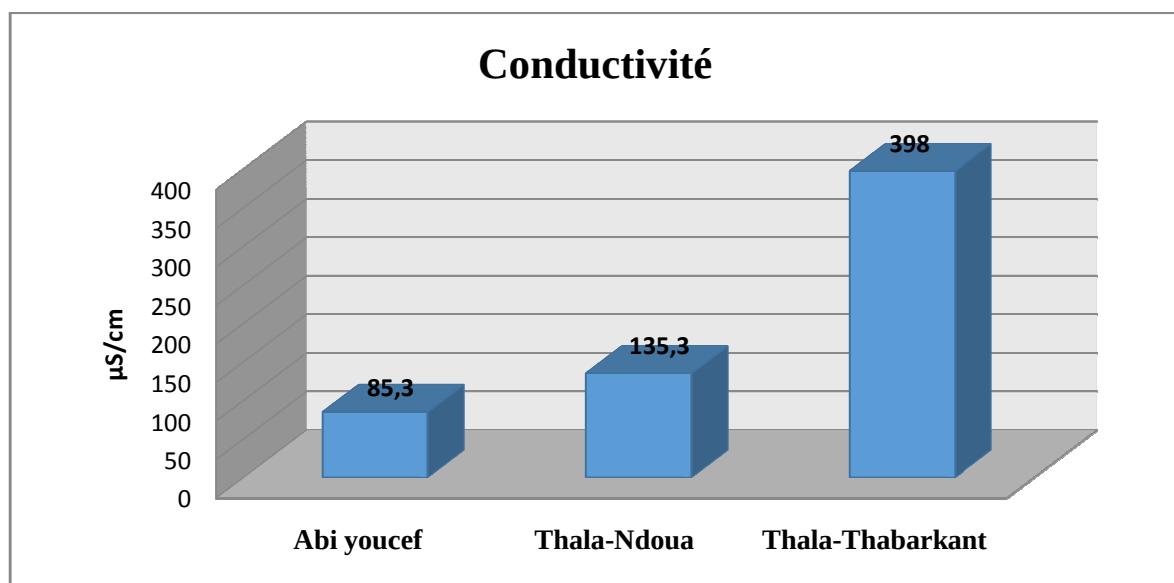


Figure 8 : Valeurs de la conductivité pour les trois sources

La conductivité dépend de la concentration en substance dissoutes ionisées. Elle correspond aux substances minérales. Plus l'eau est riche en sel minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau.

L'analyse donne la valeur de 135,3 $\mu\text{s/cm}$ pour Thala-Ndoua et 398 $\mu\text{s/cm}$ pour Thala-Thabarkant. Les eaux de ces sources ont une minéralisation moyenne.

L'analyse donne aussi la valeur de 85,3 pour la source Abi youcef. L'eau de cette source est peu minéralisée, ce qui exprime la diminution de la viscosité de l'eau, sa conductivité n'atteigne pas 100 $\mu\text{s/cm}$.

Ces sources répondent aux normes de potabilité fixées en Algérie (2800 $\mu\text{s/cm}$).

❖ La turbidité

La figure suivante représente les valeurs de la turbidité en NTU pour nos échantillons :

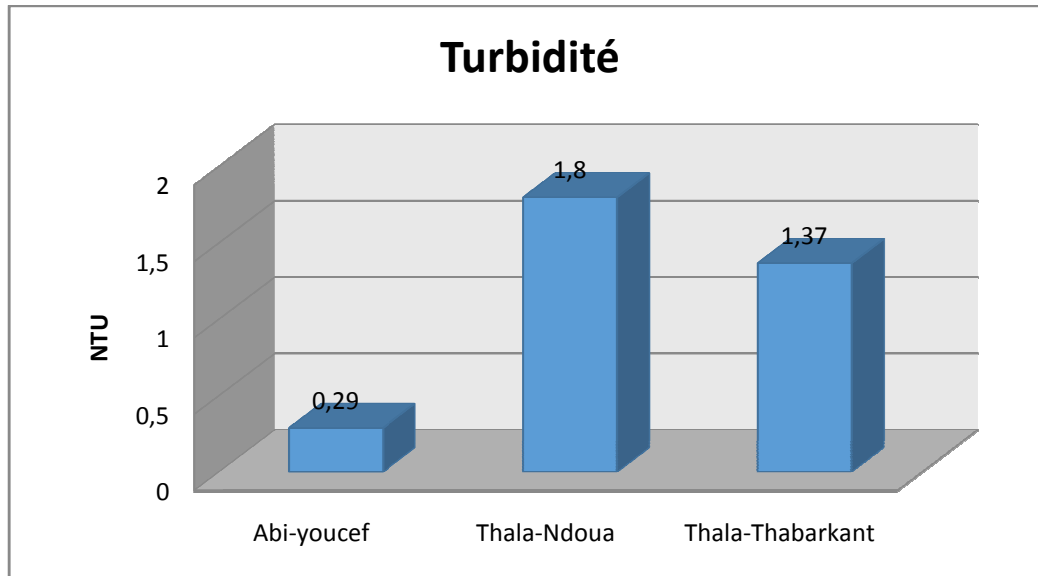


Figure 9 : Valeurs de la turbidité pour les trois sources d'eau.

La mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau donc elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.), selon la norme algérienne qui fixe la turbidité à 5 NTU, l'eau des trois sources ont une faible turbidité puisque les valeurs varient entre 0,29 et 1,85 NTU et cela serait dû à la filtration de l'eau dans le sol, donc se sont des eaux claires.

L'écart de turbidité entre les trois sources serait dû à la nature géologique du terrain traversé (REJSEK, 2002).

❖ Résidu sec à 105°

La figure ci-dessous représente les résultats enregistrés des Résidus sec en mg/l pour les trois sources d'eau.

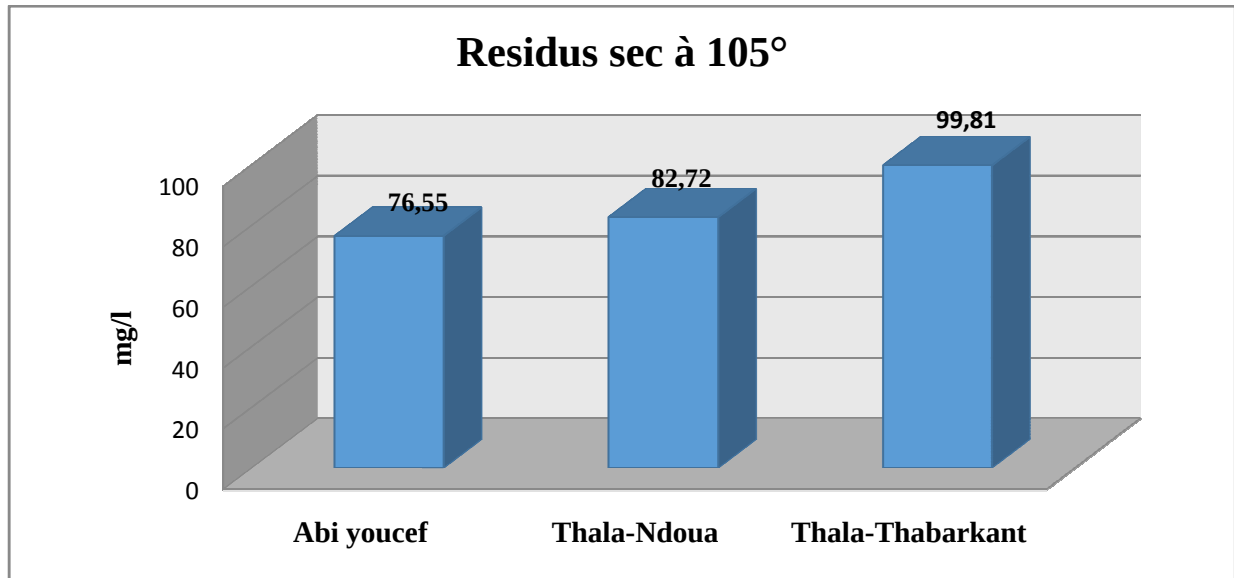


Figure 10: Valeurs des Résidus sec en (mg/l) pour les trois sources d'eau.

La détermination du résidu sec de l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après évaporation d'eau. Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son gout plat et insipide.

Les valeurs des résidus sec enregistrées pour les trois sources sont comprises entre 76,55 et 99,81 mg/l et qui sont inférieures à 500 mg/l ce qui confirme leur potabilité.

I-2-les paramètres de la minéralisation globale

❖ La dureté calcique et dureté magnésienne

La figure suivante représente les valeurs de la dureté Calcique et Magnésienne en mg/l pour nos trois sources d'eau.

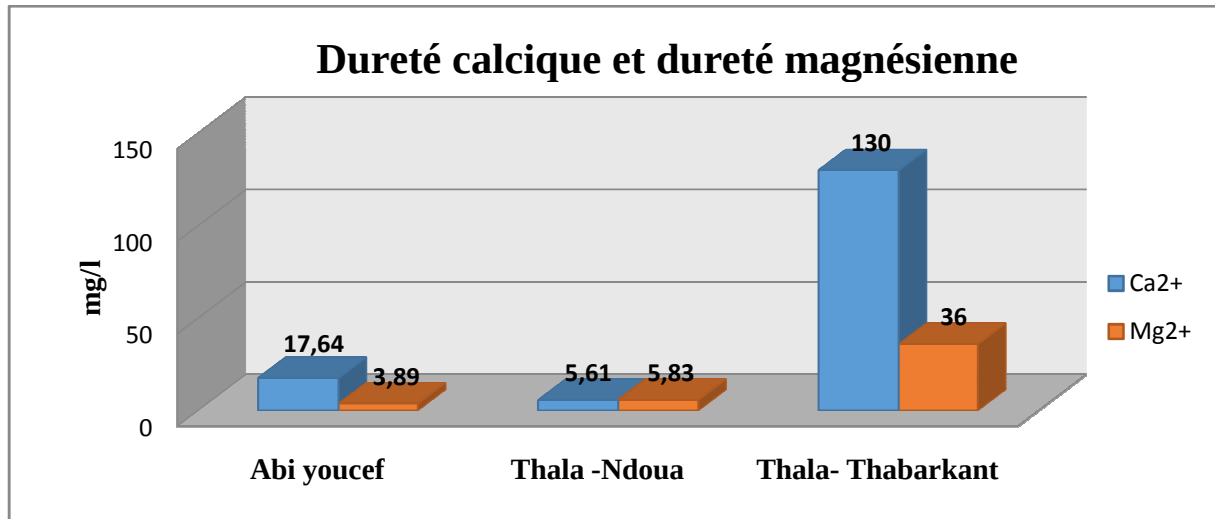


Figure 11 : Valeur de la dureté calcique et magnésienne en (mg/l) pour les trois sources.

La dureté calcique

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potable. Les normes algériennes indique une concentration de 200 mg/l comme concentration maximale.

Les résultats de la détermination du calcium ont montré que la source Abi youcef et Thala-Ndoua pauvres en calcium [17,64-5,61 mg/l], est présente une dureté calcique inférieure au niveau guide algérienne. Cette déficience en Ca^{2+} pourrait s'expliquer par l'écoulement rapide des eaux de surface et la prédominance des terrains calcaires (RODIER, 2005).

Par contre, la source Thala Thabarkant présente une concentration tolérable [200 mg/l], cela en rapport avec les précipitations qui entraînent le lessivage des terrains traversés pendant un temps de contact assez important. Ces résultats sont conformes aux normes algériennes.

La dureté magnésienne

Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau.

Les valeurs de magnésium sont comprises entre 3,89 mg/l pour la source d'Abi youcef et 5,83 mg/l pour Thala-Ndoua ce qui est inférieur aux concentrations recommandées par l'Algérie et l'OMS [30-150 mg/l], ceci en relation directe avec l'écoulement rapide des eaux de surface et la nature calcaire du terrain traversé (RODIER, 2005).

Par contre, la source Thala Thabarkant présente une teneur admissible qui est 36 mg/l. L'augmentation de la teneur en magnésium est due aux précipitations ayant entraîné le lessivage des terrains traversés, qui sont de nature, dolomitiques et métamorphiques.

❖ Le sodium (Na^+)

Le sodium est un élément essentiel pour maintenir l'équilibre d'hydratation du corps. Il est donc indispensable d'en consommer en quantité suffisante mais pas en excès, la figure suivante représente les valeurs du Sodium enregistrées pour les trois sources d'eau.

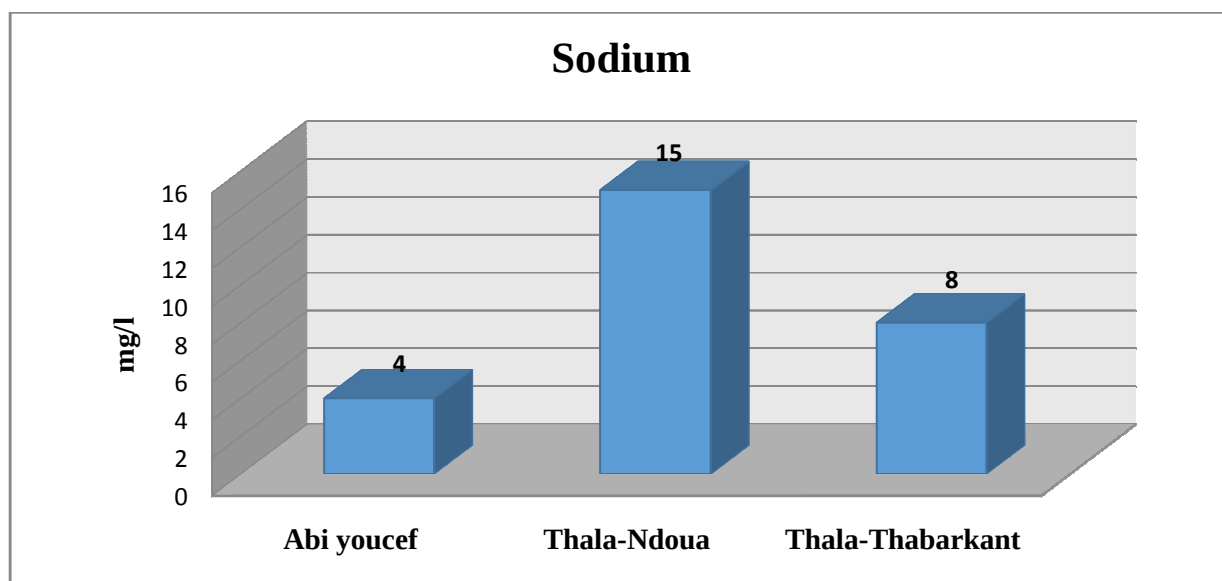


Figure 12 : Valeurs du Sodium dans les trois sources d'eau.

Les valeurs de sodium enregistrées sont comprises entre 4 et 15 mg/l pour les trois sources, elles présentent des teneurs très faibles, elles sont au dessous des concentrations minimales recommandées par les normes Algérienne et l'OMS [20-200mg/l].

Des teneurs anormalement élevées du sodium provoquent des risques sanitaires qui touchent principalement deux catégories de sujets : les nourrissons, en raison de l'immatunité de leurs reins, et les personnes atteintes de troubles cardiaques, vasculaires et rénaux.

❖ Le potassium (K^+)

La concentration de potassium est assez faible dans la plus part des eaux minérales, la figure suivante représente les valeurs du potassium en mg/l pour les eaux des sources.

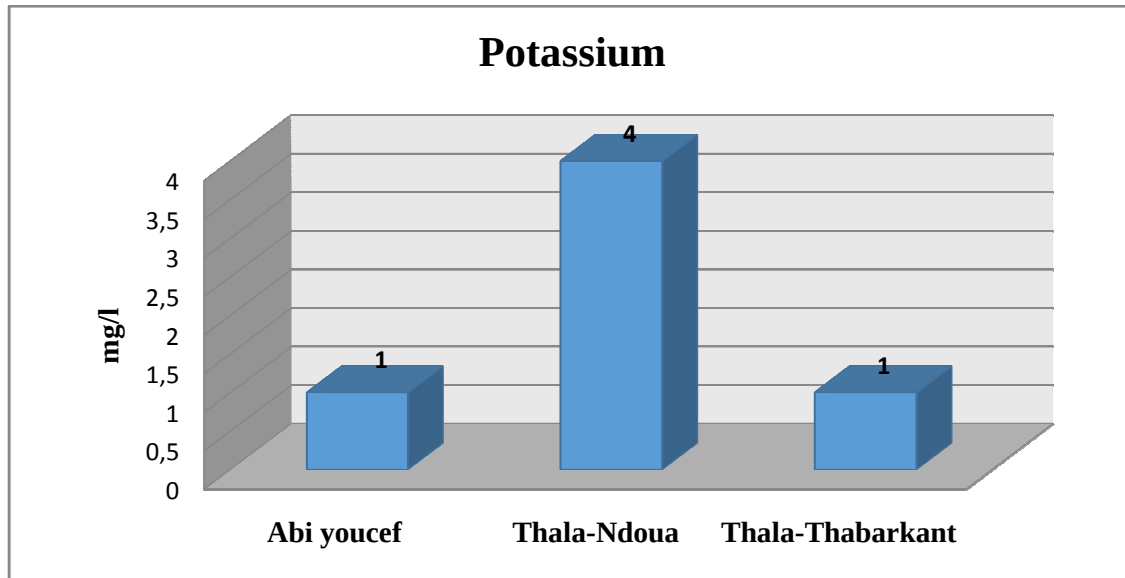


Figure 13 : Valeurs du potassium pour les trois sources d'eau.

Les valeurs du potassium enregistrées pour les sources Abi youcef , Thala-Ndoua et Thala Thabarkant varient de 1 a 4 mg/l. elles sont au dessous des concentration minimales admissibles recommandées par les normes Algerienne et l'OMS (10 mg/l), mais l'OMS affirme que le potassium a faible dose ne présente pas de risque significatif et que les besoins de l'organisme sont facilement fournis par l'apport alimentaire.

❖ Les chlorures (Cl⁻)

Les chlorures interviennent dans la désinfection de l'eau. La figure suivante représente les valeurs des chlorures en mg/l :

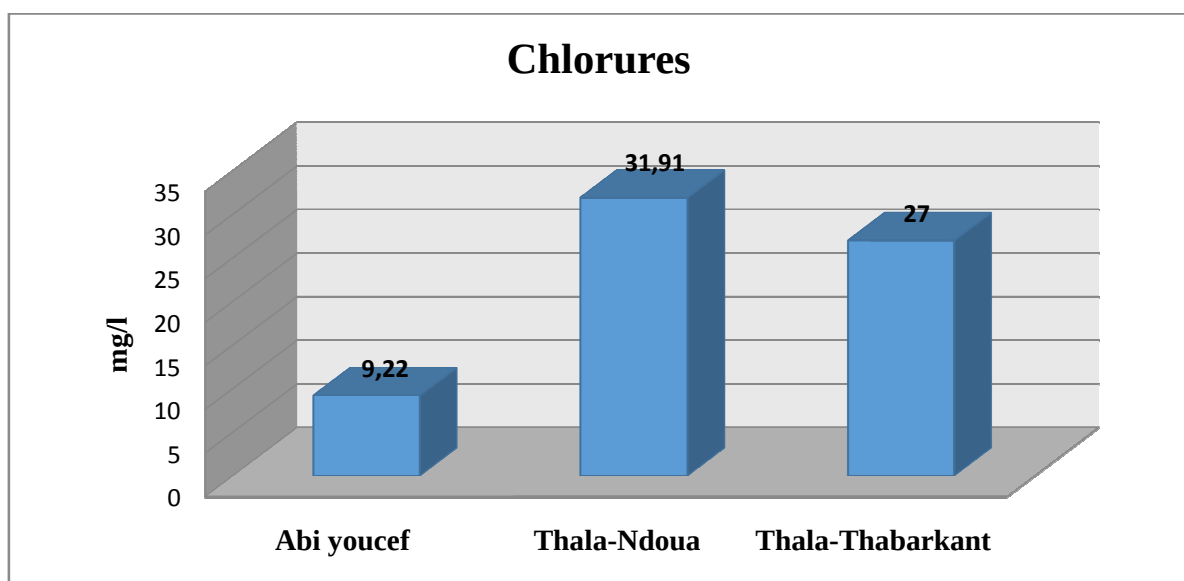


Figure 14 : Valeurs des chlorures pour les trois sources d'eau.

A la teneur élevée les chlorures ne présentent aucun risque pour la santé mais donnent à l'eau un goût désagréable, et qui peut être moins marquant en présence de calcium et de magnésium. La réglementation algérienne propose une valeur guide de 200 mg/l et fixe comme valeur limite 500 mg/l.

Les eaux des sources Thala-Ndoua et Thala Thabarkant présentent des teneurs faibles en chlorures, elles sont au dessous des normes recommandées par l'Algérie, mais elles sont admissibles pour l'OMS [25-200mg/l].

La source de Abi youcef présente des teneurs beaucoup plus faibles en chlorures 9,22 mg/l, ce qui explique par ; la nature du terrain traversé de l'eau infiltrée et le court temps de contact avec les roches (REJSEK, 2002).

❖ Le sulfate (SO_4^{2-})

Les sulfates peuvent avoir un effet purgatif et entraîner une déshydratation et une irritation gastrique. Ils donnent un mauvais goût à l'eau et peuvent entraîner des effets de corrosion des canalisations.

Les résultats de dosage des sulfates sont représentés dans la figure suivante :

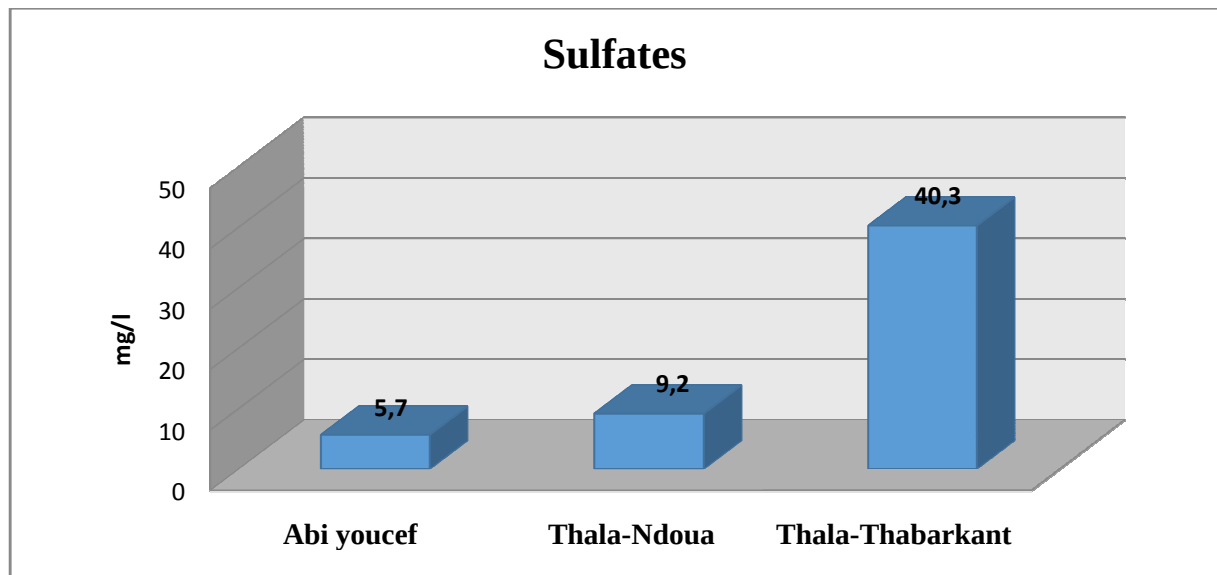


Figure 15 : Concentration en sulfates pour les trois sources d'eau.

Les sources Abi-youcef et Thala-Ndoua présentent des valeurs faibles en sulfates, comprises entre 5,7 et 9,2 mg/l, elles sont inférieures à la valeur guide recommandée par l'Algérie pour l'eau potable [200-400mg/l].

La source Thala Thabarkant présente une teneur considérable en sulfate 40,31 mg/l, admissible selon l'OMS, mais inférieure aux concentrations recommandées par l'Algérie.

La complexité de l'origine des sulfates, naturelles ou anthropiques, matières fécales ou détergents (GAUJOUS, 1995 ; RODIER, 1996). Engendre une instabilité permanente des teneurs en sulfates, surtout à proximité des zones de rejets.

❖ Les bicarbonates (HCO_3^-)

La figure 16 représente les valeurs des Bicarbonates en mg/l enregistrées pour les trois sources :

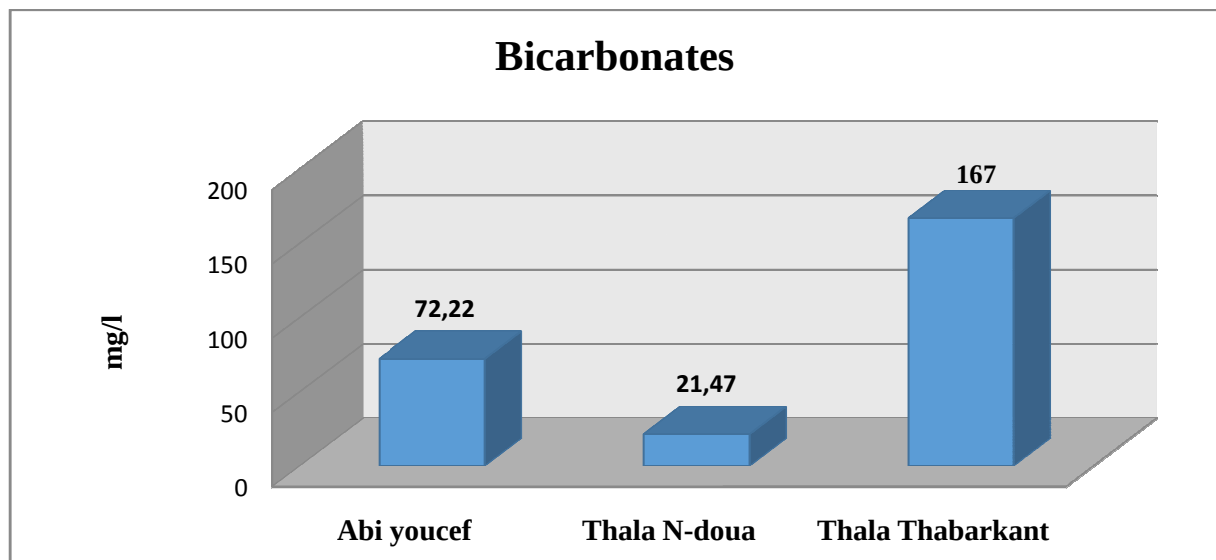


Figure 16 : Valeur des teneurs en carbonates pour les trois sources d'eau.

La présence de bicarbonates dans l'eau dépend de plusieurs autres paramètres comme le pH, la température, la présence du CO_2 dans l'eau, et la nature du terrain traversé, qui sont riches en bicarbonates de calcium.

Les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

Le taux élevé de bicarbonates pour la source Thala Thabarkant, peut s'expliquer par la nature des terrains traversés, et la présence du carbonate de calcium et de magnésium dans l'eau.

Par contre, les sources Abi youcef et Thala-Ndoua, à faible minéralisation, présentent des teneurs faibles en bicarbonates.

❖ La dureté totale

La dureté est un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (RODIER, 2009).

La figure 17 représente l'histogramme des valeurs de la dureté totale en mg/l CaCO_3 :

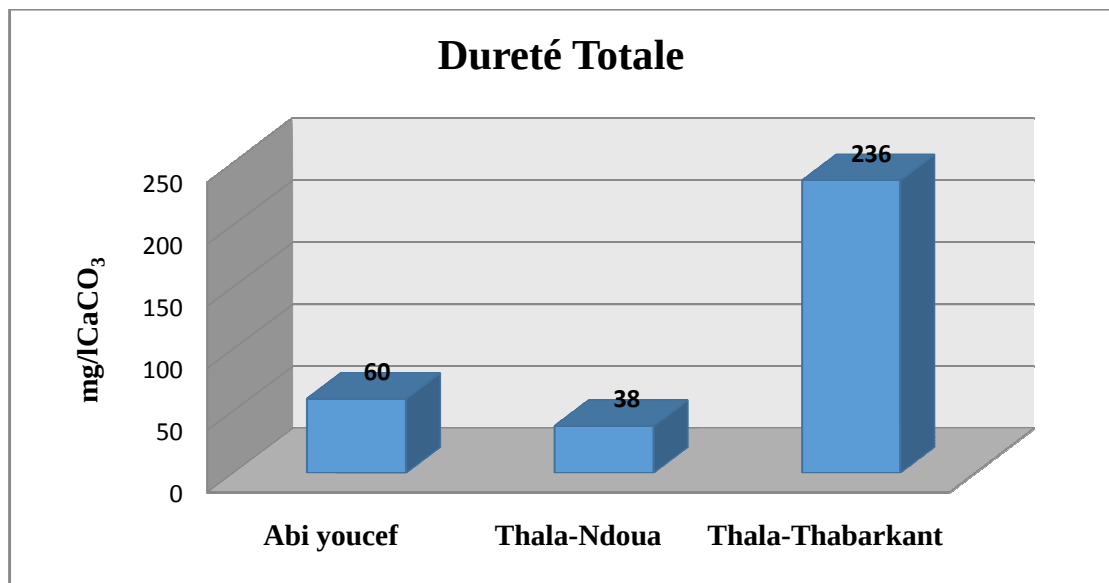


Figure 17 : Valeurs de la dureté totale pour les trois sources d'eau.

L'analyse mentionne une dureté totale de 38 mg/l de CaCO_3 pour la source Abi youcef et 60 mg/l de CaCO_3 pour la source Thala-Thabarkant. Ces eaux sont donc des eaux douces.

Pour la source Thala-Thabarkant, les résultats mentionnent une valeur de 236 mg/l de CaCO_3 . Donc c'est une eau à dureté moyenne.

D'après les résultats obtenus, nous constatons que ces trois sources répondent aux normes indiquées par la réglementation Algériennes.

I-3-Les paramètre indésirable

❖ Le fer ferreux (Fe^{2+})

La figure 18 ci-dessous représente les résultats du dosage du Fer en mg/l pour nos échantillons.

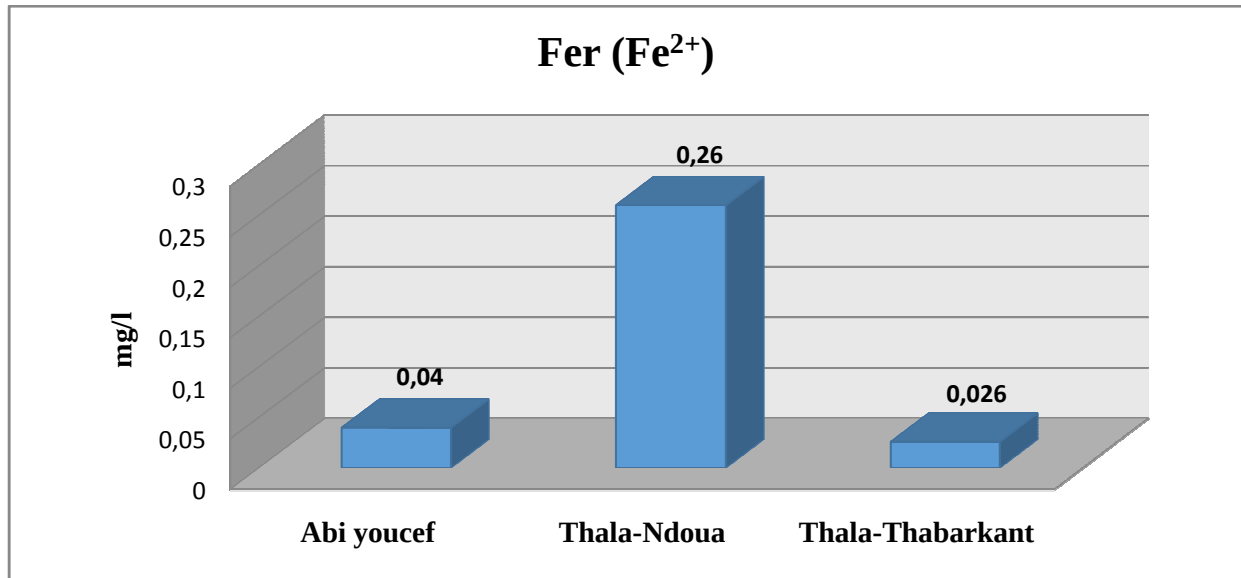


Figure 18 : Valeurs du Fer pour les trois sources d'eau.

Le fer est un élément de la croûte terrestre, sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrogéologiques (REJSEK, 2002).

Les résultats obtenues pour nos eaux étudiées sont compris entre 0,026 mg/l pour Thala Thabarkant et 0,04 pour la source d'Abi youcef.

Les résultats mentionnent une valeur de 0,26 mg/l pour Thala-Ndoua. Ceci peut s'expliquer d'une part, par l'oxydation facile du fer en présence d'humidité, et d'autre part les eaux des terrains à faible perméabilité contenant moins d'oxygène se chargent en fer, ce qui facilite sa solubilité dans l'eau (REJSEK, 2002).

D'après les résultats, nous constatons que ces trois sources répondent aux normes prescrites par la réglementation Algérienne (0,3 mg/l).

I-4- les paramètres de pollution

Les différents paramètres de pollution analysés sont représentés dans la figure suivante :

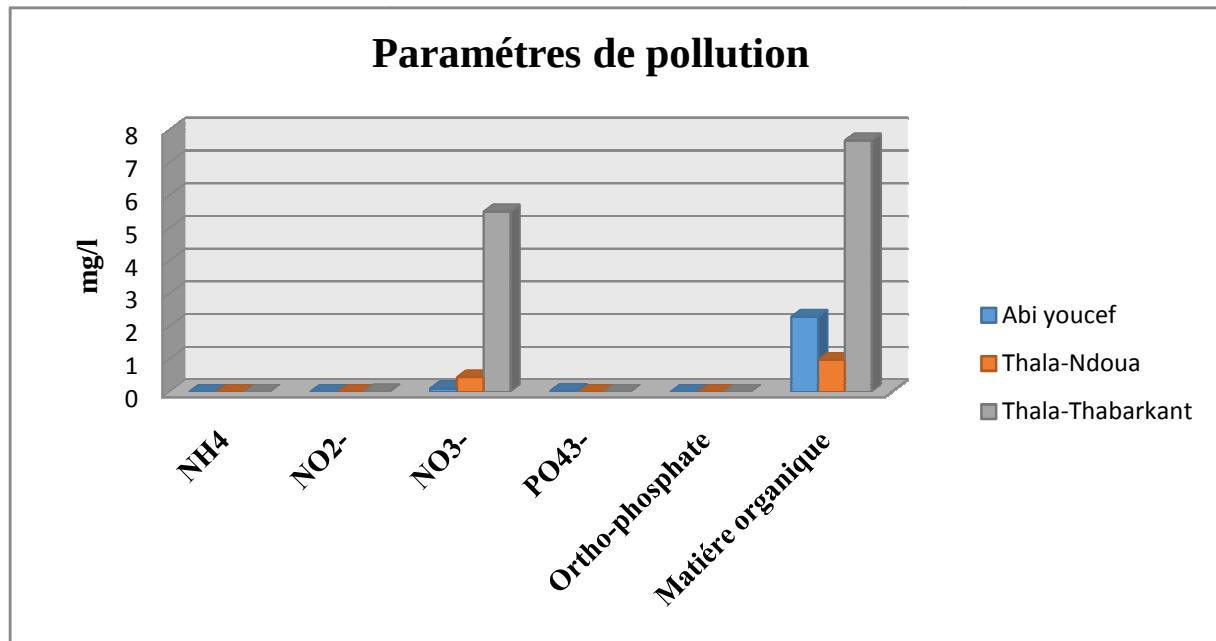


Figure 19 : Résultats des paramètres de pollution pour nos échantillons.

❖ L'ammonium (NH₄⁺)

Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries. La réglementation de notre pays fixe 0,5 mg/l comme teneur limite. La teneur trouvée au niveau de nos trois sources est nulle, ce qui indique l'absence d'une pollution ammoniacal.

❖ Les nitrites (NO₂⁻)

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles constituent le stade intermédiaire entre les ions ammonium (NH₄⁺) et les nitrates (NO₃⁻), elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates. Les résultats d'analyses dévoilent que les sources Abi youcef et Thala-Ndoua ne présentent aucune trace de nitrites, mais la source Thala Thabarkant présente quelque traces de nitrites inférieures à 0,2 mg/l.

Les résultats obtenus sont conformes aux normes tolérées pour les eaux de consommation.

❖ Les nitrates (NO₃⁻)

Globalement les résultats obtenus sont dans les normes. Leur présence dans les eaux Thala-Ndoua et Thala Thabarkant peut être due aux rejets urbains et aux drainages des épandages d'engrais utilisés en agriculture.

❖ Les phosphates (PO_4^{3-})

Le phosphate joue un rôle important dans le développement des algues.

Tous les échantillons analysés, mentionne des teneurs nulles de phosphates, vu que le phosphate est un paramètre de pollution, cette absence nous renseigne sur l'absence de toute pollution organique.

Les matières organiques oxydables en milieu acide

C'est un test qui permet d'évaluer la quantité de matière organique et des substances réductrices oxydables présentent dans l'eau.

Selon la classification de Rodier :

Une eau est très pure pour une teneur inférieure à 1 mg/l ;

Une eau est dite potable pour des teneurs comprises entre 1 et 2 mg/l ;

Une eau est dite suspecte pour des teneurs comprises entre 2 et 4 mg/l ;

Une eau est mauvaise pour des teneurs supérieures à 4 mg/l.

Les résultats d'analyses effectuées montrent que l'eau de la source Thala-Ndoua se caractérise par une faible teneur en matières oxydables, elle est inférieure à 1 mg/l, donc c'est une eau pure. Et mentionne une valeur de 2,29 mg/l pour la source d'Abi youcef, donc cette source est exposée à une pollution organique. Et la source Thala Thabarkant, présente une teneur élevée en matières organique supérieure à 5 mg/l.

D'une façon générale, la teneur élevée en matières organique devra toujours faire suspecter une contamination microbienne ou autre, cette contamination est due à la décomposition d'origine animale ou végétale élaborées sous l'influence des microorganismes.

I-5-Classifications des trois sources d'eau**❖ Classification selon Stabler**

D'après Stabler, la classification des deux eaux se fait en comparant les teneurs des cations entre eux et des anions entre eux.

La figure ci-dessous montre les valeurs moyennes des cations et les anions

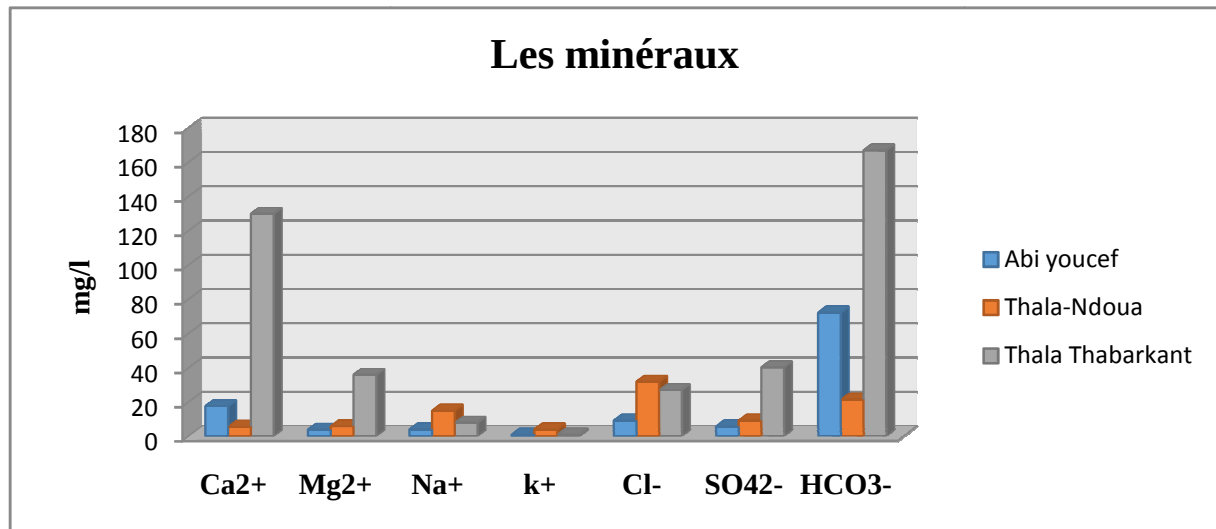


Figure 20 : Classification des eaux selon Stabler.

Dans notre cas d'étude pour :

-La source d'Abi youcef : la teneur en calcium (Ca^{2+}) est plus élevée parmi les cations considérés et pour les anions c'est la teneur en bicarbonates (HCO_3^-) qui est la plus élevée.

Cette classification montre que l'eau de la source Abi youcef est bicarbonatée calcique.

-La source Thala-Ndoua : la teneur en sodium (Na^+) est plus élevée parmi les cations considérés et pour les anions c'est la teneur en chlorure (Cl^-) qui est la plus élevée.

Cette classification montre que l'eau de la source Thala-Ndoua est chlorée sodique.

-La source Thala Thabarkant : la teneur en calcium (Ca^{2+}) est plus élevée parmi les cations considérés et pour les anions c'est la teneur en bicarbonates (HCO_3^-) qui est la plus élevée.

Cette classification montre que l'eau de la source Thala Thabarkant est bicarbonatée calcique.

Conclusion

Les résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur les eaux des différentes sources, nous ont permis de conclure que la situation géographique de ces dernières peut avoir une influence sur les teneurs des éléments constitutifs de l'eau. Ceci pourrait être dû à la géologie du sol.

Nous constatons que les sources des régions d'Abi youcef et Bouzeguene sont dominées par des terrains qui se caractérisent par des roches calcaireuses. Ce qui permet de les classer comme des eaux bicarbonatées avec une prédominance du carbonate de calcium.

Par contre, l'eau de la source Thalat-Ndoua est chlorée sodique. En effet la région de Yakourene est dominée par des terrains salés. Ce sel peut provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium.

II-Interprétation des résultats bactériologiques

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de Bactériologie des Aliments, des Eaux et de l'Environnement de l'Institut Pasteur d'Algérie, et consistent en recherche des Coliformes totaux, fécaux et des Streptocoques fécaux.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Résultats des analyses bactériologiques des trois sources d'eau.

Germes	Abi youcef 10/04/2016	Thala N-doua 04/04/2016	Thala Thabarkant 12/04/2016	Normes Algérienne
Coliformes totaux (c/100ml)	00	00	240	00
E-Coli (c/100ml)	00	00	203	00
Streptocoques fécaux (c/100ml)	00	00	09	00
Germes totaux :				
A 37°C (c/ml)	04	00	>300	10
A 22°C (c/ml)	10	00	>300	100

Les analyses bactériologiques ont permis d'en déduire les résultats suivants :

❖ Les Coliformes totaux

Les résultats d'analyses ont permis d'enregistrer la valeur de 240/100 ml pour la source de Thala Thabarkant, cette valeur est extrêmement élevée et dépasse largement la norme (0/100ml) ce qui nous laisse soupçonner une présence d'une contamination fécale.

Les deux sources d'Abi youcef et Thala N-doua marquent une absence de coliformes totaux ce qui montre que l'eau de ces deux sources est conformes aux normes Algériennes.

❖ Escherichia coli

Les résultats d'analyse pour la source de Thala Thabarkant donnent une valeur extrêmement élevée de 203/100 ml dépassant la norme autorisée, ce qui témoigne une contamination fécale véritable. Cela est probablement due aux rejets des eaux usées qui passent à proximité de la source.

Pour les deux sources Abi youcef et Tha N-doua l'absence d'E. Coli montre que l'eau de ces sources est conforme aux normes Algériennes (00/100ml).

❖ Les streptocoques fécaux

Les résultats d'analyses indique la valeur de 09/100ml pour la source de Thala Thabarkant , cette valeur est très élevée par rapport aux normes (00/100ml) et confirme la présence d'une contamination bactériologique d'origine fécale.

nous constatons l'absence totale des Streptocoques fécaux dans les sources Abi youcef et Thala N-doua Confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre.

❖ Les germes totaux

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme un type d'indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique ; celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne. La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe.

Les résultats obtenus varient entre 00 et 10 germes /ml à 22°C et 00 à 04 germes /ml à 37°C, pour les sources Thala N-doua et Abi youcef. Ils restent conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 10 germes par ml à 37°C et ≤ 100 germes par ml à 22° C).

Thala Thabarkant dépasse largement la norme qui est supérieure à 300 germes/ml à 22°C et à 37°C.

Le tableau suivant représente la classification bactériologique des eaux selon l'institut Pasteur.

Tableau 9 : Classification bactériologiques des eaux selon l'institut Pasteur d'Algérie, (1977).

Coliformes	E-Coli	Streptocoques fécaux	Conclusion
-	-	-	Eau de bonne qualité bactériologique : potable
+	+	-	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	+	Eau de mauvaise qualité bactériologique : non potable
+	-	-	Eau de qualité bactériologique suspecte : consommation déconseillée

(-) : absence ; (+) : présence

Conclusion

Les Coliformes totaux parmi lesquels *E. coli*, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux ils sont considérés comme étant des organismes indicateurs de pollution.

La forte charge en bactéries et germes pathogènes pour l'eau de source de Thala Thabarkant peut s'expliquer par :

- L'absence de périmètres de protection (sources non entretenues) ;
- Les matières végétales ou une pollution biologique d'origine urbaine ou domestiques (les eaux usées) ;
- L'élévation de température qui favorise la croissance des microorganismes.

La qualité bactériologique de cette eau est très médiocre, avec une présence d'une contamination fécale importante, ce qui fait que cette source est impropre à la consommation, et représente un danger sur la santé des habitants. Selon GUIRAUD (1998), lorsqu'il y a à la fois streptocoques et *E.Coli* dans l'eau, la contamination fécale est certaine.

Les résultats d'analyses bactériologiques effectuées sur les eaux de sources Abi youcef et Thala N-doua répondent aux normes recommandées, car tous les contrôles sont satisfaisants,

ceci est du essentiellement à la situation géographiques des deux sources (en altitude) .Ces résultats nous laisse dire que l'eau de ces sources est de qualité bactériologique saine donc potable.

Toutefois, la pollution et la contamination d'une eau peuvent apparaitre soudainement. Seules les analyses répétées peuvent déterminer la variation de la qualité de l'eau (RODIER, 1984).

Conclusion Générale

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

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité organoleptique, physico-chimique et bactériologique des eaux de source de trois régions différentes : Abi youcef ; Yakouren et Bouzeguene situées dans la wilaya de Tizi-Ouzou destinées à la consommation humaine.

Les différents résultats nous ont permis de conclure que :

- ❖ Les trois sources d'eau sont de bonne qualité physico-chimique ;
- ❖ L'analyse bactériologique à l'Institut Pasteur a permis de montrer que les deux sources d'Abi youcef et Thala N-doua sont des eaux de bonne qualité, en revanche l'eau de Thala Thabarkant est une eau de mauvaise qualité due à la présence des coliformes, streptocoques et des E.Coli.

La forte prolifération des microorganismes dans l'eau de source de Thala Thabarkant indique la vulnérabilité de cette dernière et le manque de protection, de fait qu'elle soit proche des habitations et des rejets domestique. Cette dégradation affecte la qualité de l'eau, par conséquent, la santé des consommateurs.

Pour préserver les eaux de sources nous recommandons :

- La conception et la mise en œuvre d'un programme de surveillance de la qualité et de l'assurance de la conformité ;
- De sensibiliser les populations contre les eaux non-contrôlées et leur expliquer les risques éventuels ;
- D'organiser des unités de contrôle pour la totalité des eaux consommées par les populations ;
- D'améliorer les réseaux d'évacuation des eaux usées ;
- De mettre les canalisations en PVC.

Par ailleurs, il est vivement recommandé une surveillance accrue ponctuée par un contrôle rigoureux et régulier de cette matière sensible, tout au long de l'année. Ceci permet de préserver la qualité de l'eau de cette source et de se prémunir contre toutes formes de pollution.

Références Bibliographiques

« A »

- **Alain V. et Alain B. (2005).** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses Quae, 336p.

« B »

- **BAHIR M et MENNANI A. (2002).** Problématique de la gestion des eaux souterraines au Maroc. Estudios. Geol., 58: 103-108.
- **BERNARD C. (2007).** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar. Ilc.
- **BEAUCHAMPS J. (2006).** Qualité et pollution des eaux souterraines, l'université de Picardie Jules V^{ème}. France.
- **BORDET J. (2007).** L'eau dans son environnement rural. Editions Johanet. Paris. 309p.
- **BOURGEOIS C. LEVEAU J. et al. (1980).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires, Volume 3 : Le contrôle microbiologique, Collection Sciences et techniques agro-alimentaires, 331p.
- **BOUZIANI M. (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Ibn Khaldoun. 247p.
- **BOUCHESEICHE C. CREMILLE E. PELTE T. et POJER K. (2002).** Pollution toxique et écotoxicologie : notions de base. Guide technique SDAGE 7. Comité de Bassin Rhône-Méditerranée Corse, 84 p.
- **Bliefert C. Perraud R. (2001).** Chimie de l'environnement. Air, Eau, Sol, Déchets. De Boeck. Bruxelles. 477 p.

« C »

- **CASTANY G. (1982).** Principes et méthodes de l'hydrogéologie, Dunod université, Paris, 238 p.
- **CHERY .L. (2006).** La qualité des eaux souterraines : Méthode de caractérisation des états de référence des aquifères français. Ed brgm. Paris.
- **COURT L. (1986).** Le coût économique et social de la pollution de l'eau. Tome I : les micropolluants et la législation. Ed. Lavoisier-Tec et Doc. Paris.

« D »

- **DEFRANCESCHI M. (1996).** L'eau dans tous ses états. Edition Marketing S.A, Paris.
- **DEGREMONT (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome I. 10^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris. 859p.
- **DEGREMONT (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome II. 10^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris. 859p.
- **DELARRAS C. (2003).** Surveillance Sanitaire et Microbiologique des Eaux : Réglementation. Prélèvement., Analyse P : 103.215.97.98.
- **Desjardins R. (1990).** Le traitement des eaux 2^{ème}ed 1990 de l'école polytechnique Montréal. 304 p.

- **DESJARDINS (1997).** Le traitement des eaux 2^{ème} Edde l'école polytechnique de Montréal.ISBN978-2-553-00643-2.

« F »

- **FOLIGUET J. (1982).** Journal water schwartozbrod institution.

« G »

- **GAUJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques. Aide –mémoire.2^{ème} édition.Ed Tec et Doc.49p.
- **GALZY P et GUIRAUD J-P. (1998).** L'analyse Microbiologique dans les industries Alimentaires. Ed. L'usine.
- **GRASCLAUD G. (1999).** L'eau. Tome I : milieu naturel et maitrise. Edition INRA. Paris.
- **GENOUTDET. (2001).** L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.
- **GUIRAUD J.P. (1998).** L'eau usage et polluants. Edition DUNOD. Paris.

« H »

- **HILLEL D. (1988).** L'eau et le Sol : principe et processus physiques. 2^{ème} Ed ACADEMIA Louvain-la-Neuve.
- **KENNETH.M. (1976).** Biologie de la pollution. Edition Librairie Vuibert. Paris.

« L »

- **LEVEQUE C. (1996).** Ecosystème aquatique, Edition Hachette livre. Paris.
- **LUNC J. et LAGRADETTE M.(2004).** L'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris.
- **LOUNNAS A. (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station HAMADI-KROMA de Skikda, Thèse de Magister, Université de Skikda.

« M »

- **MABILLOT A. (1986).** Le forage de l'eau : Guide pratique. Ed. Johnson. Filtration systémis.
- **MORLOT M. (1996).** Aspects analytique du plomb dans l'environnement. Ed. Lavoisier. Tec et Doc.
- **MICHARD G. (2002).** Chimie des eaux naturelles.principe de geochimie des eaux.Ed publisud.461p.

« P »

- **PERRY J. (1984).** Microbiologie : cours et question de révision. Edition Dunod. Paris.
- **PESSON P. (1976).** La Pollution des eaux continentales:incidences sur les biocénoses aquatiques Ed. Gauthier-villars .285p.
- **POTELON J et ZYSMAN K. (1998) :** le guide des analyses d'eau potable. Edition la lettre du cadre territoriale,paris France .
- **PFOHL A et LSZKOWICZ.(1999).** Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau .Schwartozbrod,Institution. Faculté de pharmacie Nancy France. 65p.

« R »

- **RAMADE F. (1994).** Elément d'écologie : écologie fondamentale. Ed. Ediscience internationale. Paris, France.
- **RAMADE F. (1998).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Ediscience internationale. Paris, France.
- **RAMADE F. (2005).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Ediscience international. Paris, France.
- **REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux- Aspects réglementaires et techniques, Biologie technique CRDP d'aquitaine. 358p.
- **RODIER J.(1996).** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6^{ème} édition: Dunod, Paris.
- **RODIER J. (2005).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelle, eaux naturelles, eaux Résiduaires.eau de mer 8^{ème} édition. Edition Dunod.
- **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R. (2009).** L'analyse d'eau. 9^{ème} Ed. Dunod, Paris.
- **ROUX J-C.(1989).** Analyse biologique de l'eau. Etude de Synthèse.office national de l'eau édition du BRGM, n° 23.113p.
- **ROUGIER H. et WACKERMANN G. (2009).** L'eau ressources et usages. Ellipses Editions Marketing, Paris. Collection carrefour.270 p.

« S »

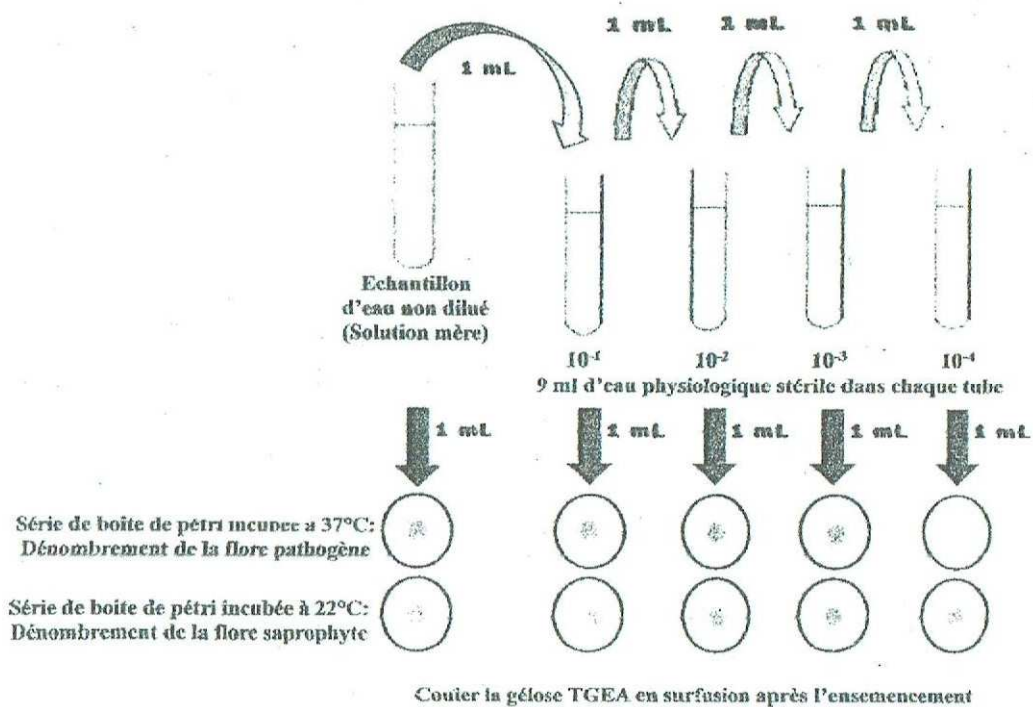
- **SAMAKE H. (2002).** Thèse de doctorat analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001 faculté de médecine .58p.
- **SARI H.(2014).**Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » (Tlemcen).Diplôme Master. Université ABOU-BEKR BELKAID Tlemcen. Sciences des aliments. 92p.
- **SCHWARTZBROD L.(2000).**Virus humains et santé public conséquence de l'utilisation des eaux usées et des boues en agricultures conchyculture. Thèse de doctorat,Université de Nancy France.289p.

« V »

- **VILAGINES R. (2003).** Eau, environnement et santé publique : introduction a l'hydrogéologie. 2^{ème} édition. Lavoisier Tec et Doc, Paris.

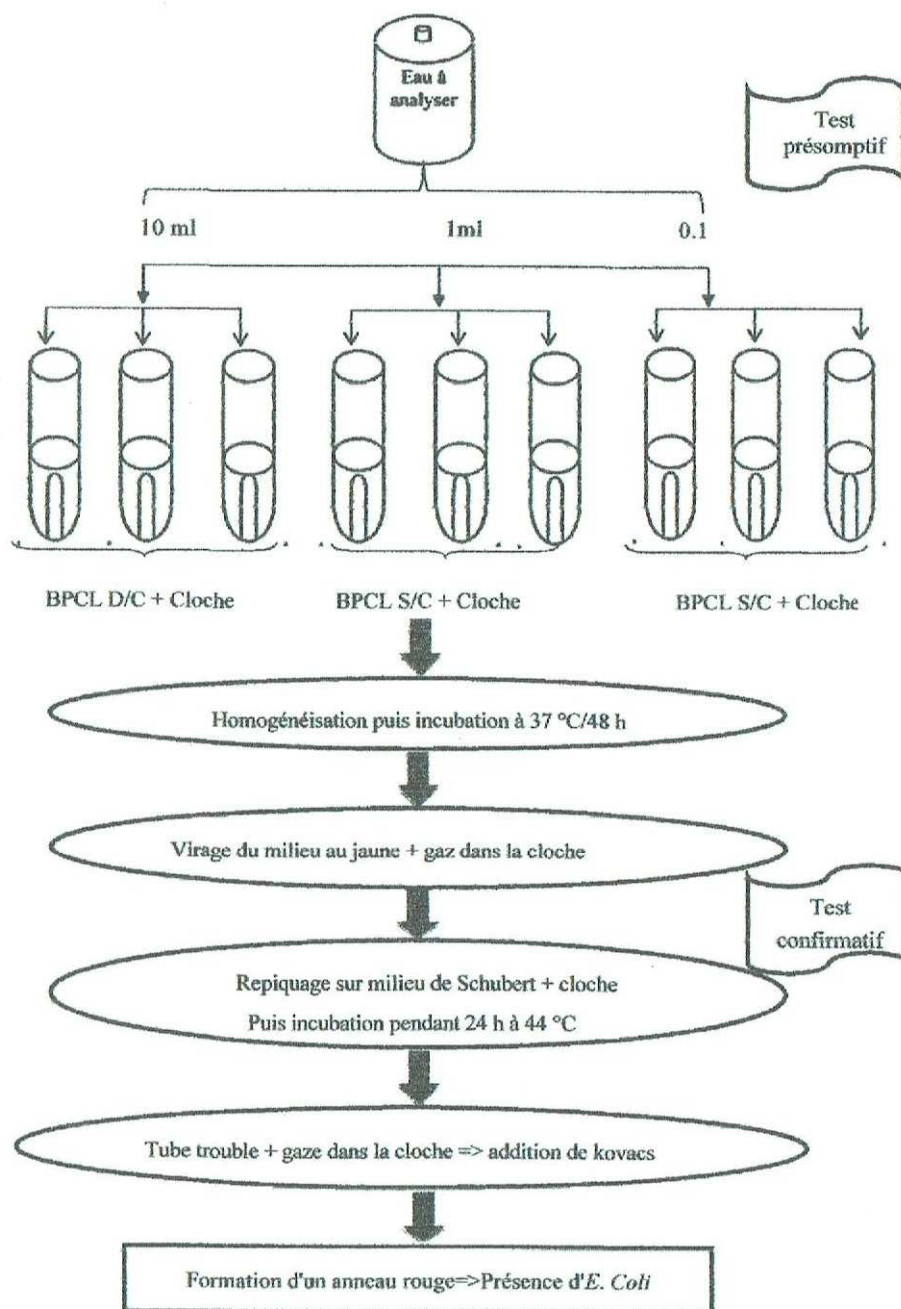
- **Anonyme1.(2002).** Cahier technique de stage XXI Normes de qualité d'une eau de boisson. ADE de Tizi-Ouzou (2002).
- **Anonyme2.(2006).** Organisation Mondiale de la santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson. (2006).
- **Anonyme 3 :** JOURNAL OFFICIEL de la République Algérienne N°60 .30 Radjab 1426 correspondant au 4 septembre 2005.
- **Anonyme.** (2005). Centre d'information sur l'eau disponible sur internet CIE.

Annexes

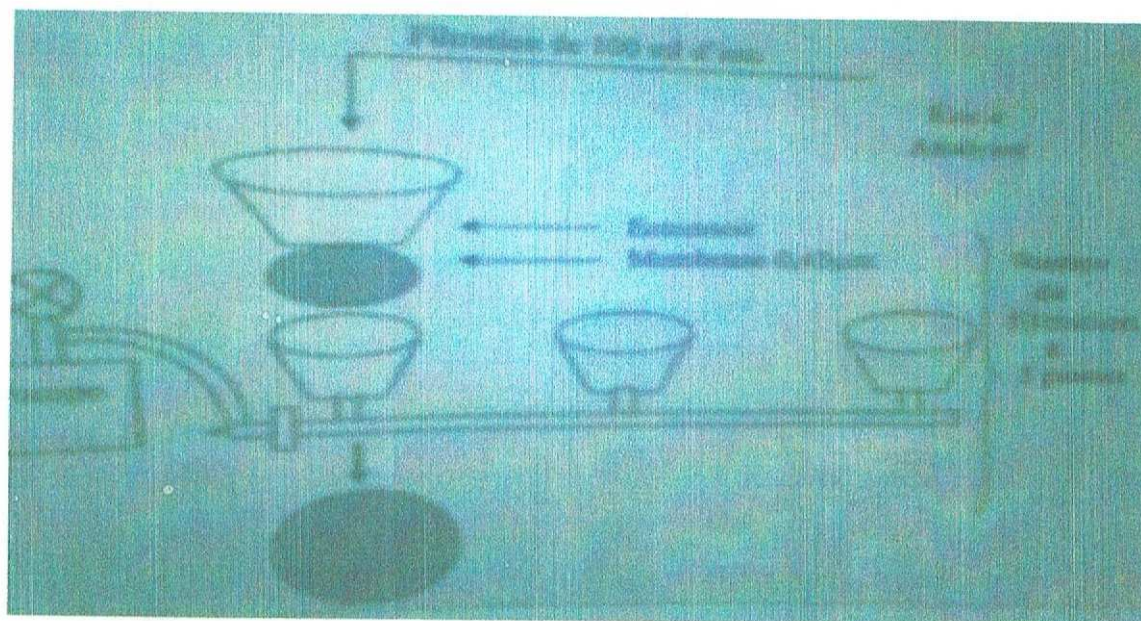
Annexe 1 : Schémas des modes opératoires bactériologiques**1. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables à 22°C et 37°C**

2. Recherche et dénombrement des *Escherichia coli* et des bactéries coliformes

Méthode de dénombrement en milieu liquide par détermination du nombre le plus probable (NPP)



➤ Méthode par filtration par membrane

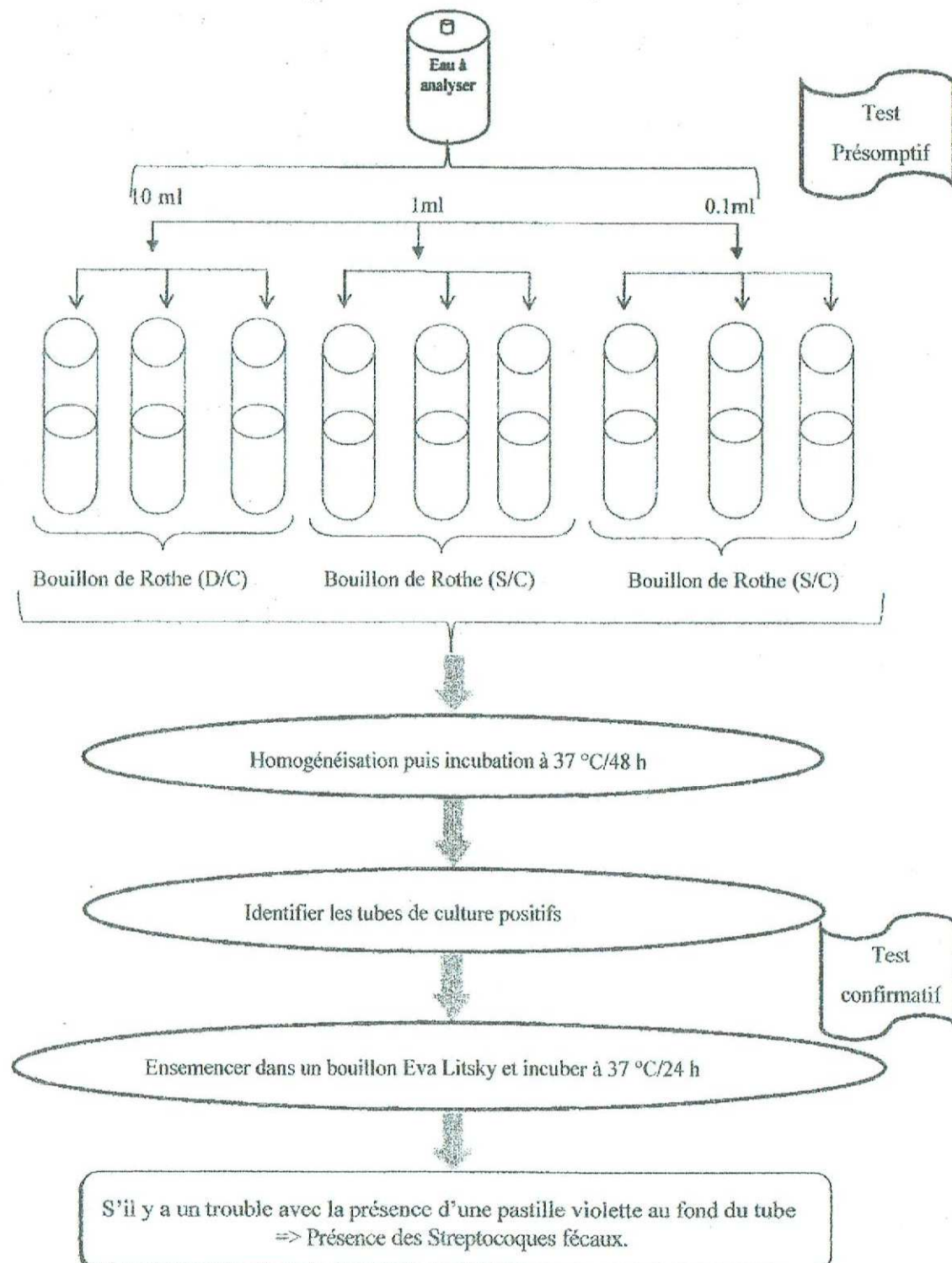


Milieu Rapide Coli



Incuber à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant
 21 ± 3 heures voire 44 ± 4 heures

3. Recherche et dénombrement des streptocoque fécaux



Annexe 2 : Composition des milieux de cultures**1- Tryptophane Glucose Extrait d'Agar (TGEA)**

Tryptophane	5g
Glucose	1g
Extrait de levure	2,5g
Eau distillée	1000ml
pH	7,21
Autoclavage	120°C pendant 15min.

2- Milieu indole mannitol : Schubert

Tryptone	0,2g
Sulfate de magnésium	0,7g
Acide glutamique	0,2g
Sulfate d'ammonium	0,4g
Citrate de sodium	0,5g
Chlorure de sodium	2,0g
Mannitol	7,5g
Eau distillée	500ml
Tampon phosphaté	500ml
pH	7,2
Autoclavage	115°C pendant 10min.

3- Bouillon lactosé au propre de Bromocresol (BCPL)

Annexe

3-1- double concentration :

Extrait de viande de bœuf	6g
Peptone	10g
Lactose	10g
Pourpre au bromocresol	0,06g
Eau distillée	1000ml
pH	6,7
Autoclavage	120°C/min

3-2-simple concentration

Extrait de viande de bœuf	3g
Peptone	5g
Lactose	5g
Pourpre au bromocresol	0,03g
Eau distillée	1000ml
pH	6,7
Autoclavage	120°C/min.

4-Milieu Rapide Coli (RC) :

En gramme par litre d'eau distillée.

Peptone bactériologique	3,0g
Chlorure de sodium	5,0g
Tampon phosphaté	4,9g
Pyruvate sodique	1,0g
Tryptophane	1,0g
Sorbitol	1,0g
Mélange chromogénique	0,36g
Tergitol 17	
Agar bactériologique	0.1g
pH final 25°C : 6,8± 0,2.	10g

5- Bouillon lactosé à l'azide de sodium : Milieu Rothe

Annexe

5-1- Double concentration

Peptone	40g
Glucose	10g
Chlorure de sodium	10g
Phosphate bi potassique	5,4g
Phosphate mono potassique	5,4g
Azide de sodium	0,4g
Eau distillée	1000ml
pH	6,8 – 7
Autoclavage	121°C pendant 15min.

5-2-Simple concentration

Peptone	20g
Glucose	5g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate bi potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Eau distillée	1000ml
pH	6,8 – 7
Autoclavage :	121°C pendant 15min.

6-Bouillon glucosé à l'éthyle violet et azide de sodium : milieu Litsky

Tryptone	20g
Glucose	5g
Chlorure de sodium	5g
Phosphate bi potassique	2,7g
Phosphate mono potassique	2,7g
Azide de sodium	3g
Ethyle violet	0,0005g
Eau distillée	1000ml
pH	6,8 – 7
Autoclavage	121°C pendant 15min.

7-Gélose Viande-Foie

Annexe

Base viande- foie	30g
Glucose	2g
Amidon	2g
Sulfite de sodium	2,5g
Sels de fer	0,5g
Agar	11g
pH avant autoclave	7,7
Stérilisation à l'autoclave	121 ± 3°C pendant 15min additifs : sulfite de sodium, alun de fer.

Annexe 3 : Préparation des solutions (Laboratoire ADE)

1. Solution d'EDTA 0,02N

- Sel di sodique de l'acide éthylène diamine tétracétique (poudre séchée pendant 1heure à 180°C) 3,725g
- Eau distillée 1000 ml

2. Préparation de solution N.E.T à 0,5 %

Dissoudre 0,5 g de sel de sodium de mordant noir 11 dans 100 ml de triéthanolamine $[(HOCH_2)_3N]$. Il est possible d'ajouter jusqu'à 25 ml d'éthanol à la place de la triéthanolamine, afin de diminuer la viscosité de la solution.

Cet indicateur est aussi appelé noir ériochrome T (NET). Un mélange de 1 g de noir ériochrome et de 100 g de chlorure de sodium (NaCl) peut-être utilisé comme indicateur. ----

-Conserver à l'abri de la lumière

3. Préparation de solution tampon à PH = 10

- Chlorure d'ammonium (NH_4Cl) : 67,5g
 - Ammoniaque (d= 0,925) : 570 mL
 - Sel disodique de magnésium de l'EDTA ($C_{10}H_{12}N_2O_8Na_2Mg$) : 5 g
 - Eau dé ionisée : 1 L
- Conserver la solution en flacon de polyéthylène. Vérifier le pH qui doit être égal à 10 sur une dilution au 1/10 de la solution avec de l'eau dé ionisée.

4. Préparation de solution Phénophtaléine à 0,5%

- Phénophtaléine 0.5 g
- Alcool éthylique 100 ml
- Eau distillée 100 ml

5. Préparation de solution méthyle orange à 0,5%

- méthyle orange 0.5g
- Eau distillée 100 ml

6. Préparation de solution de Nitrates d'argent 0.02N

- Nitrate d'argent ($AgNO_3$ séché) 1.6985g
- Eau distillée 500 ml

Annexe

-Conserver à l'abri de la lumière

7. Chromate de potassium K_2CrO_4

-Chromate de potassium K_2CrO_4	10g
- Eau distillée	100 ml

8. Préparation de solution d'hydroxyde de sodium NaOH 0.1N

- NaOH	1.124g
- Eau distillée	275 ml

9. Préparation de solution Acide chlorhydrique 0, 1N

- Acide chlorhydrique pure (HCL)	8 ml
- Eau distillée	1000 ml

*** Préparation de solution Acide chlorhydrique 0, 02N**

- Acide chlorhydrique 0.1N	100 ml
- Eau distillée	400 ml

10. solution de dichloroisocyanurate de sodium

Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 100ml avec de l'eau distillée.

• **Réactif mixte**

Dissoudre 40 gr d' amino-4 benzène sulfonamide ($NH_2C_6H_4SO_2NH_2$) dans un mélange formé de 100ml d'acide orthophosphorique et de 500ml d'eau. Ajouter 2 gr de dichlorhydrate de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane ($C_{10}H_7NH-CH_2-CH_2-NH_2 \cdot 2HCl$), compléter le volume à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est stable pendant un mois si elle est conservée entre 2 et 5°C.

• **Réactif mélange (solution molybdate acide)**

Dissoudre 13 g $\pm$ 0.5 g d'heptamolybdate d'ammonium tétrahydraté $[(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O]$ dans 100 ml $\pm$ 5 ml d'eau. Dissoudre 0.35 g $\pm$ 0.05 g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté $[K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot \frac{1}{2}H_2O]$ dans 100 ml $\pm$ 5 ml d'eau. Ajouter, tout en agitant, la solution de molybdate à 300 ml $\pm$ 5 ml d'une solution d'acide sulfurique à 9 mol/L. Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger. Conservé dans une bouteille en verre brun, ce réactif est stable pendant au moins deux mois.

11. Acide ascorbique, solution, $\rho = 100$ g/l

Dissoudre 10 g $\pm$ 0.5 g d'acide ascorbique ($C_6H_8O_6$) dans 100 ml d'eau.

Cette solution est stable pendant deux semaines si elle est conservée dans une bouteille en verre brun au réfrigérateur et peut être utilisée tant qu'aucune coloration n'apparaît

PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

(PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITEES)

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres organoleptique	Couleur	Mg/l platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 12 ° C	Taux dilution	4
	Saveur 25 ° C	Taux dilution	4
Paramètres physicochimiques en relation avec la structure naturelle de l'eau	Alcalinité	Mg/l en Ca Co3	500
	Calcium	Mg/l en Ca Co3	200
	Chlorures	Mg/l	500
	Concentration en ions d'hydrogènes	Unité pH	>6,5 et <9
	Conductivité à 20 ° C	µ S/cm	2800
	Dureté	Mg/l en Ca Co3	200
	Potassium	Mg/l	12
	Résidu sec	Mg/l	1500
	Sodium	Mg/l	200
	Sulfates	Mg/l	400
	Température	° C	25
Paramètres chimique	Aluminium	Mg/l	0.2
	Ammonium	Mg/l	0.5
	Baryum	Mg/l	0.7
	Bore	Mg/l	1
	Fer total	Mg/l	0.3
	Fluorures	Mg/l	1.5
	Manganèse	µ g/l	50
	Nitrates	Mg/l	50
	Nitrites	Mg/l	0.2
	Oxydabilité	Mg/l O2	5
	Phosphore	Mg/l	5
	Acrylamide	µ g/l	0.5
	Antimoine	µ g/l	20
	Argent	µ g/l	100
	Arsenic	µ g/l	10
	Cadmium	µ g/l	3
	Chrome total	µ g/l	50
	Cuivre	µ g/l	2
	Cyanure	µ g/l	20
	Mercur	µ g/l	6

Annexe

	Nickel	µg/l	70
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	Mg/l	5
	Chlore	Mg/l	5
Paramètres microbiologiques	Escherichia coli	n/100ml	0
	Entérocoques	n/100ml	0
	Bactéries sulfitoréductrices	n/200ml	0

Les normes de potabilité selon l'OMS en 2006

GROUPE DE PARAMETRE	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
Paramètres physiques	PH		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	Conductivité		pas de norme
	Température		Acceptable
	Turbidité		Non mentionnée
Paramètres organoleptiques	Couleur		Pas de valeur guide
	Goût et odeur		Acceptables
Eléments toxiques	Arsenic (As)	mg/l	0.01
	Cadmium(Cd)	mg/l	0,003
	Chrome Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	mg/l	chrome total : 0,05
	Cyanure (CN ⁻)	mg/l	0,07
	Mercure (Hg)	mg/l	inorganique : 0,006
	Sélénium(Se)	mg/l	0,01
	Plomb(Pb)	mg/l	0,01
	Antimoine(Sb)	mg/l	0.02
	Fer(Fe)		Pas de valeur guide
	Manganèse(Mn)	mg/l	0 ,4

Annexe

Eléments indésirables	Aluminium(Al)	mg/l	0,2
	Cuivre (Cu ²⁺)	mg/l	2
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	0.5
	Argent		Pas de valeur guide
	Fluorures	mg/l	1,5
	Zinc(Zn)	mg/l	3
	Bore(B)	mg/l	0.5
	Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P ₁ 3	µg/l	0.1
	Pesticides	mg/l	0.0001
Minéralisation Globale	THM (Trihalométhanes) C Cl ₄	µg/l	4
	CalciumCa ²⁺	mg/l	100
	Chlorures(Cl)	mg/l	250
	<u>Dureté mg/l CaCO3</u>	Ppm	200
	Sodium (Na)	mg/l	20
	Potassium (K ⁺)	mg/l	12
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux	nb/100ml	0
	Coliformes fécaux	nb/100ml	0
	Streptocoques fécaux	nb/100ml	0

Annexe

	Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100ml	0
	Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
	Spoires des bactéries	nb/20ml	0
	Vibrions cholériques	nb/10ml	Absence
	Salmonella	nb/5l	Absence

Resumé

L'eau des sources de la Wilaya de Tizi-Ouzou ; **Abi youcef, Thala-Ndoua et Tlala Thabarkant** représentent une ressource importante pour l'alimentation en eau potable pour les habitants de la wilaya de Tizi-Ouzou. A cet effet, le présent travail consiste à effectuer une étude qualitative du point de vue physicochimique et bactériologique de l'eau des sources en se basant sur les normes algériennes de potabilité des eaux de consommation et la réglementation en vigueur, ceci pour assurer la santé et le bien-être du consommateur. Cette étude consiste la comparaison entre trois sources d'eau de tranches altitudinales différentes, en évaluant les paramètres physicochimiques et bactériologiques de ces eaux.

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que l'eau des sources « Abi youcef et Thala Thabarkant » sont des eaux bicarbonatées avec une prédominance du carbonates de calcium, ceci est lié aux terrains traversés donc ces eaux sont dure. « La source Tala N-doua » est Chlorée sodique donc c'est une eau douce. Cependant, les résultats obtenus obéissent aux normes de potabilité de l'eau.

Concernant l'analyse bactériologique, pour les sources « Abi youcef et Thala-Ndoua » les résultats ont révélé l'absence totale des indicateurs de contamination fécale tels que les Coliformes totaux, fécaux et Streptocoques fécaux. On conclue que ces eaux sont de bonne qualité. Elles sont propres à la consommation humaine. Par contre la source « Thala Thabarkant » elle est impropre, déconseillé pour la potabilité.

Mots clés: eau, eaux souterraines, source, analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques, normes de potabilité.

Abstract

The water of the sources of wilaya of Tizi-Ouzou ; **Abi youcef, Thala-Ndoua, Thala Thabarkant** Resprent an important resource of the water of drinking to the inhabitants of tizi ouzou area , for this purpose this present work is to carry out a qualitative study by a physiochemical and bacteriological point of view of this sources of water based on the drinking water of Algerian consomation to assure the healthy and the wellness of the customer, this study is to make a comparaison between three sources of altitudinals slices of different water with evaluation ther phisiochimical and bacteriological settings of this water .

The results of the physiochemical analyczes showed that the water of the sources of « Abi youcef et Thala Thabarkant » is a bicarbonate water with a predominance of carbonates of calcium ; this is due to the crossing grounds so they are tough “ the sources of «Thala N-doua» is chlorinated sodium so it is a fresh water , however the obtained results obey the water potability standards.

Concerning bacteriological analysis for sources «Abi Youcef and Thala - Ndoua » the results revealed the total absence of fecal contamination indicators such as Total coliforms , faecal streptococci and faecal . We concluded that these waters are of good quality. They are fit for human consumption. As against the source " Thala Thabarkant " it is improper, not recommended for potability .

Keywords: Water, groundwater, source, physicochemical analyzes, drinking water standards.