

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES
SCIENCES DE LA TERRE DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
MASTER

Domaine: SNV **Filière:** Sciences Biologie

Spécialité: Biodiversité et environnement

Présenté par :

Mlle GACI CHAHINAZ

Thème

**Etude comparative physico-chimique
bactériologique et biologique de quelques
sources sises sur le versant sud du Djurdjura**

Soutenu le: 15/09/ 2022

Devant le jury composé de:

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>Mme AIMEUR.N</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>Mme BACHOUCHE.N</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>Mme LAMRI.N</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>Mme AKKOUCHE.S</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
<i>Mme LABDAOUI. S</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>CO-Promotrice</i>

Année Universitaire : 2021/2022



Remerciement

Je tiens à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force, la bonne Santé, la patience, la volonté et le courage de mener à bon terme ce travail.

Je remercie Mme BACHOUCHE MESRANE NASSIMA ma promotrice qui m'avez proposé ce travail et accepté de m'encadrer. Son avis et ses remarques, ses critiques et ses qualités humaines apportées au long de ce travail m'ont été précieuses. Je la remercie aussi pour son entière disponibilité tout le long de ce travail

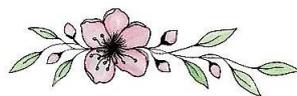
Je tiens à remercier tout particulièrement mon Co-promoteur Mlle LABDAOUI SARA pour m'avoir enseigné, encouragé, guidé et appris beaucoup de choses et d'avoir dirigé de très près le déroulement du travail ; pour avoir répondu Positivement à chaque fois que je la sollicite, le Grand effort pour l'identification des espèces.

J'exprime mes respectueux remerciements à Mr SAIKI chef de laboratoire et Mme NIHAITI et Mme RECHAM chefs de service; de m'avoir permis D'effectuer mon stage en sein du laboratoire centrale de l'ADE Ainsi que tous les membres de l'ADE

(Mr. koussaila; Mme.Yasmine; Mme. Zahra; Mme.Nedjma; Mme.Hayet; Mme. Anissa ; Mme. Lydia ; Zahra Chibane ; Fahim ; Kamilia ; Rania)

Je remercie sincèrement. Mme. AIMEUR. N Qui m'honoré d'avoir accepté de présider le jury. Mme AKKOUCHE.S et Mme. LAMRI.N .d'avoir Accepté d'examiner ce travail. Dans le souci de n'oublier personne, je remercie

vivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement de mes études.





Dédicace

A Ma très chère mère AKKOUCHE ZAHRA qui a toujours été à mes côtés, pour son aide et son soutien tout au long de mes études, pour ses précieux conseils et son sacrifice depuis ma naissance.

Mon très cher père GACI BOUALEM qui m'a toujours encouragé d'aller de l'avant, Et qui on fait de moi ce que je suis aujourd'hui, j'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

Je Dédie ce travail spécialement à ma chère et adorable sœur YASMINE et frère MASTINAS, pour m'avoir constamment soutenu moralement et m'encourager à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées

A mon cher fiancé EZZIDANI OUASSIM; merci! Tu as toujours été à mes côtés sans exception, je t'aime énormément

A mes beaux-parents (SAMIA et MOHAMED)(SMAIL et LOUIZA), merci de m'avoir accueilli dans votre famille ,ma chère belle-sœur LYDIA et son mari EL HADJ, mon beau-frère SMAIL. Je vous aime

A la mémoire de mes grands-parents maternels et paternel

Mes oncles, mes tantes, mes cousins et cousines chacun son nom

A toute la famille paternelle GACI et Maternel AKKOUCHE

Atout(e)s mes ami(e)s LYNDA, ZAHRA, DIHIA, IMANE, LOULA,

CYLIA, CHANEZ.

«La meilleure façon de prédire l'avenir est de le créer » -Peter Drucker-



Liste d'abréviation

ADE: Algérienne des eaux.

MRE: Ministère des Ressources en eau

ANRH: Agence national des ressources hydrique

PH: Potentiel d'hydrogène.

IBGN : Indice Biologique Global Normalisé

BMWP: The Biological Monitoring Working Party

PND : Parc National du Djurdjura

T° : Température

CE: Conductivité électrique

H+ : Hydrogène

S/C: Simple concentration

D/C: Double concentration

%: Pourcent

C°:degré Celsius.

Cl- : ion de chlore

E.D.T.A: Ethylène Diamine Tétra-Acétique.

TAC: Titre Alcalim étriquecomplets.

TA : Titre alcalimétrique.

TDS: Taux des sels dissous.

TH: Titre hydrotimétrique (dureté).

TSI : Triple Sugar Iron.

µs/cm: Micro-simiens par centimètre.

CT: Coliformes totaux.

E. Coli : *Escherichia coli*.

BEA : Bile Esculine Azide.

BCPL: Bromo Crésol Pourpre.

NPP: Le nombre le plus probable.

TGEA: La gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure.

GPS: Global Positioning System

NTU: Unité de Turbidité Néphélométrique.

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

ANRH : Agence nationale des ressources hydriques

ISO: International Standardisation Organisation (Organisation Internationale de la Normalisation)

MRE : Ministère des Ressources en eau

Ca+2 : Ion de Calcium

Mg+2: Ion de Magnésium

NO3- : Ion de Nitrate

NO2- : Ion de Nitrite

PO4+ : phosphate

Mg /L : Milligramme/litre

Fe 2+ : Fer

SO42+:Sulfate

Liste des figures

Titre	page
Figure1: La répartition de l'eau sur terre.	03
Figure2: Les bassins hydrographiques en Algérie.	05
Figure3 : Source de type hypotherme.	09
Figure4: Répartition des sites des eaux minérales naturelles et des eaux de sources en Algérie.	10
Figure5: Phénomène d'eutrophisation.	12
Figure6: L'effet de la pollution sur les poissons.	12
Figure7: Cèdre de l'atlas.	15
Figure8: L'if <i>Taxus Baccata</i> .	16
Figure9 : Le Pin Noir.	16
Figure10: Gypaète barbu.	16
Figure11 : Hyène rayée.	16
Figure12: Singe Magot.	16
Figure13: Carte géographique limite le Parc National du Djurdjura.	16
Figure14: Source Iwakouren.	17
Figure15: Source Ath Ali Outhmim.	18
Figure16: Source Bouhreb.	18
Figure17: Source Noire.	18
Figure18: Source Aguenin Bouzid.	19
Figure19: Source Ighzer Guirwil.	19
Figure20: Source Tiserguine.	19
Figure21: Flacons remplis par l'eau destinée aux analyses physico-chimiques.	20
Figure22: Matériels utilisés.	26
Figure23: Electrodes immergées pour mesurer la Température, TDS, PH et Conductivité.	29
Figure24: Matériels utilisés.	29
Figure25: Schéma et une photo qui représente la technique de filtration sur membrane.	31
Figure26 : Ensemencement sur milieu TSI.	32
Figure27: Tube de Schubert avec résultat de coliforme fécaux positif.	33
Figure28 : Schéma représente la recherche et dénombrement d' <i>Escherichia coli</i>	34
Figure29: Colonies de streptocoques positifs.	36
Figure30: Une étape de la recherche et dénombrement des germes totaux.	36
Figure31: Les étapes de Recherche et dénombrement de clostridium sulfite-Réducteur.	37
Figure32: Les étapes de Dénombrement des coliformes totaux dans un milieu liquide.	37
Figure33: Test confirmatif de la présence d' <i>Escherichia Coli</i> .	37
Figure34: La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux.	37
Figure35: Matériels utilisés.	38
Figure36: Température d'eau des sources étudiées.	41
Figure37: La conductivité des eaux étudiées.	42
Figure38: Potentiel d'hydrogène des eaux des sources d'eau de Djurdjura (versant sud).	43
Figure39: Turbidité des eaux des sources étudiées.	43
Figure40: TH au niveau des sources de Djurdjura (versant sud)	45
Figure41: valeurs de calcium au niveau des eaux des sources de Djurdjura (versant sud).	46
Figure42 : Histogramme représentatif des valeurs de magnésium au niveau des sources.	47

De Djurdjura (versant sud)	
Figure43: Valeurs de chlorure au niveau des sources de Djurdjura (versant sud).	47
Figure44 : Valeurs de titre alcalimétrique complet au niveau des sources de Djurdjura (versant sud).	48
Figure45: Valeurs de sulfate au niveau des sources étudiées (versant sud de Djurdjura).	49
Figure46 : Valeurs de nitrates au niveau des sources étudiées (versant sud du Djurdjura).	49
Figure47 : Une courbe représentative des valeurs de coliforme totaux analysé au niveau des sources d'eau de Djurdjura.	51
Figure48: Une courbe représentative des valeurs de coliforme fécal analysé au niveau Des sources d'eau de Djurdjura.	51
Figure49 : Une courbe représentative des valeurs de coliforme totaux analysé au Niveau des sources d'eau de Djurdjura.	52
Figure50 : Une courbe représentative des valeurs de coliforme totaux analysé au niveau des sources d'eau de Djurdjura.	53
Figure51: Une courbe représentative des valeurs de germes totaux a deux Températures 22° C et 37°C au niveau des sources d'eau de Djurdjura.	53
Figure52: Une courbe représentative des valeurs de Clostrodium sulfito-réducteurs au niveau des sources d'eau de Djurdjura.	54

Liste des Tableaux

Titre	page
Tableau1: Un tableau représentatif des nominations des sites et leurs codes.	41
Tableau2: les valeurs d'analyse physico-chimique complète par plusieurs Paramètres au niveau des sources de Djurdjura (versant sud)	44
Tableau3: Résultats des analyses bactériologiques des sources d'eau de Djurdjura	50
Tableau4: un inventaire préliminaire des macros invertébrées échantillonnées	53

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	01
Chapitre I: Etude bibliographique	
I.1.Généralités sur l'eau	03
I.1.1.Les sources d'approvisionnement hydrique naturelles	03
I.1.1.1.Les eaux atmosphériques	03
I.1.1.2.Les eaux de surface	04
I.1.1.2.1.Les milieux lotiques	04
I.1.1.2.2.Les milieux lentiques	05
I.1.1.3.Les eaux souterraines	05
I.1.2.Les ressources hydriques en Algérie	06
I.1.3.La réglementation	06
I.1.3.1.La réglementation mondiale	06
I.1.3.2.La réglementation algérienne	07
I.1.4.Eau de source	07
I.1.4.1.Définition	07
I.1.4.2.Différents types de source	08
I.1.4.2.1.Sources d'affleurement	08
I.1.4.2.2.Sources de déversement	08
I.1.4.2.3.Sources d'émergence	08
I.1.4.3.Classification des sources	09
I.1.4.3.1.Classifications géologiques	09
I.1.4.3.2.Classification des sources selon la continuité et le débit	09
I.1.4.3.3.Classification des sources selon le thermalisme	10
I.1.4.3.4.Classification des sources selon L'hydrochimie	10
I.1.5.Localisations géographiques des sites des eaux de sources en Algérie	10
I.1.6.Principaux problèmes menaçants les eaux	11
I.1.6. 1.Pollution	11
I.1.6.1.1.1.Pollutions diffuses	11
I.1.6.1.1.2.Pollutions ponctuelles	12
I.1.6.1.1.3.Polluants d'origine agricole	12
I.1.6. 2.Impact de la pollution sur les milieux aquatiques	12
I.1.6. 3.Changements climatiques	14
I.1.7.Evaluation hydro-biologique de la qualité des eaux	
Chapitre II: Matériels et méthodes	
II.1.Présentation du massif montagneux du Djurdjura	14
II.1.1.Etude hydrologique et hydro géographique	14
II.1.1.1.Hydrologie	14

II.1.1.2.Hydrogéographie	15
II.1.2.Cadre biotique	15
II.1.2.1.La flore	15
II.1.2.2.La faune	15
II.2.Description des sites d'études	16
II.2.1.Présentation des sites d'études	16
II.3.Méthodes d'analyse de l'eau	21
II.3.1.Analyse physico-chimique	21
II.3.1.1.Stratégie de prélèvement	21
II.3.1.2.1.Paramètres physiques	23
Température(T°)	23
La conductivité électrique (CE)	23
Le Potentiel Hydrogène (pH)	23
La turbidité	23
II.3.1.2.2.Paramètres chimiques	24
Minéralisation globale d'une eau(T.D.S)	24
II.3.1.2.2.1. Les éléments de la pollution	24
Nitrites(NO ₂ ⁻)	24
Ammonium(NH ₄ ⁺)	24
Phosphate (PO ₄ ³⁻)	24
II.3.1.2.2.2.Paramètres titrimétriques	24
Calcium(Ca ²⁺)	24
Dureté totale(TH)	24
Titre alcalimétrique complet TAC	24
Chlorures(Cl ⁻)	24
II.3.1.2.2.3.Détermination des paramètres colorimétriques	25
Fer(Fe ²⁺)	25
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	25
Nitrate (NO ₃ ⁻)	25
II.3.1.2.2.4.Test de chlore	25
II.3.2.Analyse bactériologique des eaux	25
II.3.2.1.Méthodes de prélèvement, transport et conservation	26
Prélèvement	26
Transport et conservation	26
II.3.2.2.Examen bactériologique des eaux	27
II.3.2.2.1.Dénombrement par filtration sur membrane	28
II.3.2.2.1.1.Recherche et dénombrement de coliforme	28
Les coliformes totaux	28
Les coliformes fécaux	30
Recherche et dénombrement d' <i>Escherichia-coli</i>	30
II.3.2.2.1.2.Recherche et dénombrement des streptocoques(<i>Streptococcus</i>)	31
II.3.2.2.1.3.Recherche et dénombrement des germes totaux	32
II.3.2.2.1.4.Recherche et dénombrement des spores de bactérie anaérobie Clostridium sulfito-réducteur	33
II.3.2.2.2.Dénombrement en milieu liquide par détermination du NPP	34
II.3.2.2.2.1.Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux	34
II.3.2.2.2.2.Dénombrement des streptocoques fécaux	36

II.3.3.Etude des macros invertébrées benthiques	38
II.3.3.1.Techniques d'échantillonnage	39
II.3.3.2.Conservation des échantillons	39
II.3.3.3.Tri et détermination	39
Chapitre III : Résultats et discussions	
I. Paramètre physico-chimiques	39
I.1.Paramètre physique	41
I.1.1.La température	41
I.1.2.La conductivité électrique(CE)	41
I.1.3.Potentiel d'hydrogène (pH)	41
I.1.4.La turbidité	42
I.2.Paramètres chimiques	43
I.2.1.Paramètre de pollution	44
I.2.2.Paramètre titrimétrique	44
I.2.2.1.Dureté totale	44
I.2.2.2.Calcium Ca ²⁺	44
I.2.2.3.Magnésium Mg ²⁺	45
I.2.2.4.Chlorure Cl-	46
I.2.2.5.Le titre alcalimétrique complet(TAC)	47
I.2.3.Paramètre colorimétrique	48
I.2.3.1.Fer (Fe ²⁺)	48
I.2.3.2.SulfateSO ₄ ²⁻	48
I.2.3.3.Les nitrate	48
II. Analyse bactériologique	49
II.1.Coliformes totaux	50
II.2.Coliformes fécaux	50
II.3.Escherichia coli	51
II.4.Streptocoques fécaux	52
II.5.Les germes totaux	53
II.6.Clostridium sulfito-réducteurs	54
III. Analyse biologique	55
Conclusion Générale	58
Bibliographie	
Annexes	

Introduction

L'eau fait partie de notre environnement naturel. Elle constitue l'un des éléments familiers et indispensables de notre vie quotidienne. Cette molécule qui se compose de deux atomes d'hydrogène et un seul atome d'oxygène constitue l'élément le plus mystérieux depuis l'apparition de la terre.

Cette masse liquide est considérée comme l'élément le plus répandu sur terre qui a donné déjà avant 4.5 milliards d'année naissance à la première forme de vie sur notre planète

Et il entretient toujours une relation étroite avec la géosphère, l'atmosphère et la biosphère. Elle interagit avec l'énergie solaire pour déterminer le climat, transforme et transporte les substances physiques et chimiques nécessaires à toute vie sur Terre (**Bos, 2018**). L'eau est un élément de la vie quotidienne elle est si familière qu'on oublie souvent son rôle, son importance et sa nécessité absolue. Sans cette matière simple et complexe en même temps, la vie sur terre n'aurait jamais existé donc c'est un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures.

Les ressources naturelles en eau sont constituées d'eaux souterraines et superficielles, l'eau souterraine présente souvent des avantages de qualité, d'accessibilité et de fiabilité par rapport à l'eau de surface, elle ne renferme généralement pas de polluants microbiologiques. Au fur et à mesure que l'eau de surface s'infiltré dans les aquifères, le sol et les roches filtrent des organismes vivants, qui peuvent être une cause importante de maladies (**UHL, 2009**)

En Algérie, la principale source de satisfaction de la demande en eau au sud est l'eau souterraine tandis qu'au nord elle est mixte.

La région de Bouira, connue parmi les wilayas qui possèdent un bilan hydrique important en Algérie, son problème de l'eau est posé dans sa disponibilité et sa préservation. L'explosion démographique que connaît la région (**PND, 2022**), les récentes sécheresses, les utilisations irrationnelles et les pertes à la distribution de cette ressource naturelle ont conduit à la surexploitation des potentialités hydriques avec des conséquences néfastes aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif. Cette situation est aggravée par une pollution de plus en plus préoccupante : rejets incontrôlés d'eaux usées domestiques et industrielles.

Cette étude a pour objectif d'évaluer les propriétés physico-chimiques et bactériologiques et biologiques des eaux de quelques sources naturelles de la région de Bouira plus précisément celles situées sur le versant sud du Djurdjura. Afin de juger leur utilisation comme une eau potable,

de connaître et réduire les risques liés à la consommation, et pour vérifier la conformité de l'eau aux normes de potabilité et de prévenir toute défaillance dans la qualité de l'eau. Les détails sont illustrés dans ce mémoire, à travers trois chapitres :

- Chapitre I est consacré pour une synthèse bibliographique sur l'eau d'une façon générale, la réglementation on ce qui concerne l'eau, l'eau de source et ces types, sa classification, les principaux problèmes menaçants les eaux et enfin l'évaluation hydro-biologiques de la qualité des eaux.
- Chapitre II est consacré à la présentation des régions d'études et la méthode d'échantillonnage et d'analyse utilisé sur l'eau des sources.
- Chapitre III met en évidence les résultats trouvés au cours de notre étude.

I.1. Généralités sur l'eau

L'eau constitue un élément de base incontournable pour les écosystèmes de la planète et pour la vie humaine. Cette ressource précieuse représente le deuxième besoin vital pour notre organisme après l'oxygène. L'eau occupe environ 70 % de la superficie de notre globe terrestre (**Figure01**) (dont uniquement 2,8% de cette ressource est douce et seulement 1% est accessible (**Touahria, 2013**)).

A l'échelle mondiale, la question de l'approvisionnement en eau douce devient chaque jour de plus en plus préoccupante, les besoins à cette molécule d'H₂O commencent à augmenter progressivement ces dernières décennies. Cela est dû d'une part, à la demande sans cesse de la population en croissance et le mode de vie moderne qui favorise une consommation excessive de l'eau, et d'autre part, à la diminution du volume d'eau disponible à cause des problèmes de la pollution s'aggravant et affectant les ressources hydriques naturelles (**Raad, 2010**).

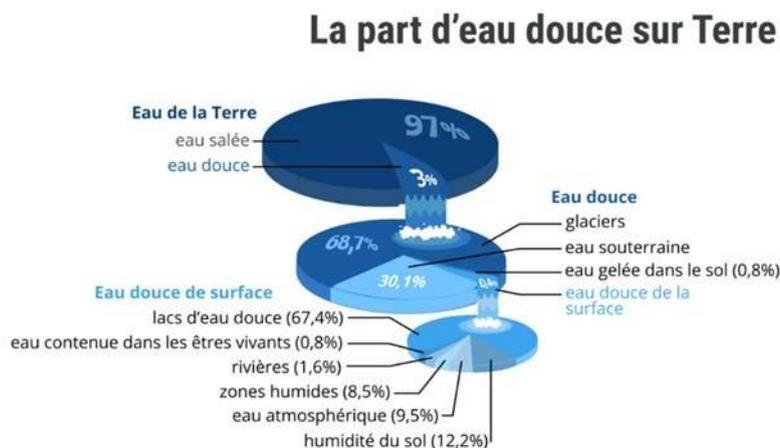


Figure1:La répartition de l'eau sur terre(**Oieau,2017**)

I.1.1. Les sources d'approvisionnement hydrique naturelles

I.1.1.1. Les eaux atmosphériques

Sont généralement recueillies sous forme d'eau de précipitation telle que la pluie, et la neige (**Vilagines,2000**).Elle est habituellement de qualité acceptable, douce tant pour l'alimentation humaine que pour les autres usages domestiques, elle ne contient pas de sels comme calcium, magnésium, fer et manganèse (**Briere, 2000 ; Desjardins, 2006**). Elle est saturée en oxygène, azote et en dioxyde de carbone. Ce type d'eau peut être influencé directement par la pollution de l'environnement, il peut être contaminé par des poussières atmosphériques constituées par

Divers polluants : Gazeux, Minéraux et radio actif provenant des foyers, de combustions industrielles, les explosions nucléaires...*etc.* (**Touaheria, 2013**).

I.1.1.2. Les eaux de surface

Les eaux de surfaces sont les eaux qui circulent ou qui sont stockées à la surface des continents, elles proviennent soit des nappes souterraines, soit des eaux de ruissellement (fleuve, rivière, barrage, mare, marigot). Elles sont toujours en mouvement, ces eaux doivent subir de nombreuses étapes de traitement afin de les rendre utilisables pour la boisson et d'autre usage domestique (**degremont, 2005**)

I.1.1.2.1. Les milieux lotiques

Selon **Ramade (2008)**, les milieux lotiques désignent toute entité qui se rapporte aux eaux courantes, par opposition aux eaux stagnantes (lenticques). Ces milieux se caractérisent par des forts courants, qui déterminent le mélange des eaux adjacentes, facilitant la transmission de l'oxygène et des nutriments entre les différentes couches de profondeur. L'écologie d'un cours d'eau est fondamentalement déterminée par la vitesse du courant et donc par la rapidité des échanges d'eau.

La vitesse dans ces milieux joue un rôle d'un facteur limitant qui détermine l'instabilité des variables physiques et chimiques, les populations végétales et animales, qui sont stables dans le temps. (**Donati et al., 2020 ; www.aquaportail.com**).

I.1.1.2.2. Les milieux lenticques

Selon **Ramade (2008)**, les milieux lenticques désigne tous les biotopes d'eaux calmes à renouvellement lent (lacs, marécages, étangs, etc.).

Les environnements lenticques sont des plans d'eau qui comprennent toutes les eaux à l'intérieures, les eaux continentales d'eau douce ou parfois salée ceux-ci étant entièrement ou partiellement entourés par la terre qui n'ont aucun courant et un débit horaire quasiment nul.

Ces milieux se changent au fil du temps, la profondeur diminuant ou augmentant, jusqu'à parfois la disparition totale du plan d'eau dans le cas de mares temporaires.

Les interactions entre la physique et la chimie du plan d'eau lenticque varient en fonction de nombreuses conditions environnementales. La biodiversité d'un système lenticque augmente

Avec sa superficie. En raison de leur relative stagnation les milieux lenticques sont directement soumis aux phénomènes d'acidification et d'eutrophisation (**Donati et al. 2020 ; www.aquaportail.com**).

I.1.1.3. Les eaux souterraines

Les eaux souterraines proviennent de deux sources essentielles: les nappes phréatiques et les nappes profondes. Les eaux des nappes profondes sont bien protégées des contaminants microbiens car elles sont naturellement filtrées, Par contre elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques telles que les nitrates, les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux, *etc.* (**Manceur et Djaballah, 2016**).

I.1.2. Les ressources hydriques en Algérie

En Algérie, l'eau revêt un caractère stratégique du fait de sa rareté qu'il s'agisse de l'eau souterraine ou superficielle, les ressources sont limitées (**Boudjadjaet al.,2003**). La pollution, la demande sans cesse de la population en croissance et le mode de vie moderne favorisant une consommation excessive des ressources en eau tout ces facteurs ont crié un déséquilibre de bilans hydrologiques de l'Algérie et une détérioration de la qualité de l'eau selon les études de **Bouziანი (2006)** les proportions commence à être inquiétante notamment au Telle.

L'Algérie regroupe dix-sept bassins versants(**Figure2**), dont les quels, le climat joue un facteur limitant dans leur nature, quantité, distribution et leur répartition géographique (**Touahria, 2013**).



Figure2:Les bassins hydrographiques en Algérie (**Bouziანი, 2006**).

Les potentiels en eau du pays sont estimés à un peu moins de 20 milliards m³ /an, divisées en ressources renouvelables au Nord du pays tant pour les eaux superficielles que pour les nappes souterraines, et difficilement-ou non-renouvelables au Sud (**Tabet-Aoul**).Ces

Ressources sont peu abondantes et correspondent globalement à 12,4 milliards de m³ /an pour les eaux superficielles et 2,8milliards de m³/an d'eaux souterraines (dont800millions de m³ dans le sud.

I.1.3. La réglementation

I.1.3.1. La réglementation mondiale

La Convention sur l'eau est un accord- cadre qui ne se substitue pas aux accords bilatéraux et multilatéraux spécifiques sur les bassins et réservoirs aquifères transfrontières. Elle vise plutôt à favoriser la création et l'application de ces accords, ainsi que leur perfectionnement.

- La Convention sur la protection et l'utilisation des cours d'eau transfrontières et des lacs internationaux (Convention sur l'eau) vise à protéger ces ressources hydriques et à garantir leur quantité, leur qualité et leur utilisation durable en facilitant et en promouvant la coopération. a été adoptée à Helsinki le **17 mars 1992**, est entrée en vigueur le **6 Octobre 1996**. (**United Nations, 2014**)
- Protocole sur l'eau et la santé fait à Londres, le **17juin 1999** et entré en vigueur en **2005**: Le présent Protocole a pour objet de promouvoir à tous les niveaux appropriés, aussi bien à l'échelon national que dans un contexte transfrontière et international, la protection de la santé et du bien être de l'homme , tant individuels que collectifs ,dans le cadre d'un développement durable, en améliorant la gestion de l'eau, y compris la protection des écosystèmes aquatiques, et en s'employant à prévenir, à combattre et à faire reculer les maladies liées à l'eau.(**WAT ,2000**)
- **En2019**, dans une résolution de l'Assemblée mondiale de la santé, tous les pays se sont engagés en faveur de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène dans les établissements de santé.

I.1.3.2. La réglementation algérienne

L'autorisation d'utilisation des ressources en eau est un acte de droit public délivré à toute personne physique ou morale, de droit public ou privé qui en fait la demande en conformité avec les conditions fixées par la présente loi et selon des modalités définies par voie réglementaire. (**Journal officiel de la république Algérienne.2014**)

Le but de code de l'eau est de protéger, développer et satisfaire les besoins des humains.

- La gestion intégrée de l'eau est une approche que l'Algérie a adoptée depuis **1996**, par **l'Ordonnance n° 96-13 du 15 juin 1996**.

- **La loi N°5-12 du 28** Joumada Ethani **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.

- **Loi n°04-20** du 13 Dhou El Kaâda 1425 correspondant au 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable; **Art.1.**La présente loi a pour objet de fixer les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau tant que bien de la collectivité nationale.(**Journal officiel de la république Algérienne.2014**).

I.1.4. Eau de source

I.1.4.1. Définition

Selon le décret « 89-369 » du 6 juin 1989 « Une eau d'origine souterraine est microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine sans traitement ni adjonction autres, qu'une séparation des éléments instables et d'une sédimentation des matières en suspension par décantation ou filtration et (ou) d'une incorporation de gaz carbonique».

I.1.4.2. Différents types de source

I.1.4.2.1. Sources d'affleurement

Lorsque la couche imperméable inférieure d'une nappe aquifère affleure le sol d'une vallée, l'eau de cette nappe apparaît à la surface sous forme d'un chapelet de sources. Elles apparaissent surtout dans des terrains calcaires ou cristallins, les sources thermo-minérales appartiennent à cette catégorie (**Vilagines, 2000**).

I.1.4.2.2. Sources de déversement

Ce type de sources se rencontre dans les terrains fissurés en surface, calcaires et surtout granites (le réseau de fissures vient rencontrer la surface du sol, avec une pente qui permet d'y conduire l'eau). Généralement leur débit est faible, pratiquement constant et peuvent facilement tarir. Aussi n'envisagera-t-on leur captage qu'en l'absence d'autres possibilités (**Bonnin, 1982**).

I.1.4.2.3. Sources d'émergence

Bien que la couche perméable soit fissurée en direction de sol, on peut avoir un débit alimentant un trou d'eau, souvent envahi de végétation par une ou plusieurs fractures ou l'on peut voir l'eau bouillonner. Le débit localisé de ces sources est souvent important, leur risque de tarissement est inégal (**Gomella & Guerree, 1980**).

I.1.4.3. Classification des sources

I.1.4.3.1. Classifications géologiques

L'hydrogéologie qui cherche à expliquer l'origine et le fonctionnement de la source :

- Source de déversement, de débordement ou de trop plein (correspondant aux types de nappes souterraines libres de mêmes dénominations) ; source d'émergence ou de dépression (source d'aquifère à nappe libre non liée à l'affleurement du substratum) ; source d'étranglement,
- Source artésienne ou jaillissante (issue d'une nappe captive),
- Source diaclasienne, source karstique, exurgence (issues d'un aquifère discontinu) ; source vaclusienne (exutoire d'un conduit karstique ascendant subvertical),
- La résurgence désigne le retour en surface dans un massif calcaire, karstique, d'une rivière souterraine provenant d'un (ou de plusieurs) cours d'eau de surface distant(s) ou, plus rarement, l'exurgence pour désigner une émergence des seules infiltrations d'eaux de pluie. (**Marcel Pagnol, 1963**)

I.1.4.3.2. Classification des sources selon la continuité et le débit

Une source en hydrologie est l'endroit où une eau liquide sort naturellement du sol. Une source qui coule en permanence est dite pérenne, sinon elle est dite temporaire ou intermittente. Dans la plupart des cas le débit d'une source est variable, souvent selon la météorologie (exemple : la pluviométrie), parfois périodiquement (exemple : selon la saison) ou en conséquence d'un phénomène hydraulique de vidange et de remplissage de réservoirs souterrains successifs situés en amont de la source. **(Jean Giono, 1929)**

I.1.4.3.3. Classification des sources selon le thermalisme

Le thermalisme qui classe les sources selon leur température et l'usage qui peut en être tiré : source chaude, thermale ; **source hypotherme, orthotherme, hypertherme.**

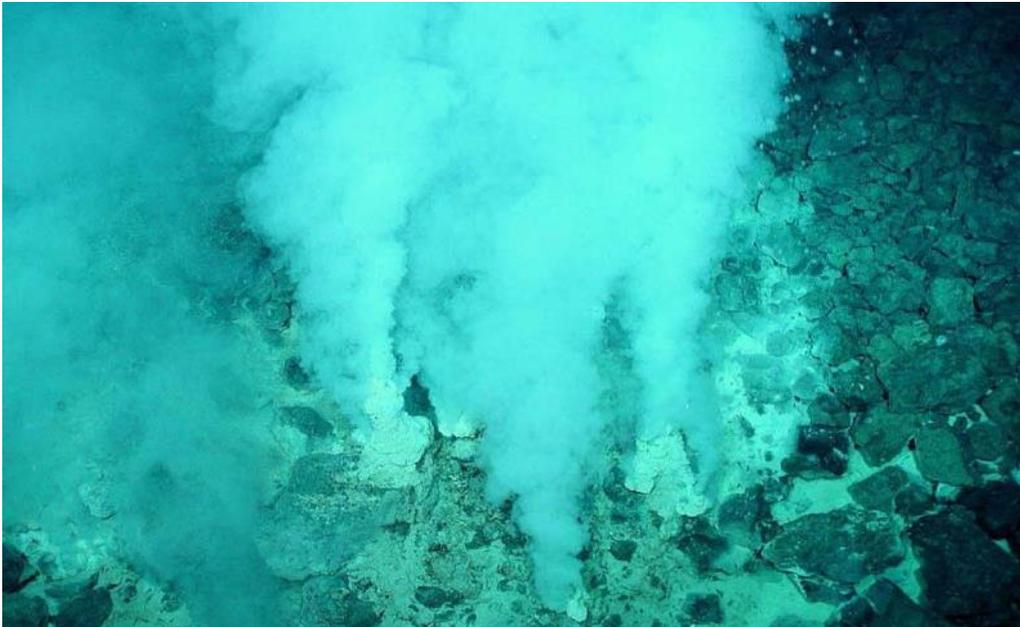


Figure3:Source de type hypotherme

I.1.4.3.4. Classification des sources selon L'hydrochimie

L'hydrochimie permet de classer les sources selon leurs caractéristiques chimiques : source salée, séléniteuse, ferrugineuse, sulfureuse, minérale, incrustante ou pétrifiante. L'eau de source est une eau commercialisée naturellement potable (à la différence d'une eau minérale), d'origine souterraine, ayant été mieux protégée des pollutions que les eaux de surface, et n'ayant subi ni traitement, ni adjonction. **(Jean Giono, 1929)**

I.1.5. Localisations géographiques des sites des eaux de sources en Algérie

Le secteur hydrique en Algérie compte des milliers de cours d'eau (principalement des oueds) répartis sur tout le territoire national, qui relèvent du ministère des Ressources en eau (MRE)

Ces cours d'eau dépendent des 58 directions de wilayas des ressources en eau et de l'hydraulique en Algérie ; ils sont gérés par l'Agence nationale des ressources hydriques (ANRH)

L'exploitation de l'eau potable de ces cours d'eau est effectuée par l'Algérienne des eaux(ADE)



Figure4:Répartition des sites des eaux minérales naturelles et des eaux de sources en Algérie (Hazzab2012)

I.1.6. Principaux problèmes menaçants les eaux

I.1.6.1.1. Pollution

Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus ou moins toxiques, d'origine naturelle ou issue d'activités humaines, On classe les polluants de l'eau en huit catégories

- Les eaux d'égout
- Les agents vecteurs de maladies.

- Les matières en suspension.
- Les nutriments minéraux des algues et des plantes.
- Les matières organiques
- Les produits chimiques non organiques
- Les substances radioactives et la pollution thermique (**Bregetal., 2009**).

L'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs, mais aussi altérer les usages de l'eau (captage de l'eau, baignade, etc.) (**Makhoukh et al., 2011**).

I.1.6.1.1.1. Pollutions diffuses

Une contamination des eaux par une substance indésirable issue d'une multitude de sources dispersées dans l'espace et dans le temps, difficilement identifiables. La pollution diffuse résulte principalement de l'entraînement vers les milieux aquatiques des produits phytosanitaires appliqués. (www.futura-sciences.com/planete)

I.1.6.1.1.2. Pollutions ponctuelles

Une pollution ponctuelle ou source ponctuelle de pollution est une source unique identifiable pollution de l'air, de l'eau, thermique, sonore ou lumineuse. Du point de vue réglementaire, on entend par « pollution ponctuelle » d'une nappe d'eau souterraine ou d'un cours d'eau, toute pollution dont l'origine peut être localisée géographiquement de façon précise. ([www.futura-sciences.com/planète](http://www.futura-sciences.com/planete))

I.1.6.1.1.3. Polluants d'origine agricole

Elle est causée essentiellement par l'utilisation irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides, mais ce sont surtout les pratiques culturales modernes qui sont en causes. La pollution agricole se caractérise par la présence de fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore potassium) provenant des engrais, des élevages et de produits chimiques (pesticides, herbicides ...)

L'enrichissement de l'eau en éléments nutritifs "eutrophisation" notamment par les engrais azotés et phosphatés conduit à la prolifération d'algues et de végétaux et à la dégradation des caractéristiques de l'eau (acidité, goût, odeur) (**Castany, 1982**).

I.1.6.1.2. Impact de la pollution sur les milieux aquatiques

Les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples .Elles conduisent à des mortalités massives d'espèces, mais elles ont aussi des effets moins visibles: une eutrophisation des milieux qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent en quantité exceptionnelle, perturbant ainsi le fonctionnement de tout l'écosystème, des effets toxiques à plus ou moins long terme, des maladies. Quels que soient les rejets, plus que leur nature, c'est l'état du milieu du moment qui influencera la qualité de l'eau (un rejet polluant, même de faible quantité dans une rivière à faible débit, aura plus de conséquences que ce même rejet dans une rivière en période de hautes eaux). (**Centre national de la recherche scientifique, 2000**)



Figure 5: phénomène d'eutrophisation **Figure 6:** La mort des poissons a cause de la pollution

I.1.6.1.2.Changements climatiques

Le changement climatique a engendré une pression énorme sur les masses d'eau et par conséquent sur son l'équilibre chimique et stabilité physique comme inondations, sécheresses, l'acidification des océans et l'élévation du niveau des mers...etc.

I.1.7. Evaluation hydro-biologique de la qualité des eaux

La gestion des hydrobiologistes incite à préserver le fonctionnement écologique des milieux aquatiques. Selon (**Rodier, 1996**), la qualité d'une eau est définie par ses paramètres biologiques, physiques et chimiques, ainsi qu'en fonction de son usage.

L'approche biocénotique ou biologique caractérise les perturbations par leurs effets sur les communautés en place. Elle permet donc une appréciation globale de la qualité des systèmes aquatiques.

L'utilisation des variables biologiques visent à caractériser les perturbations par leurs effets et non par leurs causes. D'autre part, elles peuvent révéler une pollution ponctuelle ou passée. Les populations aquatiques constituent une véritable mémoire.

Une grande variété d'indices biotiques et de scores basés sur les macro invertébrés ont été développés et appliqués pour l'évaluation de la qualité de l'eau, tels que l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN), et le groupe de travail sur la surveillance biologique (the Biological Monitoring Working Party (BMWP)), sont fondées sur l'étude simplifiée de la faune invertébrée benthiques. Elles sont basées sur un examen global du macrofaune benthique récoltée suivant un protocole d'échantillonnage standard. Les indices sont donnés par des tableaux faisant intervenir la nature de la faune récoltée (groupes indicateurs de la sensibilité différente aux perturbations) et sa variété.

Les échelles de pollution reposent toutes sur le fait que certaines espèces, ou mieux, certaines associations, sont susceptibles de caractériser la pureté ou la pollution d'une eau, et pouvant donc servir d'indicateurs biologiques.

Chapitre II :

Matériels et Méthodes

II.1. Présentation du massif montagneux du Djurdjura

Le Djurdjura ou *JerJer en tamazight* c'est la montagne des montagnes ou montagne des glaces. Ce majestueux massif constitue un majestueux géo-écosystème (orobiome), d'un grand intérêt botanique, faunistique, hydrologique et géo climatique, qui lui a valu l'attention des scientifiques et des naturalistes depuis au moins le 19^e siècle Djurdjura (**Baraet Nouel, 2017; Guechoud, 2018**).

II.1.1. Etude hydrologique et hydro géographique

II.1.1.1. Hydrologie

Le Djurdjura par sa position, son altitude, sa pluviométrie importante et ses sommets enneigés plusieurs mois de l'année, est considéré comme un important château d'eau de qualité qui alimente un chevelu hydrographique très dense des fois jusqu'à la saison suivante.

La morphologie typiquement karstique avec des crêtes et plateaux étroits creusés de la piaz et de dolines « Les pluies sont vite absorbées et gagnent rapidement les réservoirs souterrains, avant de réapparaître aux points les plus bas des escarpements rocheux. » (**Abdeslem, 1995**).

II.1.1.2. Hydro géographie

Le Djurdjura est caractérisé par un réseau hydrographique très dense, il est formé par multitude morphologie allant de simples ruisseaux jusqu'aux grands Oueds coulant dans toutes les directions. Le nombre de sources recensées est de 332 avec des débits allant de 0,01 à 424 l/s (cas de la source Tinzert) (**Tas, 2018**), la majorité de celles-ci ont été captées avant même la création de l'aire protégée.

Le Djurdjura est caractérisé par un réseau hydrographique très dense, il est composé de trois Oueds majeurs, qui sont:

- L'Oued Isser, qui draine la partie Ouest du territoire, prend naissance dans la Wilaya de Bouira, pour rejoindre la mer à l'Est de la Wilaya de Boumerdès.
- L'Oued Sébaou, qui draine la partie Nord et Est du territoire, autrement dit la presque totalité de la Wilaya de Tizi-Ouzou et la partie Est de la Wilaya de Boumerdès, prend sa source dans la Wilaya de Tizi-Ouzou pour se jeter à la mer au Nord-est de la Wilaya de Boumerdès.
- L'Oued Sahel-Soummam qui draine la partie sud de territoire (**Meddour, 2010**).

II.1.2. Cadre biotique

II.1.2.1. La flore

Le PND par son vaste territoire écosystémique, sa position biogéographique particulière et son climat méditerranéen se caractérise par une diversité biologique importante avec environ près de 1242 taxons végétales, regroupées en 84 familles dont 1100 de spermaphytes se compose en majorité de cèdre de l'atlas et Chêne vert plus ou moins mélangés selon l'altitude, 90 taxons de champignons et 52 taxons de lichens. Le parc contient près de 35 % des plantes vasculaires de l'Algérie et 17.80 % d'espèce endémique (**Meddour, 2015**).

Figure 07 : la flore de Djurdjura : Cedre de l'Atlas (A), L'if Taxus Baccata (B), Le PinNoir (C)



Figure07: A

B

C

II.1.2.2. La faune

La diversité des milieux que recèle le Djurdjura fait de celui-ci un habitat de choix par excellence pour la faune. Le massif du Djurdjura compte 25 espèces de mammifères terrestres non volants 12 espèces de chiroptères (**Addar et Dahmani, 2013**), ainsi qu'elle abrite la chaîne la plus complète de rapaces de l'Algérie, ces rapace jouent Le rôle joué dans le maintien et l'amélioration de la biodiversité, sont considéré comme des bons nettoyeurs de la nature par leurs élimination de proies (malades, handicapées, blessées, âgées etc....) et de charognes qui peuvent constituer des sources de contamination.

Les taxons invertébrés recensés jusqu'à présent au niveau de PND sont au nombre de 251 dont 238 insectes, 09 Mollusques et 04 Myriapodes. Cette catégorie de faune, pourtant plus représentée dans l'ensemble du règne animal, reste très mal documentée au Djurdjura (**Chefai, 2017**).



Figure08 : faune de Djurdjura : Gypaète barbu (A), Hyène rayée (B), Singe Magot (C)

II.2. Description des sites d'études

Pour la réalisation de notre objectif qui consiste à faire une étude caractéristique et comparative de la qualité physico-chimique, microbiologique et biologique de différentes sources d'eau de versant sud de Djurdjura ainsi qu'une meilleure connaissance de la faune d'eau qui refuge ces milieux, sept stations de sources ont fait l'objet de cette étude, le choix de ces stations repose sur plusieurs paramètres tels que la position géographique, occupation du milieu et l'accessibilité de site.

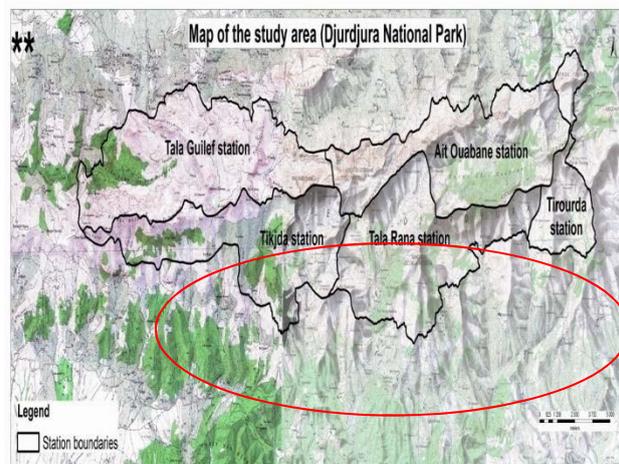


Figure09: Carte géographique limite le Parc National du Djurdjura

II.2.1. Présentation des sites d'études

La région d'étude située dans le versant sud de massif de Djurdjura, les sept sites retenus (Tiserguine, Ighzer Guerwil, Agueni n Bouzid, Source Noire, Bouhreb, Ath Ali Outhmim, IghzerIwakuren) elle se répartit en différentes altitudes allant de 922 m Jusqu'à 1520 m en dehors et à l'intérieur du parc.

1. Ighzer Iwakouren

Longitude : 36.443405

Latitude : 4.278365

Altitude : 942 m

Code : D1

Secteur : Tala Rana

Occupation du sol :

Commune : Saharidj

Vitesse : 0.18 m/s

Largeur du lit:0.20m

Profondeur:0.14m



Figure10:Source Iwakouren

2. Ath Ali Outhmim

Longitude :

Latitude :

Altitude:m Code

: D2

Secteur : Tala Rana

Occupation du sol :

Commune: Saharidj

Vitesse : m/s

Largeur du lit : m

Profondeur: m

3. Bouhreb

Longitude:36.44200

Latitude : 4.206990

Altitude : 1193m

Code : D3

Secteur: TalaRana

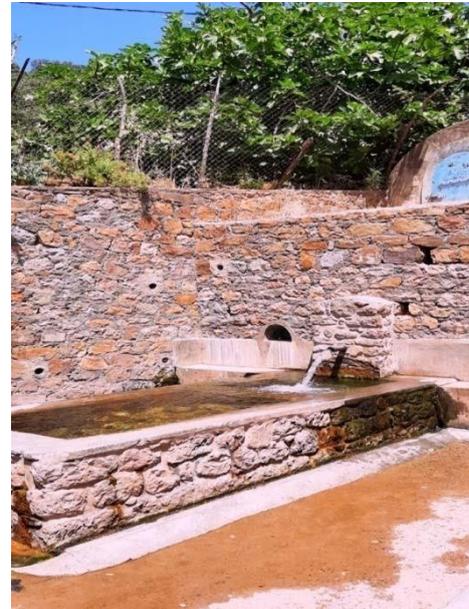
Occupation du sol: Terrain agricole

Commune : Saharidj

Vitesse : 0.17 m/s

Largeur du lit:0.40m

Profondeur :0.05 m



4. Source noire

Longitude:36.43810

Latitude : 4.19139

Altitude :922 m

Code : D4

Secteur : Tala Rana

Occupation du sol: forêt

Commune : Saharidj

Vitesse:0.20m/s

Largeur du lit:4m

Profondeur:10.19m



Figure13:SourceNoire

5. Agueni n Bouzid

Longitude : 36.457539

Latitude : 4.214403

Altitude : 1493m

Code : D5

Secteur : Tala Rana

Occupation du sol: foret

Commune : Saharidj

Vitesse : m/s

Largeur du lit:m

Profondeur : m

6. Ighzer Guirwil

Longitude : 36.45774°

Latitude : 4.10682

Altitude : 1510 mCode

: D6

Secteur : Tikjda

Commune: Haizer

Occupation du sol: Pelouse

Vitesse : 0.15 m/s

Largeur du lit:0.40m

Profondeur : 0.09 m



Figure 15 :Source Ighzer Guirwil

2.Tiserguine

Longitude:36.4523°

Latitude : 4.08886°

Altitude : 1370 m

Code : D7

Situation:à l'intérieur du parc

Secteur : Tikjda

Commune : Haizer

Occupation du sol: maquis

Vitesse : 0.21 m/s

Largeur de lit:0.80m

Profondeur : 0.19 m



Figure16:Source Tiserguine

II.3. Méthodes d'analyse de l'eau

L'estimation de la qualité d'une eau s'effectue par la mesure d'un ensemble de paramètres constituant l'eau. Des résultats anormaux permettent de mettre en évidence et d'évaluer les niveaux de pollution. Les analyses informent sur la localisation et l'évaluation d'un niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres physiques et chimiques tels que la turbidité, température, conductivité et pH, sels minéraux, et nutriments (nitrites, nitrates...) et des analyses biologiques tels que (dénombrement de coliformes, des germes...) qui permet d'éviter des maladies dues à la présence de substances bactériologiques nocives pour l'homme lors de la consommation de l'eau.

Nous avons pris des échantillons des 07 sources naturelles différentes en niveau de versant sud du Djurdjura.

II.3.1. Analyse physico-chimique

Cette étude est réalisée au niveau de sept sources dont le premier objectif est de déterminer la composition physico-chimique des eaux, qui est un paramètre d'appréciation de leur qualité.

II.3.1.1.Stratégie de prélèvement

Pour évaluer la qualité des eaux, deux prélèvements ont été effectués dans chaque site d'étude. Ces échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène préalablement rincés avec l'eau distillée, les bouteilles sont débouchées au moment de la prise être bouchés une fois remplis, étiquetés et conservés dans une glacière avant d'être délivrés au laboratoire d'ADE de Bouira (**figure 21**).

Pour éviter toute modification que l'eau peut subir dans le flacon, les analyses physico-chimiques doivent s'effectuer durant les 24 heures qui suivent le prélèvement (**Manuel de laboratoire de l'ADE**).

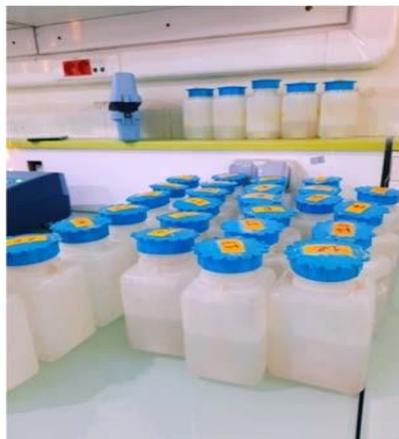


Figure 17: Flacons remplis par l'eau destinée aux analyses physico-chimiques

Le matériel utilisé pour mesurer les paramètres physico-chimiques est présenté dans la figure18



Figure18:Matériels utilisés

II.3.3.1. Analyses biologiques

II.3.3.2. Techniques d'échantillonnage

La récolte des macro-invertébrés a été réalisée en mois de Juin 2022 au niveau de 07 stations, les prélèvements sont effectués sur des surfaces de l'ordre du 2m selon l'accessibilité des sites montagneuses dans des zones à différentes profondeurs à l'aide d'une époussette rectangulaire de 500 µm de vide de maille.

Une fois arrivé aux sites, nous avons notés sur la fiche technique de terrain : l'heure, la date, les coordonnées GPS (X, Y) et les paramètres météorologiques tels que la vitesse du courant, nature du substrat qui compose le lit du cours d'eau, profondeur, largeur du lit.

Nous avons déposé l'époussette sur le fond du cours d'eau à contre-courant avec un remuement du fond à l'aide des pieds en trainant derrière le filet afin de récolter tout ce qui monte, cinq coup de filets étant effectués au milieu et en bordure de la mare dans les parties à fortes végétations aquatiques ainsi qu'au fond dans les parties boueuses des sites, pierres et galets de la surface échantillonnée ont été retournés et nettoyés à l'ouverture du filet pour arracher les larves, les nymphes et les adultes fixées ainsi que celles agrippées au substrat.

Les échantillons sont pré-triés sur place dans un récipient à fond blanc au but d'élimination plus grande partie éléments minéraux et végétaux.

II.3.3.3. Conservation des échantillons

Après le pré-tri au terrain et à l'aide d'une pince entomologique, les échantillons récoltés sont recueillis dans flacon en plastique contenant une solution de d'éthanol concentré à 96% .La date et le code des stations sont notées et étiqueté médiatement sur la membrane externe du flacon ensuite les conservé au frais afin de garder leurs états intacts pour l'identification au laboratoire.

II.3.3.4. Tri et détermination

Au laboratoire, on procède au lavage qui consiste à débarrasser l'échantillon de la vase et des débris floristiques ainsi que d'autres déchets restant collé à l'aide d'une série de tamis de différentes mailles afin de bien préparer le spécimen à l'identification, par la suite le contenu du tamis va être versé dans des boîtes de pétrie à fond blanc quadrillé.

Le matériel biologique est systématiquement trié, identifiés, comptés et rangés par groupes fonctionnels. Nous séparons les individus appartenant aux différents ordres faunistiques d'une même station à l'aide d'une pince fine, sous une loupe binoculaire

(OPTIKAG:10x2/4).

La détermination du matériel biologique (selon le niveau de précision requis: famille ou parfois genre) se fait à l'aide des ouvrages de détermination : « Guide d'identification des principaux macro invertébrés benthique d'eau douce du Québec » Edition 2010 pour la détermination des ordres et « INVERTEBRES D'EAU DOUCE SYSTEMATIQUE, BIOLOGIE, ECOLOGIE » de **Tachetet al.**, Edition 2010 pour l'identification des familles et quelques genres.

II.3.1.2.1. Paramètres physiques

- **Température(T°)**

La température de l'eau est une grandeur physique macroscopique. C'est un paramètre très important, elle joue un rôle dans l'augmentation des activités chimiques, bactériennes et de l'évaporation de l'eau. Elle varie en fonction de la température de l'air, la saison et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (**Gueroui, 2014**).

La détermination de la température est relevée directement à l'aide d'un multimètre en degré Celsius.

- **La conductivité électrique (CE)**

La conductivité électrique est un paramètre très important, elle reflète la minéralisation globale de l'eau, dépend de la mesure du courant électrique conduit par les ions présents dans l'eau. Elle est mesurée par un conductimètre (**Figure19**).

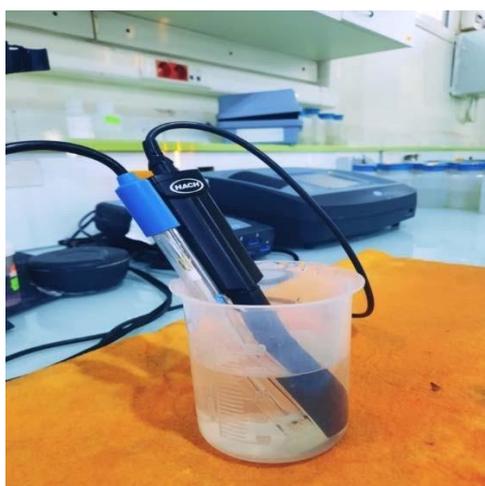


Figure19: Electrodes immergé pour mesurer la température, la TDS, PH et la Conductivité

- **Le Potentiel Hydrogène (pH)**

Le Potentiel hydrogène est un indice qui permet de mesurer l'acidité et l'alcalinité d'une solution. Elle représente la concentration des ions H⁺ dans une solution.

- **La turbidité**

La turbidité est paramètre qui indique la présence de matière en suspension non dissoute dans l'eau qui peut être sous forme de limon, argile, algue, grain de silice, etc. et qui donne un aspect trouble à l'eau. Ce paramètre est mesuré par un turbidimètre.

II.3.1.2.2. Paramètres chimiques

- **Minéralisation globale d'une eau(T.D.S)**

Ce paramètre regroupe le total des sels dissous(TDS).Il représente la quantité d'ions organiques et inorganiques dissouts dans l'eau. Il varie suivant la salinité des eaux (**Tfeilet al. 2018**).

II.3.1.2.2.1. Les éléments de la pollution

- **Nitrites(NO⁻)**

Ils représentent la forme du passage entre les nitrates et l'ammonium qui se trouve de façon naturel dans l'environnement. Il s'agit d'une forme toxique, moins oxygénée et moins stable.

Le mode opératoire est présenté dans l'**annexe I**.

- **Ammonium(NH⁺)**

Il est considéré comme la forme d'azote la plus toxique, sa présence dans les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matières organiques azotées (**Detay, 1993**). Leur présence indique la contamination de l'eau par les eaux usées ou par les engrais.

- **Phosphate (PO³⁻)**

Les phosphates, abondants dans les eaux de surface, proviennent des engrais et des pesticides utilisés en agriculture et introduits par lessivage, et des rejets domestiques et industriels, sa présence dans le milieu favorise le développement du phytoplancton (**Degremont, 2005**).

II.3.1.2.2.2. Paramètres titrimétriques

- **Calcium(Ca²⁺)**

Il provient principalement de la dissolution des calcaires et des marnes. Sa présence en grande quantité peut être aussi due à la dissolution du gypse ou des deux en même temps.

- **Dureté totale(TH)**

C'est un dosage de la somme des cations alcalino-terreux présents dans une eau. En pratique, on ne considère que les cations dont les concentrations soient supérieurs à 1 mg/l, c'est le cas des ions calcium (Ca²⁺) et magnésium (Mg²⁺).

- **Titre alcalimétrique complet TAC**

C'est un paramètre qui indique la quantité de sels minéraux présents dans l'eau, l'alcalinité résulte le plus généralement de la présence d'hydrogencarbonates(HCO⁻), carbonates (CO²⁻) et hydroxydes (OH⁻) (**Saidi, 2014**).

- **Chlorures(Cl⁻)**

Les chlorures sont naturellement présents dans les eaux. Leur origine est essentiellement géologique (argile, marnes, et calcaire dolomitiques), mais ils peuvent provenir également d'une pollution organique par les pesticides principalement les organochlorés, les détergents,

les Epanchages et par les rejets industriels. Une surcharge en chlorure dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Bouziari, 2000**).

II.3.1.2.2.3. Détermination des paramètres colorimétriques

- **Fer(Fe^{2+})**

Le fer est un élément chimique naturellement présent dans le sol ou anthropique. Il peut se dissoudre dans les eaux souterraines. Lorsque sa concentration dans l'eau dépasse la norme il peut modifier le goût et la couleur.

- **Sulfate(SO_4^{2-})**

Ils proviennent des argiles, des marnes, des matières d'origine animale (matières fécales) et des détergents. Leur présence dans l'eau naturelle résulte également de la solubilité des sulfates de calcium (gypse) et de l'oxydation des sulfures dans les roches ou de la présence d'effluents et de dépôts industriels.

- **Nitrate(NO_3^-)**

D'après **Gueroi (2014) et Bremond et Perrodon (1979)**, les nitrates constituent la forme oxydée finale de l'azote. Leur présence dans l'eau atteste d'une bonne récupération en cas de pollution organique. L'activité humaine est indubitable dès que l'on observe des concentrations dépassant 12 mg/l (). Les NO_3^- peuvent aussi provenir des eaux usées domestiques et parfois même des eaux industrielles ».

II.3.1.2.2.4. Test de chlore

Le test du chlore est effectué sur site afin de tester l'efficacité de la désinfection, Son principe est la détermination de la concentration du chlore résiduel (libre et combine) dans l'eau en mg/l. par la méthode comparative.

II.3.2. Analyse bactériologique des eaux

L'eau potable est un besoin vital et fondamental pour l'existence de l'être humain d'une manière directe ou indirecte ,avec le temps la pollution microbienne de cette ressource représente l'un des aspects les plus inquiétants au niveau mondial et en particulier dans les pays en développement où elle est la seule source d'irrigation et d'alimentation (**Brichaet al., 2007 ; Aboukacem et al., 2007**).

II.3.2.1. Méthodes de prélèvement, transport et conservation

○ Prélèvement

Pour le prélèvement d'eau destinée aux analyses bactériologiques la mesure de stérilisation et l'application concrète du protocole jouent un rôle primordial pour éviter la contamination du liquide prélevé par tout type d'organismes étrangers.

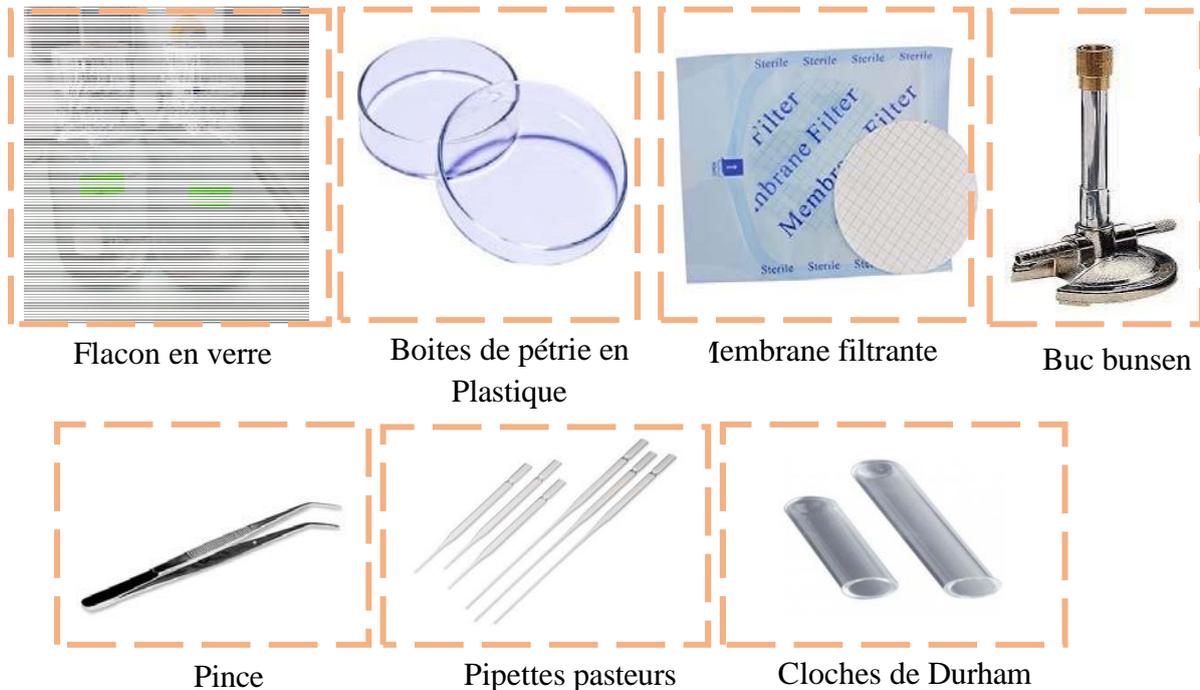
Un prélèvement est effectué entre le mois de Juin et Juillet 2022 au niveau de sept stations entre 7:30h et 11:00h dans des conditions d'asepsie rigoureuse, en utilisant des flacons stériles de 250 ml en verre pyrex munis d'un large col et d'un bouchon à visse plastique. Les techniques de prélèvement sont variables en fonction d'origine de l'eau à analyser :

- Pour les eaux d'une source jaillissante, il convient d'isoler en premier lieu le point d'émergence de l'eau, et de préparer un emplacement de captage. Le flacon est placé dans une position où l'ouverture soit dans la direction d'où provient le flux (**Guiraud, 1998 ; Thierrin et al.,2001 ; Brichaet al., 2007 ; Rodier, 2009**)

○ Transport et conservation

La teneur initiale en germes des eaux risque de subir des modifications dans le flacon, après le prélèvement. C'est pour cela nous avons utilisé des glacières dont la température varie entre 4 à 6 C avec un délai de 8 heures pour débiter les analyses de l'échantillon recueille (**Manuel de laboratoire de l'ADE**).

Le Matériel utilisé dans cette étape est présenté dans **la figure20**





Rampe de filtration



Autoclave

Bain marie

Etuve

Four Pasteur

Figure20:Matériels utilisé

II.3.2.2. Examen bactériologique des eaux

Universellement, la pollution bactériologique de l'eau est évaluée par la recherche et le dénombrement des germes indicateurs de contamination fécale dont la présence en nombre élevé indique une pollution d'origine fécale et la présence probable de microorganismes pathogènes (**Manuel A.D.E**).

Pour l'évaluation bactériologique de la qualité d'eau de nos stations d'étude nous avons choisis quatre indicateurs de pollution qui sont :

- Les coliformes (totaux et fécaux),
- *Escherichia Coli*,1
- Les germes totaux
- Les clostridiums anaérobies sulfato-réducteur

L'étude bactériologique était réalisée au niveau de laboratoire de microbiologie à l'A.D. E. de Bouira sous la supervision des responsables selon un protocole bien déterminée avec deux techniques : technique de dénombrement par filtration sur membrane et technique des tubes multiples.

II.3.2.2.1. Dénombrement par filtration sur membrane

II.3.2.2.1.1. Recherche et dénombrement de coliforme

Selon l'Organisation Internationale de Standardisation (I.S.O) :« les coliformes » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogones, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C" (Rejsek, 2002).

Ils sont considérés comme des indicateurs fécaux de première importance car très grand nombre d'entre eux fréquente le tube digestif et vivent en abondance dans les matières fécales de l'homme, les animaux plus précisément les homéothermes (Rodier *et al.* 2005).

L'espèce la plus importante est *Escherichia coli* (*E. coli*) et à un degré moins certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Rodier, 2009 ; Elmundet *al.*, 1999 ; Emmanuel, 2004).

A. Les coliformes totaux

○ Test présomptif

Mode opératoire

- Stériliser l'entonnoir ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen en suite les refroidir avec l'eau à analyser ;
- Mettre en place de façon aseptique, une membrane de porosité (0,45µm) sur un entonnoir et le fixer bien à l'aide d'une pince stérilisé ;
- Rajouter aseptiquement (100 ml) d'eau échantillonnée a l'entonnoir et déclencher la pompe à vide pour aspirer l'eau de la membrane ;
- retirer l'entonnoir, puis transférer la membrane immédiatement et aseptiquement dans une boite de pétri contenant de la gélose ENDO.
- Incuber les boites pétries à 37°C°, le couvercle vers le bas étiqueté par un code qui le convient.

La lecture

La lecture se fait après 24h à 48h d'incubation. Par comptage des colonies obtenues en milieu solide.

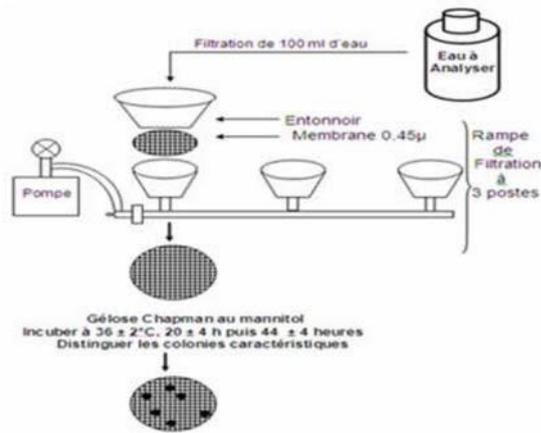


Figure21:Schéma et une photo qui représente la technique de filtration sur membrane

Test confirmatif

Mode opératoire

- Repiquer toutes les colonies suspectes positives sur un tube contient le milieu TSI en stries la surface de l'agar et par pique centrale sur toute la profondeur du tube (**fig.22**) ;
- Flamber encore une fois la pipette utiliser et la jeter dans un collecteur;
- Incuber le tube à 37°C pendant 48heures.

Lecture

Le tube qui présente des résultats positifs en présence de coliforme totaux doit avoir une couleur qui rend vers un virage jaune et des bulles d'air qui indique la présence des gaz. Le résultat est donné en nombre de germe par 100 ml.

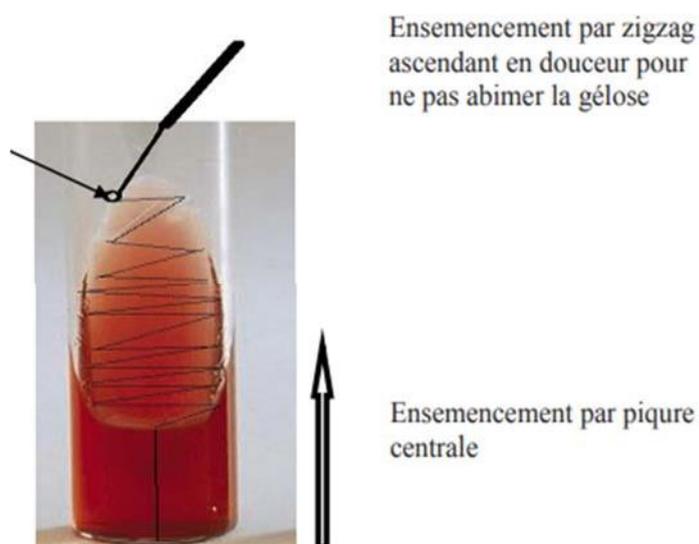


Figure22 : Ensemencement sur milieu TSI

B. Les coliformes fécaux

Mode opératoire : Inoculer le contenu de chaque tube positif de coliforme totaux dans un tube de Schubert en versant le contenu de ce dernier dans le tube de TSI puis renverser l'inoculum dans le tube de Schubert; Agiter jusqu'à assurer un remplissage de la cloche; Incuber les tubes à 44°C pendant 24 heures ;

Lecture

Tous les tubes présentant une culture du gaz dans la cloche et un trouble sont considérés comme positifs des coliformes fécaux.



Figure 23: Tube de Schubert avec résultat de coliforme fécaux positif.

C. Recherche et dénombrement d'*Escherichia-coli*

Mode opératoire

-Ajouter quelques gouttes (2 à 3) de réactif Kovacs aux tubes de Schubert qui présentent des résultats positifs de coliforme fécaux.

La Lecture

Le tube qui présente des résultats positifs en présence d'*Escherichia-coli* implique l'apparition d'un anneau rouge en surface de liquide.

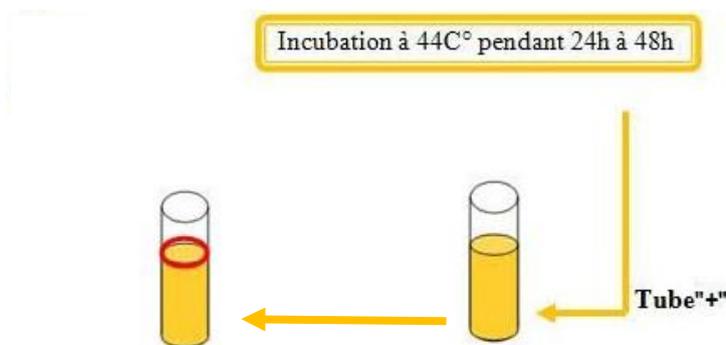


Figure 24: Schéma représente la recherche et dénombrement d'*Escherichia-coli*

II.3.2.2.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques(Streptococcus)

Sous la dénomination générale d'Entérocoques, les Streptocoques fécaux sont en grande partie d'origine humaine. Certaines bactéries de ce groupe proviennent des fèces des animaux tel que : *Streptococcus bovis*, *S. equinus*, *S. gallolyticus*, *S. alactolyticus*, ou se rencontrent même sur des végétaux. Ce sont des bactéries sphériques, en paires ou en chaînettes, à Gram positif, catalase négatif, anaérobies facultatifs qui hydrolysent l'esculine en présence de bile (**Clausen *et al.*,1977; Farrow *et al.* ,1984 ; Bitton , 1999 ; Ceaq , 2006**) . Cependant, elles sont considérées comme indicateurs d'une pollution fécale dont leur principal intérêt est la résistance à la dessiccation et persistent plus longtemps dans l'eau (**Gleeson et Gray, 1997**).

○ **Test présomptif**

Mode opératoire

- Suivre les mêmes étapes de filtration utilisée pour dénombrement des coliformes totaux en changeant uniquement le milieu de l'ENDO par le milieu Slantez.

Lecture

Après 48h d'incubation, résultat positif de streptocoques fécaux implique l'apparition des colonies roses, marrons ou jaunes avec un diamètre (0,5 à 2 mm).

Un test confirmatif aura lieu en mesure de l'obligation.

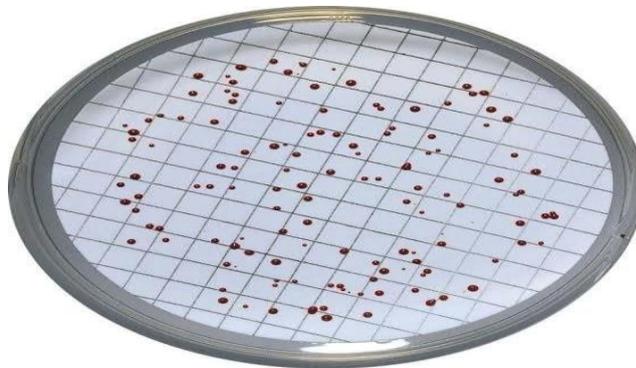


Figure25:Colonies de streptocoque positif

○ **Test confirmatif**

Mode opératoire

- Transférer aseptiquement la membrane du milieu SLANETZ sur une plaque de gélose

Bile Esculine Azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44°C.

- Incuberlesà44±0,5°Cpendant2heures.

Lecture

L'apparition de la couleur noire sur les colonies indique la présence de l'hydrolyse de l'esculine dans le milieu.

Le résultat est donné en nombre de germe par 100 ou 250ml d'eau à analyser (ISO, 2000).

II.3.2.2.1.3. Recherche et dénombrement des germes totaux

Germe totaux ou (flore totale) est un ensemble des micro-organismes aérobies qui se caractérise par un effet indirect sur la santé. La forte abondance de ces germes peut engendrer des impacts négatifs (Oudahmane, 2003).

Mode opératoire

- Porter aseptiquement (1 ml) d'eau de sources à analyser en double dans deux boîtes de Pétri préparées à cet usage et numérotées ;
- Compléter Chaque boîte avec (19 ml) de gélose TGEA (fondue à 45 ± 2 °C puis refroidie) et laissé solidifier sur la paillasse ;
- Former deux séries de boîte : la première série est incubée à 22 °C pendant 72h et la deuxième série est incubée à 37 °C pendant 48h.

Lecture

Le dénombrement des colonies qui permet d'évaluer la densité bactérienne globale, a été fait directement par comptage (UFC/mL) (Fig26).



Figure26:Une étape de la recherche et dénombrement des germes totaux.

II.3.2.2.1.4. Recherche et dénombrement des spores de bactérie anaérobie Clostridium sulfito-réducteur

Les clostridium sont des bactéries anaérobies strictes à Gram positif, ils se caractérisent par la capacité de réduire les sulfites en sulfures d'hydrogène (CrinietBadot, 2007). Les spores résistent au stress environnemental et en particulier aux radiations solaires, sont des indices d'une contamination fécale ancienne à la différence des streptocoques fécaux et *Escherichia coli* qui sont des indices de contamination fécale récente (leurs survient dans l'eau très courte). Parmi ces spores sulfito-réductrices, on trouve *Clostridium perfringens*, une espèce la plus souvent associée aux fèces d'animaux à sang chaud (Henze et al., 2008).

Mode opératoire

- chauffer (250 ml) de l'eau échantillonné à 80°C pendant 10 mn ensuite le refroidir sous l'eau de robinet afin de créer un choc thermique au but d'éliminer la forme végétative et la formation des spores bactériennes de Clostridium sulfito-réducteurs ;
- Stériliser la rampe de filtration par flambage dans laquelle on va placer un papier filtre (0,22µm) ;
- Evacuer (100ml) de l'eau échantillonné à la rampe filtration;
- Retirer la membrane filtrante et la déposer dans une boîte pétrie;
- Mettre la membrane filtrante dans une boîte de pétrie et rajouter le milieu de culture refroidi (viande-foie additionne d'alum de fer et de sulfite de Sodium) pour éviter la présence de l'oxygène ;
- Laisser la boîte pétrie solidifier et l'incuber par la suite à 37°C pendant 24h.

La lecture

Compter toutes les colonies noires après incubation et donner le résultat en nombre des pores de bactéries anaérobies sulfito-réducteurs en fonction du volume filtré (Bahgat et al., 2018).



Figure 27: Les étapes de recherche et dénombrement de clostridium sulfito-réducteur

II.3.2.2. Dénombrement en milieu liquide par détermination du NPP

II.3.2.2.1. Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux

○ Test présomptif

Mode opératoire

-Inoculer dans un milieu choisi B.C.P.L en simple et double concentration (SC/DC) tout en utilisant la méthode d'ensemencement en milieu liquide ;

-Inoculer 3 fois 10ml dans 3 tubes contenant 10ml du milieu BCPL;

-Inoculer 3 fois 1ml dans 3 tubes contenant 10ml du milieu BCPL;

-Inoculer 3 fois 0,1 ml dans 3 tubes contenant 10ml du milieu BCPL;

-Remplir les cloches Durham avant l'incubation à 37°C pendant 48h.

La Lecture

Les tubes considérés positifs sont ceux qui présentent à la fois un dégagement de gaz (supérieur à 1 /10 de la hauteur de la cloche) et trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportés aux tables de Mac Grady pour obtenir le nombre de coliforme totaux présents dans 100ml de l'échantillon.

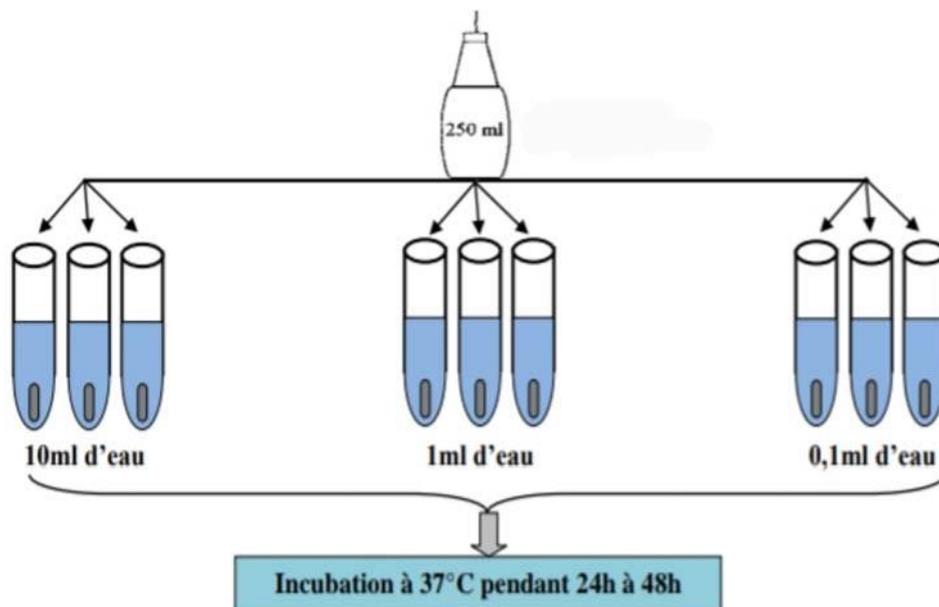


Figure28: Les étapes de Dénombrement des coliformes totaux dans un milieu liquide.

○ **Test confirmatif**

Mode opératoire

- Inoculer le contenu de chaque tube de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux dans un tube de Schubert ;
- Agiter les tubes pour assurer un remplissage de la cloche et les Incuber à 44°C pendant 24heures

Lecture 1

- ❖ Un dégagement de gaz (supérieur à 1/10 de la hauteur de la cloche).
- ❖ Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

Nous avons noté le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous nous sommes reportés aux tables de Mac Grady pour obtenir le nombre de coliforme totaux présents dans 100ml de l'échantillon

Lecture2

Les tubes considérés positifs sont ceux qui présentaient à la fois un dégagement de gaz (supérieur à 1 /10 de la hauteur de la cloche), un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune et l'apparition d'un anneau rose après l'ajout de quelques gouttes de KOVACS.

Nous notons le nombre de tube positifs dans chaque série et nous reportons à la table de Mac Grady pour obtenir le nombre de coliformes totaux et *d'Escherichia coli* présent dans 100ml de l'échantillon (**Rodier et al. 2005**).

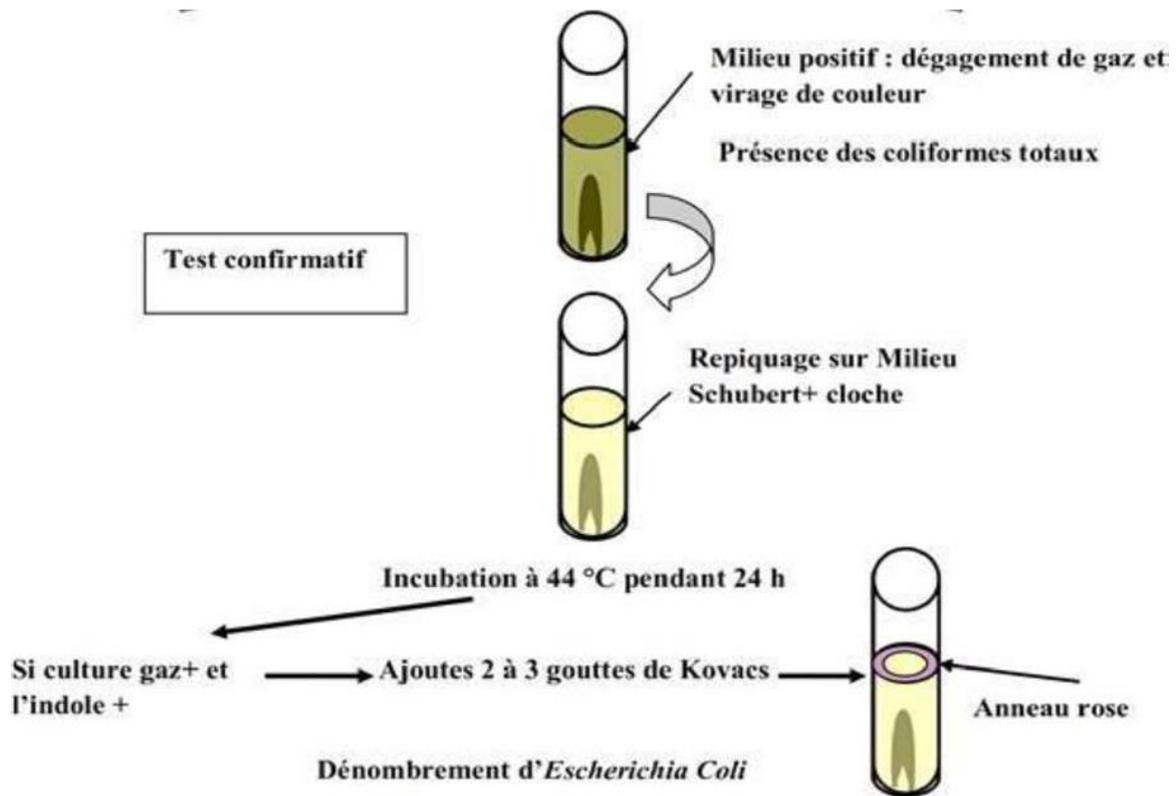


Figure29: Test confirmatif de la présence d'*Escherichia Coli*

II.3.2.2.2.2. Dénombrement des streptocoques fécaux

○ Test présomptif

Mode opératoire

-Suivre les mêmes étapes de dénombrement NPP utilisée pour les coliformes totaux en changeant uniquement le bouillon BCPL par le bouillon ROTH.

La lecture

Les tubes considérés positifs sont ceux qui présentaient à la fois un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP.

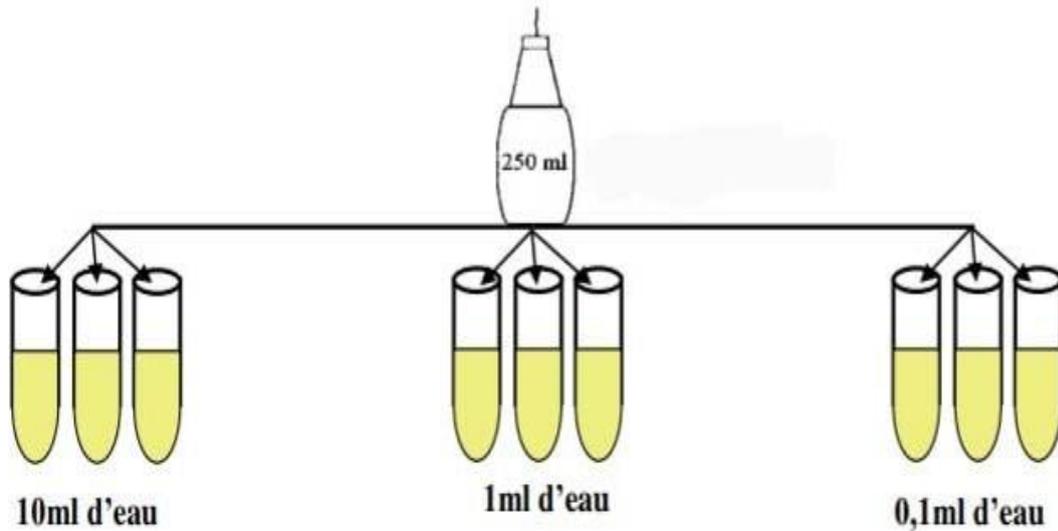


Figure30:La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux.

○ **Test confirmatif**

Mode opératoire

- Prélever de chacun des tubes de ROTH positifs après l'agitation quelques gouttes à l'aide d'une pipette pasteur et faire un repiquage dans des tubes contenant le milieu EVA LITSKY ;
- Mélanger bien le milieu et l'inoculum et l'incuber à 37°C cependant 24 à 48 heures.

Lecture

Les résultats positifs indiquant la présence de streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition la fois d'un trouble microbien et une couleur pastille violette sédimenté au fond des tubes.

La lecture finale se fait par 100ml de l'échantillon analysé. Selon les prescriptions de la table du NPP.

II.3.3. Etude des macro invertébrés benthiques

Les macro-invertébrés benthiques ou benthos sont des animaux visibles à l'œil nu (taille supérieure à 0.5mm) dépourvu de squelette d'os ou de cartilage, ils abritent les milieux humides. Ce groupe taxonomique qui se caractérisent par un grand échelle de sensibilité aux variables physico-chimiques et aux perturbations du milieu joue un rôle important dans le maintien d'équilibre des écosystème souvent utilisés pour la bio-surveillance et l'évaluation de l'état de santé global des systèmes aquatiques sensibles (**Diomandeet al., 2009 ; Adandedjan, 2012; Ben et al., 2014; Camara et al., 2014 ; Sanogoet al., 2014**).

L'objectif de notre échantillonnage des macro-invertébrés consiste à donner un aperçu général sur la faune qui refuge ces milieux lenthiques.

Matériel d'étude des macro-invertébrés benthique



Figure31 : Matériels utilisé

Chapitre III :

Résultats et Discussions

Résultats et discussions

Nous rappelons que les sources étudiées ont été indiquées par des codes qui sont portés dans le tableau ci-dessous

Tableau1:Un tableau représentatif des nominations des sites et leurs codes.

Nom de la station	Code
Source Iwakouren	D1
Source Ath-AliOuthmim	D2
Source Bouhreb	D3
Source Noire	D4
Source Aguenin-bouzid	D5
Source Ighzer Guirwil	D6
Source Tiserguine	D7

I. Paramètre physico-chimiques

I.1.Paramètre physique

I.1.1. La température

La température des sources étudiées varie entre 7 et 18 °C pour la majorité des sources. La température maximale (27°C) a été notée pour la source noire (fig.17). La norme fixée par l’OMS concernant l’eau potable est de 25 °C. Les températures enregistrées pour les différentes sources répondent à la norme puisque sont toutes inférieures à 25 °C. Cette variation peut être due au changement de climat de la saison, l’heure de prélèvement....*etc.*

Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par Derradji et Djili (2020) pour les sources de Agueni n bouzid, Bouhreb, source des singes et la source Iwakouren.

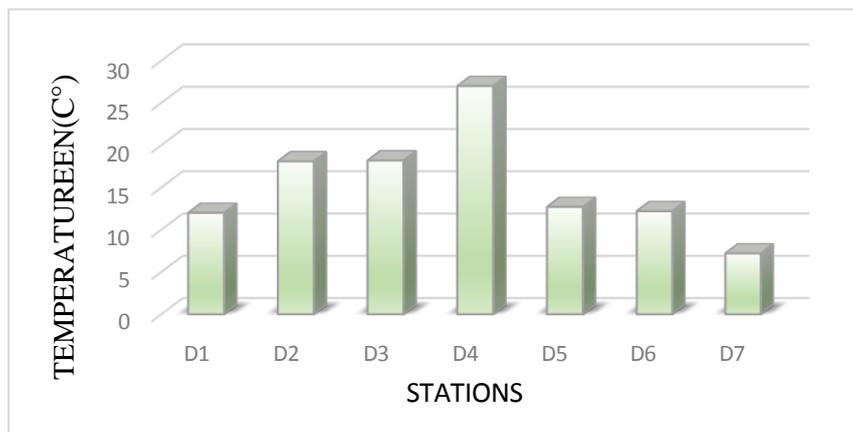


Figure32:Température d’eau des sources étudiées.

I.1.2. La conductivité électrique(CE)

Les valeurs de la conductivité des eaux étudiées varient entre 330 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (enregistré pour **D5** et 920 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (enregistré pour la source Noire). Ces valeurs indiquent une faible minéralisation qui peut être justifié par la nature géologique des terrains traversées par l'eau. En fait, ces valeurs ne dépassent pas la norme algérienne limitée à 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et à celle de l'OMS limitée à 2100 $\mu\text{s}/\text{cm}$.(Rodier,2009)

Les valeurs obtenues s'avèrent largement inférieures à celles marquées par Achoui et Souci (2014/2015) au niveau des sources Lakhroub, Fontaine Fraiche, Ainsers Akdhima de Tizi-ouzou.

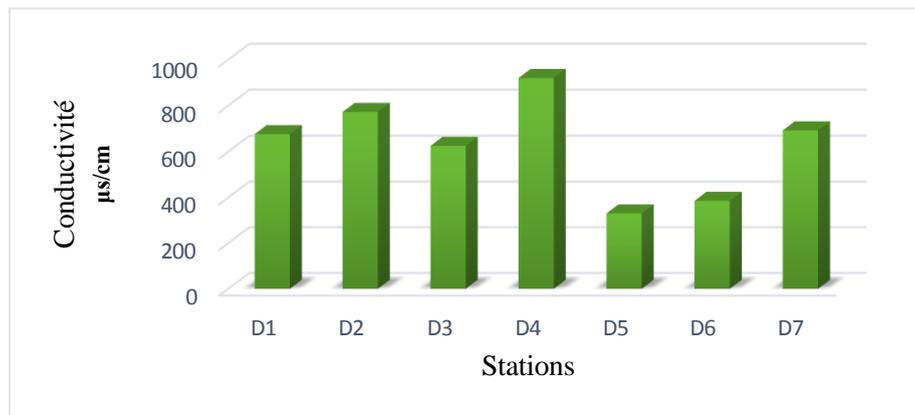


Figure33:La conductivité des eaux étudiées.

I.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

La valeur la plus élevée (8.59) est enregistrée en niveau de la source **D6** Source Ighzer Guirwil (fig 38). Ce pH est lié aux terrains traversés par cette eau et la nature des roches calcaires qui caractérisent le massif du Djurdjura. Les valeurs obtenues sont considérées admissibles selon l'intervalle fixé par les normes algériennes (NA) qui varient entre 6,5 et 9 (Journal officiel algérien, 2011).

Nos résultats sont supérieurs à ceux trouvés par Darradji et Djili (2020) au niveau du barrage Tilesdite.

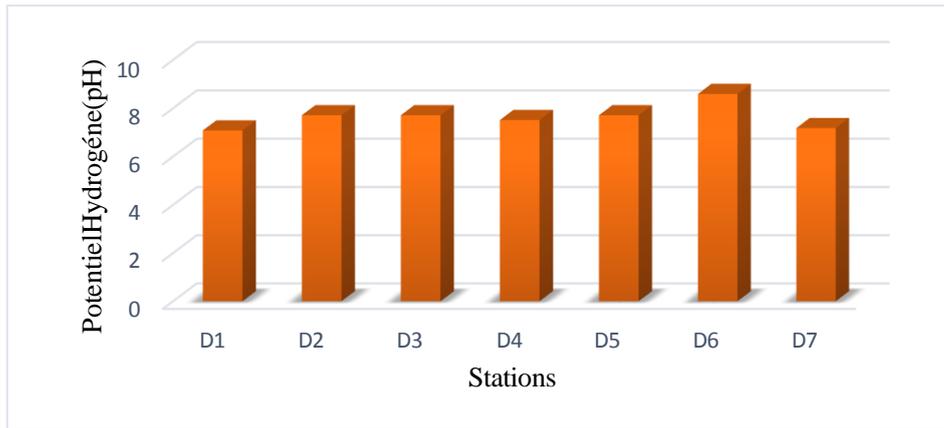


Figure34: potentiel d'hydrogène des eaux des sources d'eau de Djurdjura (versant sud).

I.1.4. La turbidité

Les sources: Source Iwakouren, Source Bouhreb, Source Agueni n-bouزيد, Source Ighzer Guirwil, Source Tiserguine, se caractérisent par une eau de qualité claire avec des valeurs ne dépassant pas 4,74 NTU. Ces valeurs indiquent une bonne infiltration de l'eau à travers les différentes couches traversées. Par contre au niveau des deux stations **D2** et **D4** la valeur de la turbidité est très forte (6,87 NTU 9,01NTU) (fig35). Cette valeur est supérieure à la norme algérienne qui recommande la valeur limite à 5 NTU.

Nos valeurs sont supérieures à celle trouvées par Belhocine et Mankour(2016 /2017)

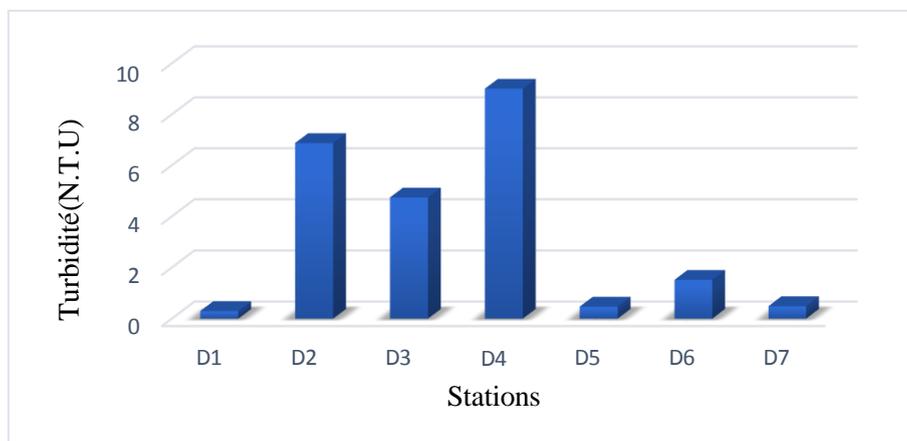


Figure35: Turbidité des eaux des sources étudiées.

I.2. Paramètres chimiques

I.2.1. Paramètre de pollution

L'analyse des indices de pollution relative aux NH_4^+ ; NO_2^- et PO_4^+ montre une absence totale de ces composés dans l'eau des sept sources. Ces résultats témoignent qu'il n'y a pas de fuites au niveau des réseaux de distribution qui causent l'infiltration des eaux d'assainissement avec les eaux potables d'origine souterraines ou bien de surface et la bonne manipulation au niveau de laboratoire et durant le transport d'échantillon.

Nos résultats sont identiques à ceux trouvés par Darradji et Djili(2020) au niveau de la source des Singes, et de celle de Bouhreb.

I.2.2. Paramètre titrimétrique

Tableau2:les valeurs d'analyse physico-chimique complète par plusieurs paramètres au niveau des sources de Djurdjura (versant sud)

Source	TH	TAC	CA^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-
D1	376	367	51.2	57.83	10
D2	196	195	70.4	4.86	12
D3	920	94.77	52	12.15	6.39
D4	262	222	76.8	17	14.2
D5	230	105.94	60	19.44	10.56
D6	212	108.37	52	19.92	6.39
D7	350	68.04	80.8	35.96	21.3
Les normes	200	500	200	150	500
unités	mg/l CaCO₃	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l

I.2.2.1. Dureté totale

La dureté totale de l'eau est de 196 mg/l pour **D6** (Ighzer Guirwil); 376 mg/l pour **D7** (Tiserguine), ce que constitue un niveau de concentration en calcium et magnésium très acceptable pour une eau potable par rapport aux normes établies, et une valeur très élevée 920 mg/l pour **D5** (Agueni n Bouzid) qui ne répond pas à la norme exigée par la réglementation Algérienne(500mgCaCO₃/L)et ça du au contact des eaux souterraines avec les formations

Rocheuses de roches calcaires (dolomies) qui caractérisent le karst de Djurdjura. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés (Belghiti *et al.* 2013). Une eau à titre hydrométrique élevée est dite eau dure dans le cas contraire il s'agit d'une eau douce.

Ces valeurs sont très élevées par rapport en valeurs signalé par Achoui et Souci (2014/2015) pour la source « Lakhroub », la « Fontaine Fraiche » et « ainsar akdhim » à Tizi-Ouzou.

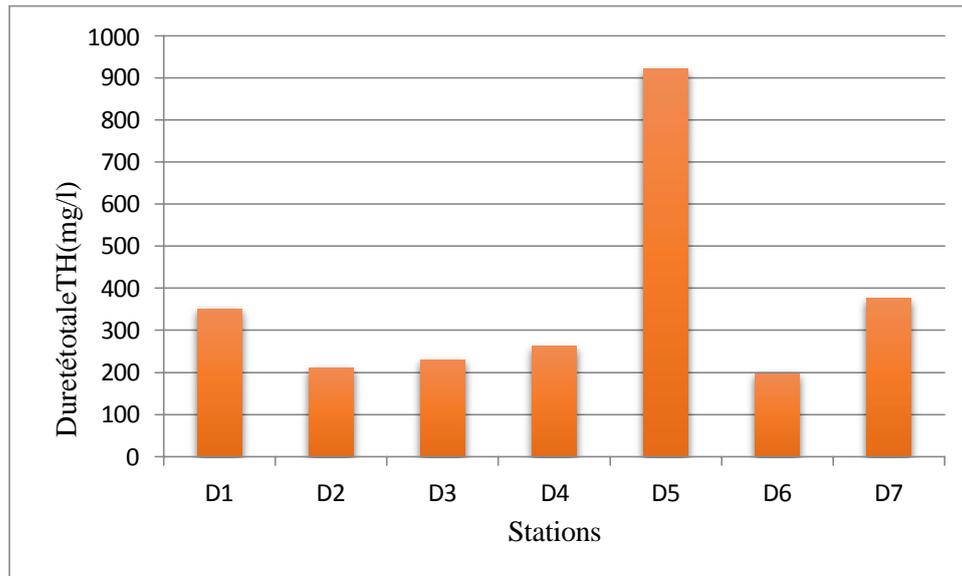


Figure 36 : TH au niveau des sources de Djurdjura (versant sud)

I.2.2.2. Calcium Ca^{2+}

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie selon la nature des terrains traversés. Les normes algériennes préconisent une concentration de 200 mg Ca^{2+}/L comme concentration maximale. La teneur en calcium enregistrée est de 76.8 mg/L pour D4, 8 mg/l pour D1 et 52 mg/l pour D2 (Fig.37).

Le calcium s'introduit dans le système d'eau douce sous l'action de la météorisation des roches, particulièrement celle des roches calcaires, et par entraînement à partir du sol dans les eaux d'infiltration par lixiviation et par ruissellement. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium. (Nechad *et al.*, 2014)

Nos résultats sont supérieurs à ceux signalés par Lammeri et Imoune (2022) en niveau de la station de dessalement de l'eau de la mer à Tizi-Ouzou.

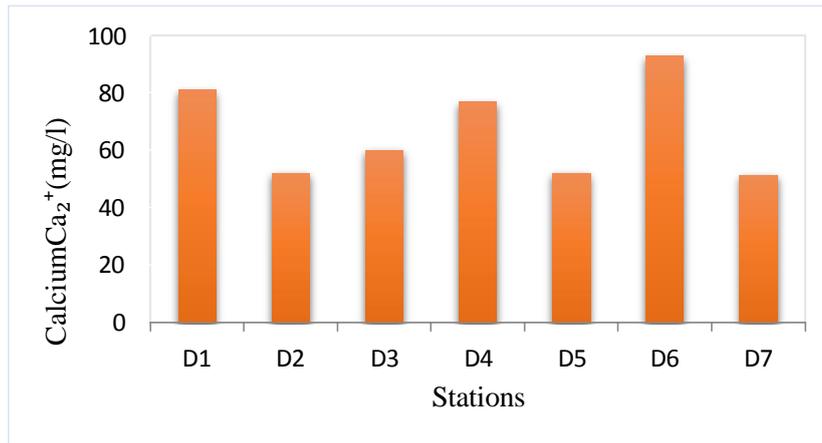


Figure37: Valeurs de calcium au niveau des eaux des sources de Djurdjura (versant sud)

I.2.2.3. Magnésium Mg²⁺

Pour la teneur en magnésium observée au niveau des 7 stations, elle varie entre 4,86 mg/l et 57,83mg/l (comme valeur maximale observée au niveau de station **D7**) (Fig.38). Ces valeurs sont inférieures à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays à la limite (150 mg/L).

Ces teneurs en calcium et magnésium enregistrées au niveau de ses sources sont probablement dues aux lessivages des terrains traversées. Sa teneur dépend de la composition de roches sédimentaires rencontrées (calcaires) en niveau du Massif de Djurdjura.

Des études faites confirment que l'absorption de magnésium et calcium de l'eau est plus efficace que les absorbé d'origine alimentaire ou médicamenteuse. Ainsi les eaux riches en sels minéraux permettent d'enrichir efficacement les apports alimentaires en minéraux :1 litre par jour de ces eaux calciques et magnésiennes permet de couvrir au minimum 15à 20 % des apports nutritionnels conseillés en minéraux notant chaque eau se caractérise par a un profil minéral particulier (**Aquamania, 2017**)

Nos résultats sont inférieurs à ceux signalés par Allalguet *al.* (2007) au niveau du barrage Foum El khanga

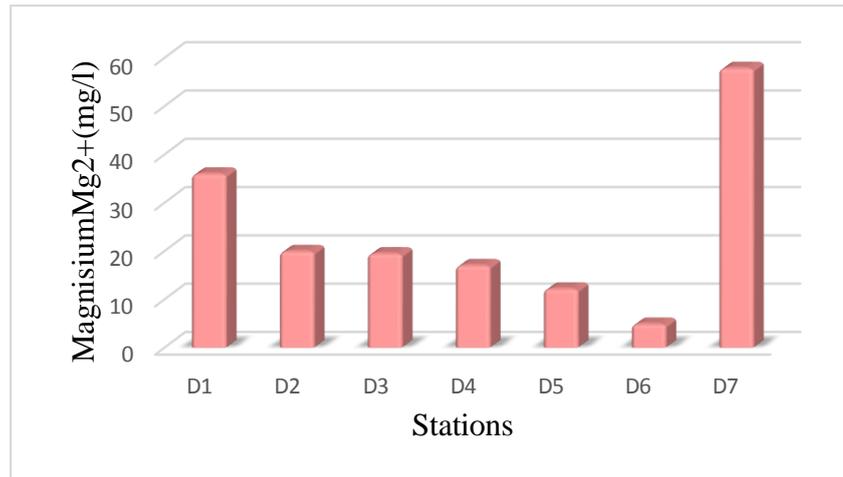


Figure38: Histogramme représentatif des valeurs de magnésium au niveau des sources de Djurdjura (versant sud)

I.2.2.4. Chlorure Cl-

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l. La teneur de notre échantillon varie entre 6,39 mg/l à 21,3mg/l en **D1** ces valeurs sont conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l. Ces teneurs extrêmement variées sont liées principalement à l'altération météorique et la lixiviation des roches sédimentaires et des sols, ainsi que de la dissolution des dépôts de sel

Ces teneurs en chlorure sont inférieures à celles trouvées par Derredji et Djili (2020) en niveau de barrage Tilesdit.

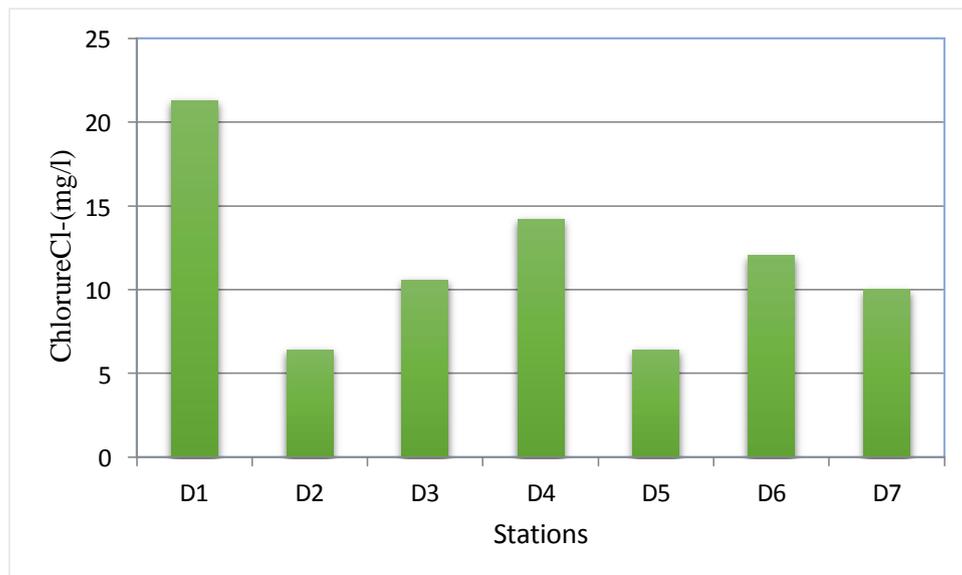


Figure39: Valeurs de chlorure au niveau des sources de Djurdjura (versant sud)

I.2.2.5. Le titre alcalimétrique complet (TAC)

La valeur maximale en TAC dans l'eau est enregistrée au niveau de **D7** à 367 mg/l CaCo₃. Ces concentrations englobent la somme des sels hydroxydes, carbonate bicarbonate. Ceci est dû à la nature des roches calcaire qui caractérisent le massif Djurdjura.

Ces valeurs sont supérieures par rapport aux résultats obtenues par Derredji et Djili (2020) en niveau des sources (Iwakouren ; Source des singes ; Agueni n bouzid).

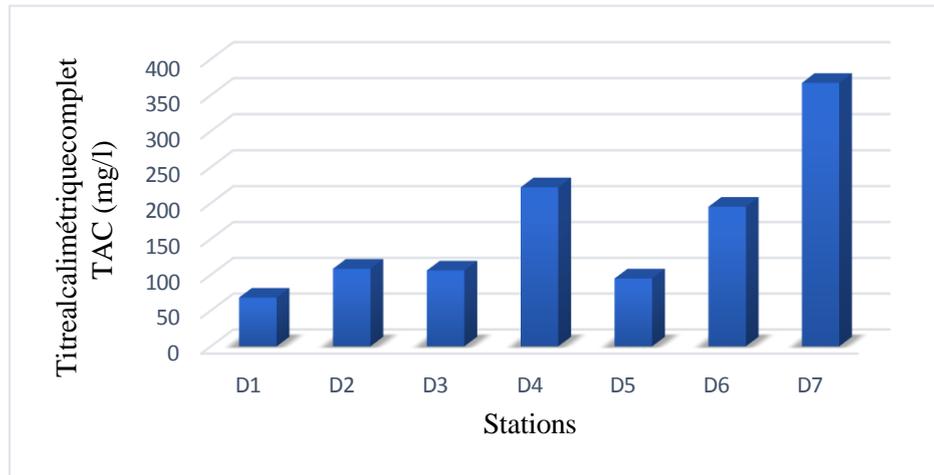


Figure40: Valeurs de titre alcalimétrique complet au niveau des sources de Djurdjura (versant sud)

I.2.3. Paramètre colorimétrique

I.2.3.1. Fer(Fe²⁺)

Nos résultats indiquent une absence totale du Fer (Fe²⁺). Ces résultats sont conformes aux normes (0.3 mg/l) prescrites par la réglementation Algérienne. Ces valeurs sont presque les mêmes que celles signalées par Ibri et taleb (2016/2017) aux sources versant nord de Djurdjura.

I.2.3.2. Sulfate SO₄²⁻

Le sulfate donne un mauvais gout à l'eau et peuvent entrainer des effets de corrosion des canalisations. Une valeur très élevée en niveau de **D4** (57.6 mg/l) par rapport à **D1**, **D6**, **D7** et une valeur très faible au niveau de **D5** (40.72mg/l). Ceci peut être traduit par l'effet de liaison aux roches traversées par les eaux souterraines en niveau de Djurdjura.

Ces résultats sont supérieurs à ceux trouvés en niveau de Tilesdit d'après Darredji et Djili(2020).

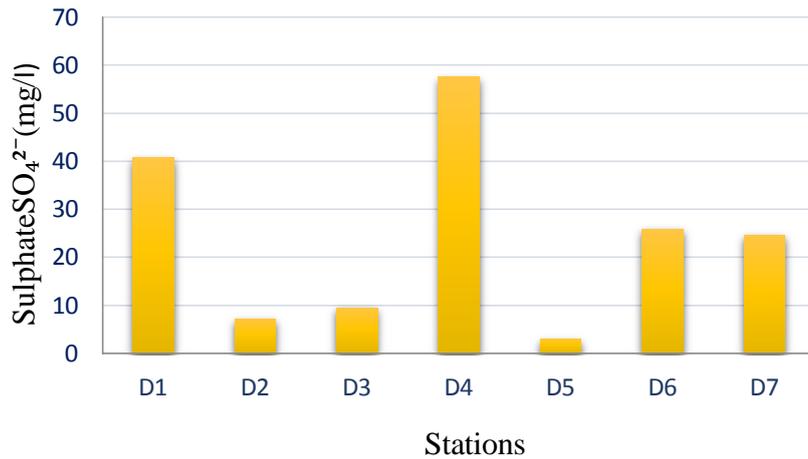


Figure41: Valeurs de sulfate, au niveau des sources étudiées (versant sud de Djurdjura)

I.2.3.3. Les nitrates

La concentration en nitrate au niveau des stations étudiées ne dépasse pas 0.4 mg/l à l'exception de la station **D7** (Tiserguine) où il enregistre une valeur de 4.3 mg/l (Fig.). La présence des nitrates indique une légère pénétration des ordures et des matières organiques dégradées qui peut être de nature animale ou humaines par le passage des randonneurs car ce site est caractérisé par une fréquentation très haute des citoyens.

Les résultats obtenus sont admissibles, selon les normes algériennes (50 mg/l) et sont inférieurs à ceux trouvés par Achoui et Souci (2014/2015) pour la source « Lakhroub », la « Fontaine Fraiche » et « ainser akdhim » à Tizi-Ouzou.

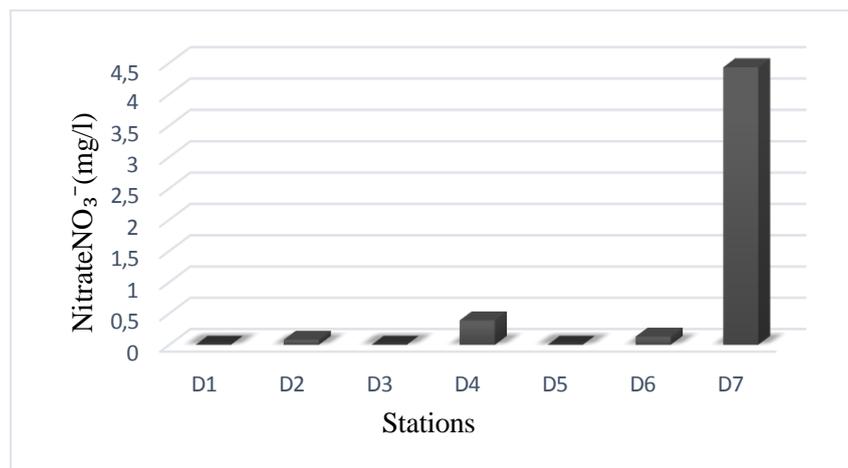


Figure42: Valeurs de nitrates au niveau des sources étudiées
(Versant sud du Djurdjura)

II. Analyse bactériologique

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de L'ADE Bouira, et consistent à la recherche des Coliformes totaux, fécaux et des Streptocoques fécaux. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau3:Résultats des analyses bactériologiques des sources d'eau de Djurdjura

Source	CT	CTHT	E.COLI	STREPT	GT37°	GT22°	CLOSTI
D1	abs	Abs	abs	2	Abs	Abs	Abs
D2	>244	9	abs	17	20	36	1
D3	1	Abs	abs	Abs	Abs	6	Abs
D4	abs	ABS	ABS	>03	ABS	15	ABS
D5	abs	Abs	abs	1	abs	2	abs
D6	14	2	abs	1	116	136	abs
D7	3	Abs	abs	Abs	abs	17	abs
Les normes	0	0	0	0	0	0	0

II.1. Coliformes totaux

Les résultats d'analyses ont permis d'enregistrer la valeur de 244/100ml pour **D2**, cette valeur est extrêmement élevée et dépasse largement la norme (0/100ml). La forte concentration de ces bactéries expliquées par la présence des factures qui favorisent leurs croissances. Ce qui nous laisse soupçonner une présence d'une contamination fécale. Les deux sources **D1**et**D4** marquent une absence de coliformes totaux ce qui montre que l'eau de ces deux sources est conforme aux normes Algériennes.

Derredji et Djili(2020) notent des valeurs plus élevée en niveau de source Iwakouren,Source Bouhreb et Agueni n Bouzid.

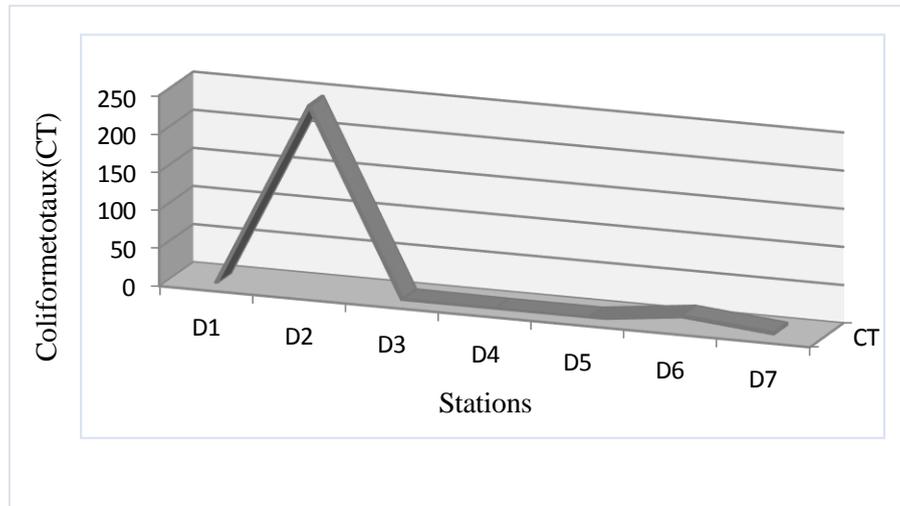


Figure43:Une courbe représentative des valeurs de coliforme totaux analysé au niveau des sources d'eau de Djurdjura

II.2. Coliformes fécaux

Nos résultats montrent une absence totale des coliformes fécaux dans la majorité des sources d'eau analysé à l'exception des sites :**D6** (2/100ml) et **D2**(9/100ml) indiquant une contamination dans le milieu qui peut être causé par les matières fécales des animaux à sang chaud tels que les singes, et les vaches qui étaient déjà observé dans la station.

Ces résultats sont différentes a ceux trouver par Derridji et Djali(2020) absence total des coliforme fécaux en niveaux des sources Bouhreb;Iwakouren ; Source des Singes et Agueni n Bouzid et en niveaux de barrage Tilesdite

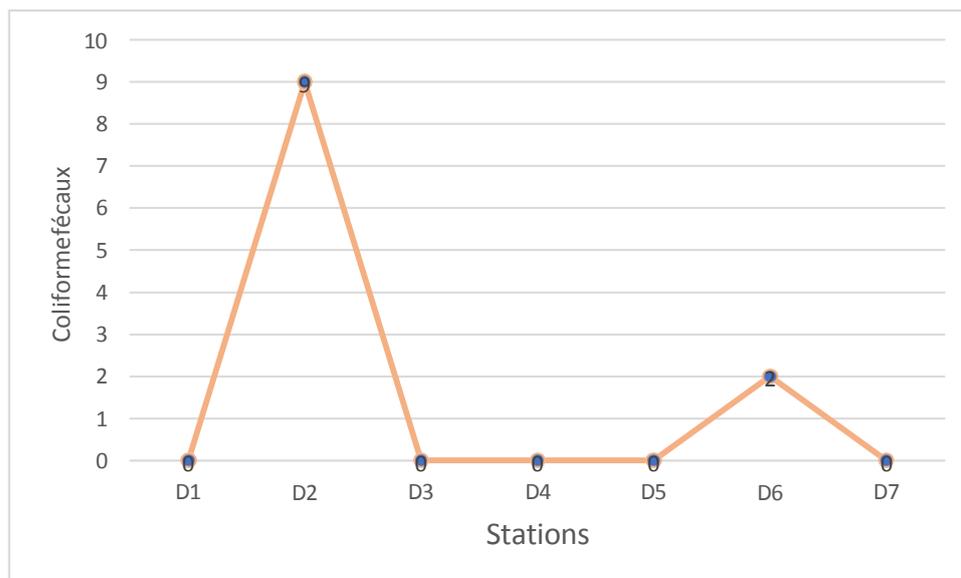


Figure44:Une courbe représentative des valeurs de coliforme fécal analysé au niveau des sources d'eau de Djurdjura

II.3. Escherichia coli

Les résultats d'analyse pour les sept sources donnent une valeur d'absence d'E. Coli ce qui montre que l'eau de ces sources est conforme aux normes Algériennes (00/100ml).

Ces résultats sont identiques à ceux été signalé par Derridji et Djzli (2020) en niveau de Barrage Tilesdite et en niveaux des sources Iwakouren ; Agueni n Bouzid et Source des singes.

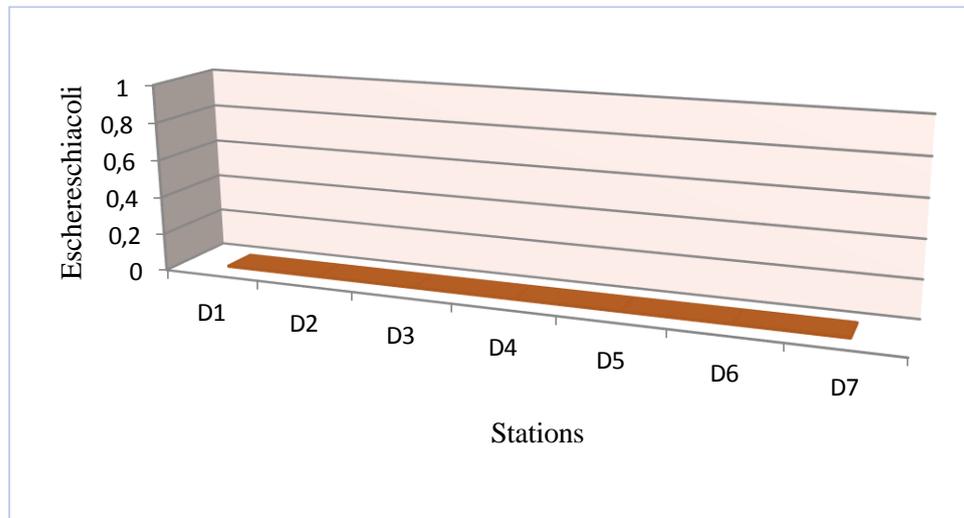


Figure45: Une courbe représentative des valeurs de coliforme totaux analysé au niveau des sources d'eau de Djurdjura

II.4. Streptocoques fécaux

Les résultats d'analyses indiquent la valeur de 17/100ml pour **D2** et la valeur 3 /100ml pour **D4** cette valeur est très élevée par rapport aux normes (00/100ml) confirment la présence d'une contamination bactériologique d'origine fécale. Cela causé peut être au passage des animaux ou à des erreurs de manipulation. Nous avons constaté l'absence totale des Streptocoques fécaux dans **D3** et **D7** cela peut être traduit par l'efficacité de traitement de traitement établie sur ces sources. Confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre.

Les valeurs obtenues sont différentes à ceux trouvé par Derredji et Djali(2020) absences totales des streptocoques en niveau de barrage Tilesdite.

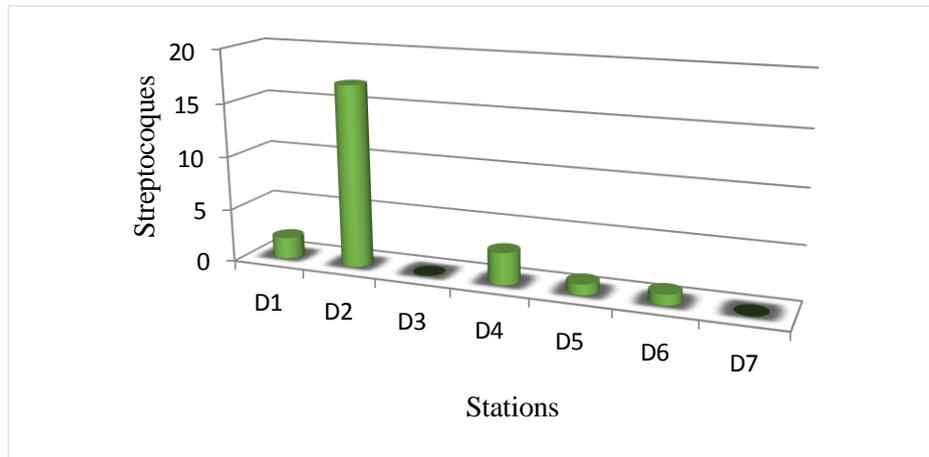


Figure 46 : Une courbe représentative des valeurs de coliforme totaux analysé au niveau des sources d'eau de Djurdjura

II.5. Les germes totaux

Les résultats obtenus à 22°C varient entre 00 et 136 germes /ml marqué à la station **D6** absence total de germe totaux au niveau de station **D1**.

A 37 ° C, les sources analysé présentent une absence total des germes a l'exception des stations **D2** et **D6** Ces résultats proviennent d'une contamination d'origine fécale. Qui arrive jusqu'à 116 germes /ml. Les autres sources restent conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne.

Ces résultats sont supérieurs à ceux trouvées par Achoui et Souci (2014/2015) en niveau de Lakhroub; Ainsar Akdhim et Fontaine fraiche à TiziOuzou.

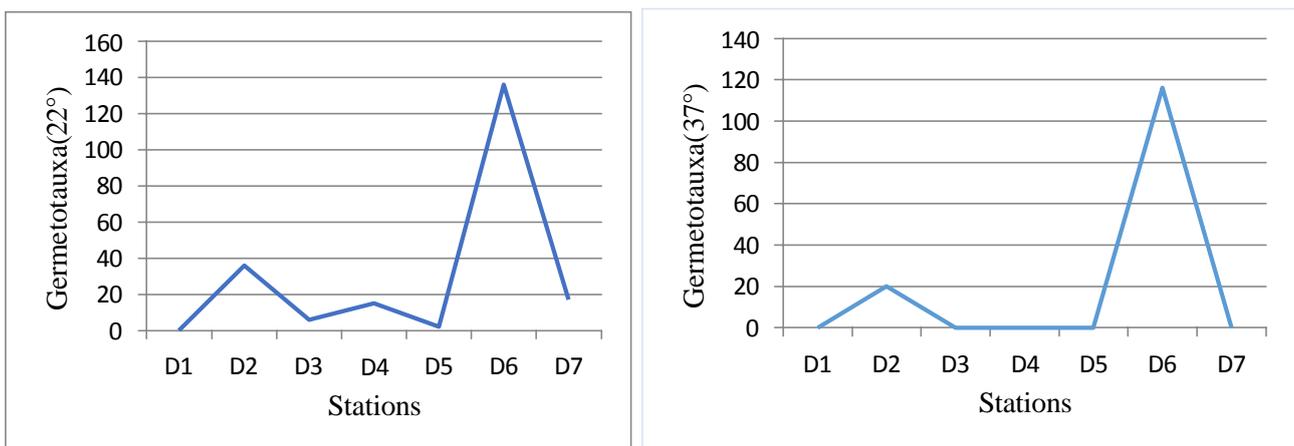


Figure47: Courbes représentatives des valeurs de germes totaux à deux températures 22° C et 37°C au niveau des sources d'eau de Djurdjura

II.6. Clostridium sulfito-réducteurs

Selon le résultat obtenu, on note la présence de clostridium uniquement dans **D3** fait pensé à une contamination fécale, par contre les autres sources aucun signe de présence des clostridium sulfito-réductrice n'a été remarquée durant la lecture, ce qui nous a permis de dire qu'il présente une conformité à la valeur indicative de la norme Algérienne de potabilité, donc cette eau analysées est de qualité acceptable pour le paramètre bactériologique relatif aux clostridium sulfito-réductrice. Cette conformité résulte de l'absence des latrines et des fosses septiques susceptibles de causer une pollution fécale.

Contrairement en résultats signalé par Derredji et Djali (2020) en niveaux des sources Iwakouren et Agueni n bouzid (Présence de Clostridium sulfito-réducteurs).

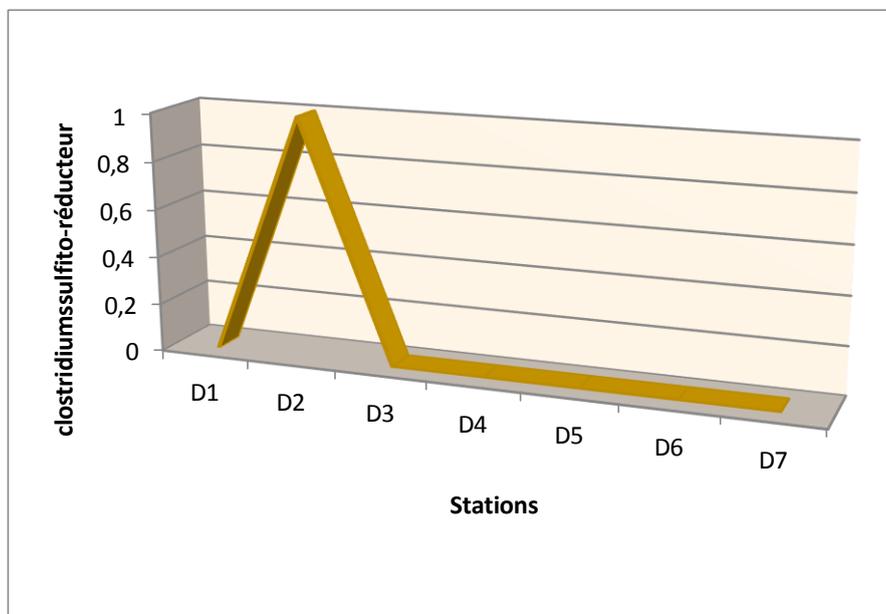


Figure48: Une courbe représentative des valeurs de Clostridium sulfite-réducteurs
Au niveau des sources d'eau de Djurdjura

III. Analyse biologique

L'étude faunistique des peuplement de macro invertébrés au niveau sept compagne de prélèvement au versant sud de Djurdjura a permis de recenser un total de 598 individus répertoriés en 10 taxa faunistique(8 ordres et 29familles) (Tableau 4)

Tableau4:un inventaire préliminaire des macros invertébrées échantillonnées

Phylum	Classe	Ordre	Famille	NB
Arthropode (Hexapoda)	Insectes	Plécoptères	Leuctridae	98
			Perlodidae	06
			Nemouridae	06
		Trichoptères	Rhizophiliidae	03
			Hydropsychidae	32
			Polycentropotidae	05
		Coléoptères	Dytiscidae	52
			Elmidae	07
			Hydrophilidae	04
		Ephéméroptères	Baetidae	63
			Heptageniidae	06
			Leptophlebiidae	127
			Caeniidae	12
		Diptères	Limonidae	06
			Chironomidae	14
			Simulidae	02
			Tabanidae	07
			Ptychoptéridae	05
		Odonates	Aeshnidae	01
			Calopterygidae	06
			Gomphidae	05
			Coenagrionidae	09
		Hémiptères	Gerridae	08
			Hydrometridae	01
			Mesoverelidae	04
			Notonectidae	05
	Validae		47	
	Corixidae		12	
	Crustacé	Amphipodes	Cammeridae	44
Annélides				20
Total				617

Les peuplements d'invertébrés sont dominés dans l'ensemble des stations par les arthropodes représentant 97%. Les Annélide occupent la 2ème position avec 3% et nous avons observé l'absence totale du crustacé et d'autre embranchement on comparant avec les études faite par **haouchine** en versant nord de Djurdjura (Haouchine, 2011).

Parmi les invertébrés, la classe d'insecte est la plus dominante. Ils sont représentés essentiellement par les éphéméroptères (34%), les plécoptères à 18% et les Hémiptères (13%). Les coléoptères (11%), les trichoptes (7%), les odonates (4%) et les diptères (3%) sont faiblement représenté. (Figure.)

La part des crustacés dans nos études est totalement représentée par les amphipodes.

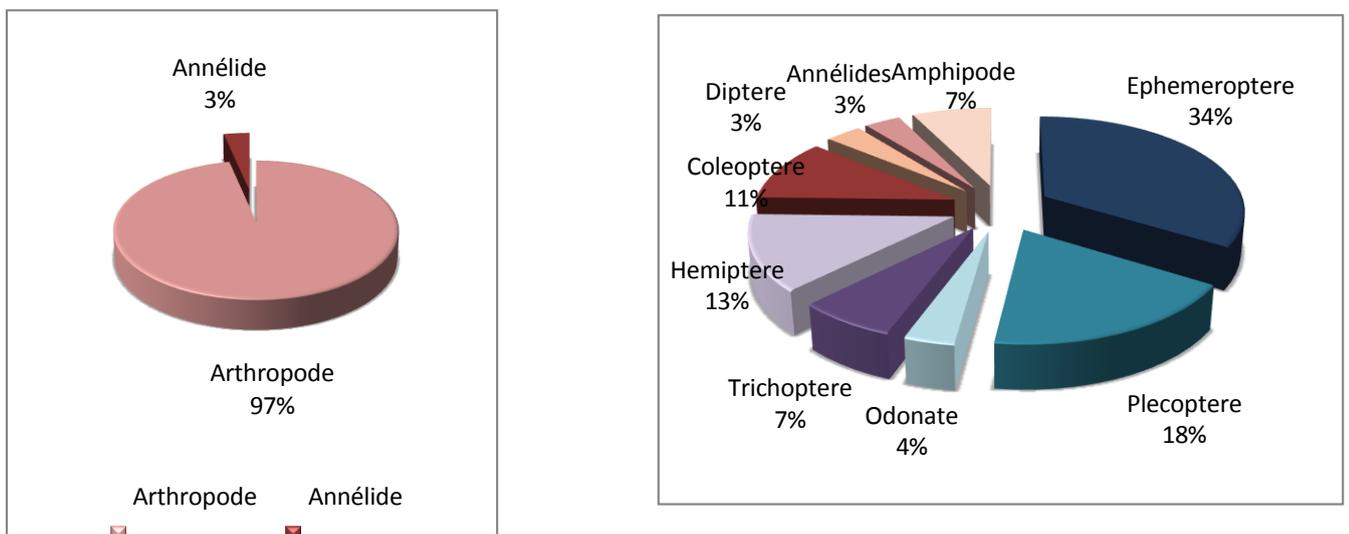


Figure 49: Diagrammes circulaires représentatifs de l'abondance relative des macros invertébrés

Les macros invertébrées constituent un élément important pour évaluer l'état de santé d'un écosystème aquatique. La présence des Trichoptères, des Ephéméroptères et même des Plécoptères dans nos stations d'études reflètent une meilleure qualité des eaux des stations étudiées, ces derniers sont connus par son grande polluosensibilité, leurs présences dans les milieux témoignent une bonne oxygénation (**Bouhala, 2011**)

La faible représentation des odonates au niveau de nos stations est causée fortement par l'exploitations de cette ressource en irrigation des cultures et par la perturbation excessive de leurs habitats en raison de l'urbanisation croissante (séchage, remplissage, construction) (**Benchalel et al. 2017**).

La présence d'adulte d'odonate *colopterys haemor rhoidalisen* site **D4** de source noire

en mois de juin indique que c'est la période de vol est déjà commencé confirme en accord étroit avec la période de vol connue de la plupart des Odonates de la Méditerranée (Ferrerias-Romero et Corbet, 1995; Samraoui et Corbet, 2000b).

Cependant la présence des diptères avec la famille des Chironomidés et simuliidae est une indication de la dégradation de la qualité des eaux des stations étudiées aucun rejet d'eau usée signalé au niveau de notre études précédentes (Physico-chimique) mais par contre on peut penser qu'une pollution organique d'origine agricole ou domestique produirait dans nos stations d'eau. On peut aussi supposer, le débit des stations faible liée à la période chantonnée

La forte abondance des hémiptères aquatiques on suppose due au faible débit enregistré dans les stations liées à la période d'échantonnage. La présence des Gerridae famille qui préfère les eaux stagnantes dans les stations étudié traduit Une explication logique que ces sources sont relativement à faible débit. Ceci s'accorde avec les résultats de Du blanch (2001) sur le haut bassin de Taren (France)

Conclusion

Notre travail a été effectué en 2022 dans l'objectif d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et biologiques des eaux des sources naturelles qui se situent sur le versant sud du Djurdjura qui sont la source Iwakouren, Ath Ali Outhmim, Bouhreb, Source Noire, Agueni n Bouzid, Ighzer Guirwil et Tiserguine.

Les résultats ont révélé que la qualité des eaux de ces derniers est bonne globalement, grâce à certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques et biologiques et moyenne pour d'autres telle que les germes revival. Selon les analyses bactériologiques nous avons constaté des contaminations bactériologiques d'origine fécale issue des animaux vivants et pâturent à proximité des sources naturelles comme source Ath Ali Outhmim et Ighzer Guirwil. Il ne faut pas perdre de vue que le paramètre le plus défavorable décline la qualité et l'aptitude des eaux.

Lalimnofaune qui refuge ces milieux humides a permis de recenser 598 individus répartis en ..Groupes zoologiques et 28 Familles situées entre 922 et 1510m d'altitude. Les groupes les mieux représentés sont les Hémiptères et Diptères Ils comptent chacune 7 et 5 familles. Viennent ensuite les Ephéméroptère et odonate avec 4 familles; les trichoptères, les coléoptères et les plécoptères (3 familles), les Crustacés avec 2 familles.

L'effectif du peuplement benthique a montré que les Ephéméroptères et les Plécoptères sont nettement dominants. Ils représentent respectivement 34% et 18 % de la faune totale qui sont considérés comme des éléments polluo-sensibles attestant d'une bonne qualité d'eau des sources échantillonnées.

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.
- Il est vivement recommandé d'encourager la détermination jusqu'à l'espèce pour avoir une vision plus exacte et de doter les institutions en charge des milieux aquatiques, d'outils appropriés pour mieux comprendre et gérer durablement ces écosystèmes qui construisent un patrimoine naturel dans toute leur complexité.

Références bibliographiques

A

- **Allalgua A.**, Kaouachi N., Boualeg C., Ayari A., Bensouileh M. 2017, Caractérisation physico-Chimique des eaux du Barrage Fom El-Khanga(Region de Souk-Ahras, Algerie), N°.12, p 261-269.
- **ALGÉRIENNE DES EAUX BOUIRA (A.D.E)**,(2006). Description du fonctionnement et de l'exploitation de la station de traitement d'Eau Potable de Bouira.
- **Association Santé Environnement**.2010.France,
- **Algérienne Des Eaux Tizi-Ouzou(A.D.E)**, (2010).Données de l'établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou
- **Algérienne Des Eaux Tizi-Ouzou (A.D.E)**, (2012).Données de l'établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Tizi-Ouzou.
- **Algérienne Des Eaux Tizi-Ouzou (A.D.E)**, (2015-2016). Données physicochimiques et bactériologiques
- **Algérienne Des Eaux Bouira (ADE)**. Données de l'établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Bouira.
- **Algérienne Des Eaux Bouira (A.D.E)** Données physicochimiques et bactériologiques.
- **Adjadj,N**(2017).Analyse du système de production d'eau potable ainsi que sa gestion et son exploitation au niveau de la wilaya de Bejaia.

B

- **BélaidM., 1986**. Contribution à l'étude préliminaire de la distribution de la matière organique dans quelques sols forestiers de la Kabylie du Djurdjura.
- **Bouheraoua, H., 1992**.Contribution à l'étude phytosociologie et phytodynamique des groupements végétaux du foret du djurdjura (Tala-Guilef, Djurdjura occidental).Thèse d'ing. En Agro. UMMTO
- **BarberoM.,LoiselR&QuezelP.,1990**.Contribution à l'étude phytosociologique des matorrals de la méditerranée orientale. Lazoco
- **Boughreb,F,Sabour,N**(2019).Recherche de quelques bactéries des maladies transmissions hydrique au niveau de quelques sources d'eau de la wilaya de Bouira. [Enligne]. Mémoire de Master : Biodiversité et environnement : Université de Bouira.

- **Benabadji, A, Saidi I** (2016) . Etude sur le Dessalement de l'Eau Saumâtre préparée à partir des Eaux de Mer issues du prétraitement de la station de Souk-Tlata. Mémoire de Master : Technologies de Traitement des eaux : Université Abou Baker

D

- **Degremont** 2005 : Mémento technique de l'eau, dixième édition TOME 1. Edition LAVOISIER. 6 DEGREMONT G., 1990. Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2ème édition : Copyright Degremont.
- **Duguetj.P., Bernazeauf., Cleretd., Gaida., La planche A., Moles J., Montiel A., Riou G. et Simon P.** (2006). Réglementation et Traitement des Eaux Destinées à la Consommation Humaine. 1ère Edition, ASTEE (Association Scientifique et Technique pour l'Environnement).
- **Djellouli H.M. et Taleb S.** (2005). Qualité Chimique et Bactériologique des Eaux de Consommation du Sud Algérien. Faculté des Sciences, Université LIABES de Sidi Bel Abbés, Algérie.
- **Diomandeet al.,** 2009 ; Adandedjan, 2012; Ben *et al.*, 2014; Camara *et al.*, 2014 ; Sanogo *et al.*, 2014). Tachet *et al.* «Guide d'identification des principaux macro invertébrés benthique d'eau douce du Québec» Edition 2010 (Bahgat *et al.*, 2018).
- **Donati, Francesco, Touchart, Laurent, et Bartout, Pascal.** Les seuils en rivière transforment-ils les milieux lotiques en milieux lentiques ? *Physio-Géo. Géographie physique et environnement*, 2020, no Volume 15, p. 111-131.

□

E

- **El Houcine Haijoubi et al,** 2017. Etude de la qualité bactériologique de l'eau utilisée dans l'industrie agroalimentaire dans le Nord du Maroc. Pan African Medical Journal *RISSN:1937-8688.*
- **Elsevier** Masson SAS, 2008. L'eau destinée à la consommation humaine. EM consulte 69 -N° 3 - 496-505

F

- **Fennane M., Ibn Tattou M., Mathez J., Ouyahya A. & El Oualidi J.** (eds) 1999 - Flore pratique du Maroc, vol. 1 Trav. Inst. Sci. Sér. Bot. 36, Rabat.

- **Flandrin J.**, 1947. La chaîne du Djurdjura. Esquisse géologique et géographique. Guide de La montagne algérienne.
- **Flandrin J.**, 1952. La chaîne du Djurdjura. Monographie régionale. 1^{ère} série, Algérie.

G

- **Gharzouli, R.**, 2007. Flore et végétation de la Kabylie des Babors. Etude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post-forestiers des djebels Takoucht, Adrar Ou-Melal, Tababort et Babor. Thèse de Doctorat, Université de Sétif (Algérie),
- **Ghizellaoui, S** (2010). Evaluation de la qualité des ressources en eau alimentant la ville de Constantine, prévision de la demande en eau à l'horizon. Thèse de magister en chimie analytique et traitement des eaux : Université des Frères Mentouri Constantine
- **Gounot M.**, 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Massoné d., Paris,
- **Geneva**, United Nations – GE.13-26823 – February 2014

H

- **Haslay. C** et **Leclerc. H** ; 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris.
- **Hadef Dj. & Hasni M.**, « Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. Ain Defla ». « Mémoire de Master en Chimie, Université Djilali Bounaâma de Khemis Miliana. 2017,
- **Hamel L.**, « Etude physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Sidi Bouyashak » destinée à la consommation humaine de la population de Tlemcen ». Mémoire de Master en Sciences des aliments, Université ABOUBEKR Belkaid TLEMEN.
- **Hammadache Z.**, **Guerrache S.** & **Saib S.**, « Evaluation du transfert des métaux lourds dans le système sol-plante (Phragmites australis) dans le bassin versant d'oued NIL la région de Jijel ». Mémoire de Master en Biologie, Université M'hamad Bougara Boumerdes. (2016),

K

- **Kemmoum. D** et **beddek. F** ; 2013. Qualité physico-chimique et bactériologique de l'AEP de la ville de T.O mémoire de fin d'étude, diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie.

- **Khalid. A** ; 2011. La pollution des eaux usées. Impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface.
- **Kettab A.**, Mitiche R et Bennaçar N. 2008, De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies, n° 2.

L

- **LabordeJ.A.**, 2003.Hydrologie de surface. ANRH
- **LoukasA.**, 2006.Atlas des parcs Nationaux Algériens. Ed. Publié parle parc national de Théniet El Had Avec l'autorisation de la Direction Générale des Forêts
- **Laurent. T** ; 2010. Hydrologie Mers, fleuves et lacs. Edition Armand Colin.
- Arab. L et Oudafal.N ; 2015. Evaluation de la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux brutes et traitées de barrage de la station Taksebt de Tizi-Ouzou, mémoire de fin d'étude diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie
- **Lounnas. A** ; 2009. Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda, thèse de Magister, Université de Skikda.

M

- **Metahri.M.S** ; 2013. Cours traitement des eaux superficielles. Maitre-assistant et charge decours à UMMTO.
- **Metahri.M.S**;2015.Cours production de l'eau potable. Maitre de référence classe A.
- **Metahri.M.S et Sahmoune. A** ; 2008. Elimination de l'azote et du phosphore des eaux usées traitées par valorisation agricole. Cas de l'effluent de la station d'épuration et de Tizi-Ouzou Algérie (perspectives et recommandation).
- **Melghit.M** ; 2013. Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments eau sédiments de l'oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroum. Thèse Magister en ecologie, Université Mentouri de Constantine.
- **Mekboub.S**; 2003. Contribution à l'optimisation du traitement physico-chimique de l'eau de la station de Souk El Djemàa (A.E.H) Tizi-Ouzou
- **Mustafa Bouziani** ; 2006 L'eau dans tous ses états: Source de vie, ressource épuisable, maladies hydriques, pollutions chimiques, Editions DAR EL GHARB, Oran,p25 – 62 et p 178 – 217

- **Mer Mohamed** Khiati, L'eau en Algérie: Une source de vie et un impératif de développement, Fondation Nationale pour la Promotion de la Santé et le Développement de la Recherche, Alger

O

- **Otmani H.**, « Evaluation de la toxicité de quelques métaux lourds sur le comportement d'un modèle animal du groupe des Coelomates ».Thèse de Doctorat en Toxicologie, Université Badji Mokhtar - ANNABA. (2018)
- **O.M.S(1997)**.Surveillance de la qualité de l'eau de boisson, Genève.
- **O.M.S(2005-2015)**.Décennie internationale d'action sur le thème «L'eau, source de vie». REH, 80.
- **Ouali(2001)** Traitement des eaux, Ed office des publications universitaires, Alger.
- **Oieau, 2017**. Milieux aquatique
(<https://www.oieau.fr/Mediatheque/illustrations/la-part-deau-douce-sur-terre>)

R

- **Rodier J.**, « L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer Edition Dunod, Paris. (1984).[46] Rodier J., « Analyse De L'eau (Eau Naturelles,Eaux Résiduaires, Eau De Mer) »,8èmeEdition, paris. (1996), 1260
- **Rodier.J.**, Bazin C., Broutin J. P., Champsaur H.et Rodi L., « L'analyse de l'eau, Eaux résiduaires, Eaux de mer ». 8ème édition, DUNOD, Paris. (2005).
- **RODIER J.**, LEGUBE B., MERLET N., « l'analyse de l'eau ».9ème édition DUNOD,Paris. (2009).
- **Raymond** Desjardins, Le traitement des eaux, 2ème Edition, Editions Presses internationales Polytechnique, Canada, 2007, p 3 – 8
- **Roland** Vilagines, Eau, environnement et santé publique: Introduction à l'hydrologie, Editions TEC & DOC, Paris, 2000, p 3 – 32 et p 103.

S

- **Somé, Y.S.C**, Soro , T.D, Ouedraogo, S (2014). Etude de la prévalence des maladies liées à l'eau et influences des facteurs environnementaux dans l'arrondissement de Nomgr-Masson : cas du quartier Tanghin (Ouagadougou- Burkina Faso).
- <https://www.aquaportail.com/definition-4807-lotique.html>
- <https://www.aquaportail.com/definition-5332-milieu-lentique.html>

II.3. Traitement et méthode d'analyse de l'eau

II.3.1. Analyse physico-chimique de l'eau

- **La conductivité électrique (CE)**

Mode opératoire

- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité.
- Versez environ 100ml d'eau à analyser, dans un bécher.
- Emerger l'électrode dans le bécher.

La lecture

Le résultat est affiché immédiatement sur l'appareil en ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

- **Le Potentiel Hydrogène (pH)**

Mode opératoire

- Rincer l'électrode avec l'eau distillée;
- Verser 100ml d'eau analysée dans un bécher;
- Immerger l'électrode dans l'échantillon procédé à une agitation

La lecture

La lecture se fait directement sur le PH-mètre lorsque l'affichage des chiffres stabilise.

- **La turbidité**

Mode opératoire

- Etalonner l'appareil à zéro;
- Remplir une cuvette en verre incolore propre avec l'échantillon à analyser ;
- Essuyer la cuvette avec du papier hygiénique;
- placer la cuvette dans le turbidimètre.

La lecture

Noter la première valeur qui s'affiche sur l'écran en (NTU).

II.3.1.2.2. Paramètres chimiques

- **Minéralisation globale d'une eau (T.D.S)**

Mode opératoire

- Le même mode opératoire de la mesure de la conductivité.

La lecture

La lecture des résultats s'effectue directement sur le conductimètre en mg/L.

II.3.1.2.2.1. Les éléments de la pollution

- **Nitrites(NO^-)**

Mode opératoire

-Verser 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50ml.

-Ajouter 1ml de réactif coloré avec une pipette;

-Bien agiter pour homogénéiser la solution;

-Compléter à 50ml et Attendre 15 à 20min.

La lecture

La lecture se fait au spectrophotomètre à la longueur d'onde 540 nm. Multiplier par 3, 29 pour obtenir la teneur en nitrite. Le résultat est exprimé en mg /l

- **Ammonium(NH^+)**

Mode opératoire

-Verser 40ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée de 50ml ;

-Ajouter 4ml de réactif coloré et homogénéiser;

-Ajouter 4ml de la solution de dichloroisocyanurate de Na et homogénéiser;

-Compléter jusqu'à 50ml d'eau distillée;

-Laisser reposer en moins 1 heure effectué la lecture au spectrophotomètre.

Lecture

La lecture des résultats se fait à l'aide d'un spectrophotomètre en mg/L, multiplier par 1, 28.

- **Phosphate (PO^{3-})**

Mode opératoire

-Verser 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50ml.

-Ajouter 1ml d'acide ascorbique.

-Ajouter 2ml de la solution de molybdate.

-Compléter jusqu'à 50ml avec de l'eau distillée.

La lecture

La lecture des résultats sera faite après 10 à 30 minutes à l'aide d'un spectrophotomètre multiplié par 3,06 en mg/L.

II.3.1.2.2. Paramètres titrimétriques

- **Calcium(Ca²⁺)**

Mode opératoire

- Verser 25ml d'eau à analyser avec 25ml d'eau distillé dans un bécher.
- Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml;
- Ajouter 2ml de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH;
- Ajouter le Murexide (C₉H₈N₆O₆);
- Mélanger puis Titrer avec l'E.D.T.A(C₁₀H₁₄N₂O₉·2H₂O), jusqu'au virage à la couleur violette.

Lecture

Pour faire la lecture nous avons noté le volume(V_{eq}) qui correspond au changement de couleur.

Les résultats sont calculés avec la formule suivante:

$$[Ca^{2+}] = F \times FD \times V_{eq} \quad [Ca^{2+}] = 8 \times 2 \times V_{eq}$$

Les résultats sont Exprimés en mg/l

V_{eq}: le volume de l'EDTA nécessaire pour la détermination de la concentration de Ca²⁺

F:facteur de correction du titre d'EDTA (F=8)

FD: facteur de dilution

- **Dureté totale(TH)**

Mode opératoire:

- verser 25ml d'eau à analyser et 25ml d'eau distillée dans un bécher.
- Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml.
- Ajouter 4ml de la solution tampon.
- Ajouter le Noir Ériochrome, on obtient alors une coloration rouge foncé violet.
- Commencer le titrage avec l'E.D.T.A à pH=10 jusqu'au virage au bleu.

La lecture

Pour faire la lecture nous avons noté en premier lieu le volume (V_{eq}) qui correspond au changement de couleur, les résultats sont exprimés en mg/l selon la formule suivante :

$$[TH] = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$$
$$[TH] = F \times FD \times V_{eq} \quad \Longrightarrow \quad [TH] = 20 \times 2 \times V_{eq}$$

Le mordant noir est utilisé comme indicateur qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence de ces ions.

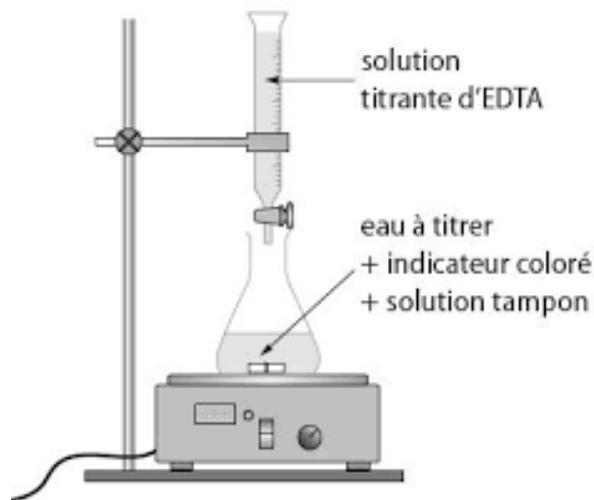


Figure17:Schéma représente la méthode de titrage de la dureté totale.

• Titre alcalimétrique complet TAC

Mode opératoire

- Verser 50 ml d'eau à analyser et 50ml d'eau distillée dans un bécher gradué;
- Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml ;
- Ajouter 2 gouttes de la solution de méthylorange pour obtenir une coloration jaune;
- Commencer à titrer avec la solution HCl jusqu'au virage au jaune orangé.

Lecture

La prise de note de volume (V_{eq}) qui correspond au changement de couleur est en mesure de l'obligation, les résultats sont exprimés en mg/l et calculés avec la formule suivante :



$$[\text{TAC}] = F \times [(\text{FD} \times \text{Veq}) - 0.5] \implies [\text{TAC}] = 10 \times [(2 \times \text{Veq}) - 0.5]$$

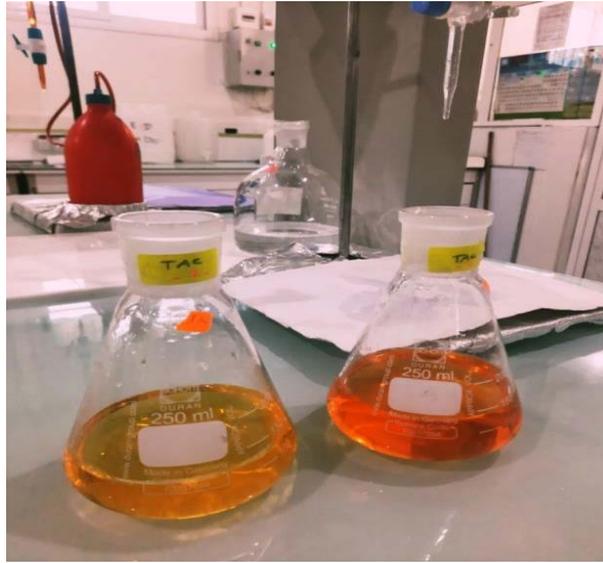


Figure18: Virage de TAC de jaune vers jaune orangé.

- **Chlorures(Cl^-)**

Mode opératoire

- verser 50ml d'eau à analyser et 50ml d'eau distillée dans un bécher gradué
- Verser le volume total dans un erlenmeyer de 250ml.
- Ajouter 1ml de chromate de potassium K_2CrO_4 (coloration jaunâtre).
- Commencer à titrer avec la solution de Nitrate d'Argent (AgNO_3) jusqu'au virage brun-rougeâtre.

La lecture

Noter le volume (Veq) qui correspond au changement de couleur, préparer un essai à blanc composé de 100ml d'eau distillée dans un erlenmeyer de 250ml pour l'utiliser comme référence pour le calcul de la concentration de Cl^- . Les résultats sont exprimés en mg/l, calculés selon la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = F \times [(\text{FD} \times \text{Veq}) - \text{VBL}] \quad [\text{Cl}^-] = 7.1 \times [(2 \times \text{Veq}) - \text{VBL}]$$

II.3.1.2.2.3. Détermination des paramètres colorimétriques

- **Fer(Fe^{2+})**

Mode opératoire

- Verser 50 ml de l'échantillon à analyser dans une fiole de 100ml;

- Ajouter 1ml d'acide sulfurique (H₂SO₄);
- Ajouter 1ml de chlorhydrate d'hydroxylamine ;
- Mélanger bien la solution;
- Ajouter 2ml de solution tampon acétate et 2ml de la solution phénantroline;
- Conserver à l'obscurité pendant 15min;
- Préparer un essai à blanc pour l'utiliser comme référence.

La lecture

Les résultats s'affichent sur l'écran du spectrophotomètre ils sont exprimés en mg/l.



Figure19: Dosage de fer.

• Sulfate(SO²⁻)

Mode opératoire

- Verser 50ml de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée de 100ml ;
- Ajouter 1ml acide chlorhydrique d'HCl;
- Ajouter 5ml de la solution chlorure de baryum(BaCl₂);
- Agiter énergiquement deux à trois fois et laisser reposer pendant 15min;
- Préparer un essai à blanc.

La lecture

Effectuer la lecture au spectrophotomètre en commençant par l'essai à blanc.

- **Nitrate(NO^-)**

Mode opératoire

- Prenez 10ml d'eau à analyser;
- Alcaliniser faiblement avec la solution NaOH;
- Ajouter 0,5 ml de la solution azoture de sodium NaN_3 .
- Ajouter 0,2ml d'acide acétique ;
- Laissez 5 minutes puis évaporer à sec dans une étuve porter à $75-80^\circ\text{C}$;
- Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium, mélange puis l'évaporer et le laisser refroidir;
- Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement, attendre 10 minutes ;
- Ajouter 15ml d'eau distillée avec un distributeur;
- Ajouter 10ml de solution de l'hydroxyde de sodium NaOH qui développe la couleur jaune ;
- Laisser le tout reposer pendant au moins 15 minutes

La lecture

Effectuer la lecture des résultats au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415nm, exprimée en mg/l, multiplié par 4,43.

II.3.1.2.2.4. Test de chlore

Le mode opératoire

- Remplir le tube à essai avec l'eau à examiner ;
- Ajouter au tube une capsule de DPD placer le tube dans le colorimètre (comparateur);
- Estimer la concentration du chlore selon le degré de coloration (chaque couleur correspond à une certaine concentration).

La lecture

La coloration en rose signifie la présence de chlore).



Figure 20: Test de chlore avec l'utilisation d'un comparateur.

II.3.2. Analyse bactériologique des eaux

Milieu de culture utilisé

Des milieux de cultures solides et liquides sélectifs ont été utilisés pour la recherche et l'isolement de différentes flores présentes dans l'eau à analyser.

- ✓ **Gélose TGEA** : Gélose glucosée tryptonée a l'extrait de levure, préconisée pour le dénombrement de la flore aérobie mésophile.
- ✓ **BOUILLON DE ROTH** : utilisé pour effectuer le test présomptif de recherche et de dénombrement de
- ✓ **BOUILLON BCPL** : Bouillon lactosé au pourpre de bromocresol milieu de culture utilisé en microbiologie pour l'identification de bactéries.
- ✓ **BOUILLON EVA LITSKY** : utilisé pour le test confirmatif de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux.
- ✓ **BOUILLON SCHUBERT** : est une préparation de laboratoire permettant de détecter la présence de certaines bactéries, et de dénombrer.
- ✓ **Milieu ENDO** : Gélose Endo agar est un milieu de culture différentiel légèrement sélectif pour la détection de coliformes et autres microorganismes.
- ✓ **Milieu TSI** : Triple sugar iron est un milieu utilisé pour l'identification des entérobactéries.
- ✓ **Gélose viande fois** : est un milieu de culture utilisé pour la culture des germes anaérobies stricts telles que les clostridium.
- ✓ **Milieu BEA** : le nom de ce milieu est un acronyme formé de ses 3 composants caractéristique : Bile, Esculine, Azoture de sodium. Il est couramment utilisé pour identifier les membranes du genre streptocoques.
- ✓ **Milieu Slantez**: Milieu sélectif pour dénombrement des entérocoques intestinaux dans les eaux.

Réactif utilisé

- ✓ Réactif de Kovacs: est un réactif pour la recherche d'indole d'origine bactérienne.

Résumé

Ce travail a pour objectif de faire une étude comparative des caractéristiques des eaux de source en versant sud du Djurdjura selon trois aspects physico-chimiques, bactériologique et biologique. Cette étude est réalisée au niveau de sept sources d'eau de différent position géographique et tranches altitudinales, les analyses des paramètres étudié ont été réalisé au sein du laboratoire centrale de l'ADE de Bouira. Les normes de potabilité (algérienne et OMS) été choisis comme un paramètre de référence en potabilité. Les résultats obtenus ont montré une bonne qualité de ces eaux ainsi qu'elles remplissent les critères de potabilité à l'exception source « Ath Ali Outhmim et Ighzer Guirwil » qui ont indiqué une contamination bactériologique de type fécale. L'analyse faunistique de 7 stations signale la présence de plusieurs taxa indiquant une diversité importante au niveau de famille

Mot-clé: Qualité de l'eau, Analyse physico-chimique; Analyse bactériologique, macro invertébrés, Djurdjura Hydro système.

Summary

This work aims to make a comparative study of the characteristics of spring waters on the southern slope of Djurdjura according to three physico-chemical, bacteriological and biological aspects. This study is carried out at the level of seven water sources of different geographical position and altitudinal slices, the analyzes of the parameters studied were carried out within the central laboratory of the ADE of Bouira. Potability standards (Algerian and WHO) were chosen as a reference parameter inpotability. The results obtained showed a good quality of these waters as well as they meet the criteria of potability with the exception of the source "Ath Ali Outhmim and Ighzer Guirwil" which indicated bacteriological contamination of the faecal type. The final analysis of 7 stations indicates the presence of several taxa indicating an important diversity at the family level

Keywords: water quality, physico-chemical analysis; bacteriological analysis, macro invertebrates, Djurdjura Hydrosysteme

ملخص

يهدف هذا العمل إلى إجراء دراسة مقارنة لخصائص مياه الينابيع في الجهة الجنوبية من جبال جرجرة وفقاً لثلاثة جوانب: الفيزيائية-الكيميائية، البكتريولوجية، والبيولوجية. تم إجراء هذه الدراسة على مستوى سبع منابع مياه تقع في مناطق جغرافية وارتفاعات جبلية مختلفة، وتمت تحليلات المعايير المدروسة في المختبر المركزي لمؤسسة الجزائر للمياه في ولاية البويرة. تم اختيار المعايير الخاصة بصلاحية المياه للشرب (وفقاً للمعايير الجزائرية ومنظمة الصحة العالمية) كمعيار مرجعي لجودة المياه. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن جودة هذه المياه جيدة وأنها تستوفي معايير الصلاحية للشرب، باستثناء مصادر "أث علي أوثميم" و"إغزر قيرويل"، اللتين أظهرتا تلوثاً بكتريولوجياً من نوع الفيروسات البرازية. تشير التحاليل الفاونية للمحطات السبع إلى وجود العديد من الأنواع مما يدل على تنوع بيولوجي كبير على مستوى العائلات.

الكلمات المفتاحية: جودة المياه، التحليل الفيزيائي-الكيميائي، التحليل البكتريولوجي، الكائنات اللاقارية، نظام هيدرولوجي

جبال جرجرة.