

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Centre Universitaire Salhi Ahmed – NAAMA
Institut des Sciences et de Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie*



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du **diplôme de MASTER Académique**

En : Sciences Biologiques

Spécialité : « Microbiologie Appliquée »

Présenté Par : **M^{elle} BENYAKOUB Djowida**

M^r MEBROUKI Othmane

Thème

**Microbiologie et physico-chimie de l'eau des sources de la région
d'Ain Sefra Wilaya de Naama (Sud-ouest de l'Algérie).**

Soutenu, devant le jury composé de :

Président	M ^r GHERIB Mohammed	Maître de conférences (A)	C.U.N
Encadreur	M ^r AMROUCHE Abdelilah	Professeur	C.U.N
Co-encadreur	M ^r DERDOUR Abdessamed	Maître de conférences (A)	C.U.N
Examineur	M ^r BOURAHLA Lame	Maître de conférences (B)	C.U.N

Année Universitaire: 2020-2021

Remerciements

*Nous tenons à remercier en premier lieu **ALLAH** qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.*

*Notre gratitude et reconnaissance nous la consacrons à notre encadreur **Mr AMROUCHE Abdelilah**, Professeur au C.U.N, pour ses précieux conseils et ses orientations qui nous ont permis de finaliser ce travail dans de meilleures conditions.*

*Nos respects au **Mr GHERIB Mohammed**, Maître de conférences (A) au C.U.N, qui nous a fait l'honneur de présider le jury de soutenance.*

*Nos remerciements à **Mr BOURAHLA Lame**, Maître de conférences (B) au C.U.N, qui nous a fait l'honneur d'examiner ce mémoire.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à notre Co-encadreur **Mr Derdour Abdessamed**, Maître de conférences (A) au C.U.N, qui nous a aidés dans l'élaboration de ce travail.*

Nos remerciements à toute l'équipe du laboratoire de l'ADE de Naama sans oublier les techniciens du laboratoire pédagogique du Centre Universitaire Salhi Ahmed de Naama.

Nous adressons nos remerciements à la direction des ressources de l'hydraulique de Naama.

En dernier, nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont soutenues durant ce long parcours.

Merci.

Dédicaces

Tout puissant Allah

*A toi la louange, Ô la lumière des cieux ; de la terre et de ce qu'ils renferment.
Gloire à toi de nous avoir assisté de ta lumière et en toute circonstance matin
et soir.*

Avec un grand plaisir que je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents :

*Leur patience, leur soutien, leurs sacrifices et leurs encouragements pour
ceux qui m'ont entouré pour que rien ne m'entrave le déroulement de mes
études ... pour vous papa et maman.*

A mes chères sœurs : Imane, Manel et Randa.

A mon binôme Othmane et sa famille.

*A toute personne qui a contribué à la réalisation de ce manuscrit de près ou de
loin.*

Djowida

Dédicaces

Je dédie ce travail,

*A l'âme de mon père, qui a toujours aspiré à me voir dans les plus hauts
rangs.*

Dieu te bénisse papa.

A ma mère dont ses supplications éclairent mon chemin, je t'aime maman.

A mes chers frères et mes chères sœurs, merci pour votre soutien.

A tous la famille MEBROUKI.

A ma grand-mère et mes tantes.

A mes oncles.

Un dédicace spécial à :

Ma nièce Manel et Fatima.

A mon binôme Djowida et sa famille.

A mes chers amis.

Enfin, je dédie ce travail à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Othmane

Abstract

The main objective of our study is a contribution to the evaluation of the physicochemical and bacteriological qualities of the waters of four sources located in the region of Ain-sefra during the period of April and May 2021.

Screening of the physicochemical results revealed that the spring waters investigated have neutral pH with marked hardness and very high sulfate contents (210 to 421 mg / L). In addition, the use of the results of the bacteriological status showed the persistence of an old faecal contamination confirmed by the presence of sulphite reducing Clostridium in two of the four sources analyzed, the other microbiological parameters were in compliance with drinking standards. These results attest that the groundwater in our region can be exploited for human consumption, provided that attention is paid to it through its recovery.

Indeed, water, a source of life, is considered to be the most important vector of sustainable development. Water is increasingly scarce, a very precious, indispensable and irreplaceable commodity. It must therefore be rationalized and protected because none of the technologies of this new century allows us to manufacture it and nothing can be substituted for it.

Keywords : Ground waters, Ain-Sefra, Standards, Physicochemical quality,
Bacteriological quality.

ملخص

الهدف الرئيسي من دراستنا هو المساهمة في تقييم الجودة الفيزيوكيميائية والبكتريولوجية لمياه أربعة مصادر تقع في منطقة عين الصفراء خلال الفترة من أبريل ومايو 2021.

أظهر فحص النتائج الفيزيوكيميائية أن مياه الينابيع التي تم فحصها تحتوي على درجة حموضة معتدلة مع صلابة ملحوظة ومحتويات عالية جداً من الكبريتات (210 إلى 421 مجم / لتر). بالإضافة إلى ذلك ، أظهر استخدام نتائج الحالة البكتريولوجية استمرار وجود تلوث برازي قديم أكده وجود *Clostridium sulfitoreducteurs* في اثنين من المصادر الأربعة التي تم تحليلها ، وكانت المعلمات الميكروبيولوجية الأخرى متوافقة مع معايير الشرب. تؤكد هذه النتائج أن المياه الجوفية في منطقتنا يمكن استغلالها للاستهلاك البشري بشرط الاهتمام بها و تقييمها.

في الواقع ، تعتبر المياه ، مصدر الحياة و أهم ناقل للتنمية المستدامة. تزداد ندرة المياه، وهي سلعة ثمينة للغاية لا يمكن الاستغناء عنها، لذلك يجب ترشيد استهلاكها وحمايتها لأن أياً من تقنيات هذا القرن الجديد لا تسمح لنا بتصنيعها ولا يمكن استبدالها بأي شيء.

الكلمات المفتاحية : المياه الجوفية ، عين الصفراء ، المعايير ، الجودة الفيزيوكيميائية، الجودة البكتريولوجية.

Résumé

L'objectif principal de notre étude est une contribution à l'évaluation des qualités physicochimiques et bactériologiques des eaux de quatre sources situées dans la région d'Ain-sefra durant la période du mois d'Avril et Mai 2021.

Le screening des résultats physico-chimiques a révélé que les eaux de sources investiguées ont des pH neutres avec une dureté marquée et des teneurs en sulfate très élevée (210 à 421mg/L). Par ailleurs, l'exploitation des résultats du statut bactériologique a laissé voir la persistance d'une ancienne contamination fécale confirmée par la présence des *Clostridium sulfito-reducteurs* dans deux des quatre sources analysées, les autres paramètres microbiologiques ont été conformes aux normes de potabilité. Ces résultats attestent que les eaux souterraines de notre région peuvent être exploitée pour la consommation humaine, à condition d'y prêter attention à travers sa valorisation.

En effet, l'eau, source de vie est considérée comme le plus important vecteur du développement durable. De plus en plus rare l'eau, denrée très précieuse, indispensable et irremplaçable. Elle doit donc être rationalisée et protégée car aucune des technologies de ce nouveau siècle ne nous permet de la fabriquer et rien ne peut lui être substitué.

Mots clés : Eaux souterraines, Ain sefra, Normes, Qualité physico-chimique, Qualité bactériologique.

Liste des abréviations

AEP	Alimentation en Eau Potable.
ASR	Anaérobies sulfite réductrices.
BCPL	Bouillon Lactosé au Bromocrésol Pourpre.
BEA	Bile Esculine et Azoture de sodium.
D/C	Double Concentration.
EDTA	Ethylène Diamine Tétra-Acétique.
MTH	Maladies à transmission hydrique.
µs/cm	Micro siemens sur centimètre.
NA	Norme Algérienne.
NF	Norme Française.
NTU	Néphélométrie Turbidité Unité.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé.
S/C	Simple Concentration.
TSA	Tryptone-Soja Agar.
TSC	Tryptone Sulfite Cyclosérine.

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 1	Incidences du Choléra en Algérie (1983-2000).	23
Figure 2	Incidences de la fièvre typhoïde en Algérie (1983-2000).	26
Figure 3	Incidences des dysenteries en Algérie (1980-1996).	28
Figure 4	Incidences des Hépatites virales en Algérie (1980-1996).	30
Figure 5	Taux de choléra selon la zone géographique (1992-1998).	31
Figure 6	Taux de la fièvre typhoïde selon la zone géographique (1992-1998).	31
Figure 7	Taux de l'hépatite virale selon la zone géographique (1992-1998).	31
Figure 8	Nombre des cas de choléra en Algérie en 2018.	32
Figure 9	Evaluation d'incidence des MTH en Algérie entre 2010 à 2014.	32
Figure 10	Monts des Ksour dans leur contexte régional : partie méridionale saharienne et pré monts de la plateforme saharienne.	37
Figure 11	Situation de secteur d'étude.	38
Figure 12	Carte géologique de la région d'Ain-Sefra.	40
Figure 13	Représentation géologique en 3D de la région d'Ain-Sefra.	40
Figure 14	Carte de localisation des quatre sources étudiées.	41
Figure 15	Turbidimètre.	45
Figure 16	Conductivité mètre.	46
Figure 17	Spectrophotomètre d'absorption moléculaire.	47
Figure 18	Dosage des nitrites.	48
Figure 19	Dosage des manganèses.	52
Figure 20	Spectrophotomètre à flamme.	53
Figure 21	Détermination de la dureté totale.	56

Figure 22	Détermination du calcium.	57
Figure 23	Détermination de chlorure.	59
Figure 24	Rampe à filtration.	60
Figure 25	Protocole expérimental de recherche et dénombrement des coliformes totaux (filtration membranaire).	62
Figure 26	Protocole expérimental de recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (filtration membranaire).	63
Figure 27	Protocole expérimental de recherche et dénombrement des <i>Clostridium sulfitoréducteurs</i> (filtration membranaire).	64
Figure 28	Recherche et dénombrement des germes totaux.	66
Figure 29	Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (méthode NPP).	69
Figure 30	Protocole expérimental de la recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (méthode NPP).	71
Figure 31	Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfite réductrices.	73
Figure 32	Recherche et dénombrement des germes totaux.	75
Figure 33	Variation des précipitations mensuelles.	78
Figure 34	Variations des précipitations saisonnières	79
Figure 35	Variation des températures mensuelles de station d'Ain sefra en °C entre (1992-2018).	79
Figure 36	Diagramme de pluviométrie de la station d'Ain-Sefra	82
Figure 37	Diagramme d'EMBERGER	83
Figure 38	Valeurs de mesure de la température de l'eau dans les quatre sources étudiées.	85
Figure 39	Mesures de pH pour les quatre sources d'eau.	86
Figure 40	Mesures de la turbidité dans les quatre sources d'eau.	87
Figure 41	Mesures de la conductivité dans les quatre sources d'eau.	87
Figure 42	Mesures de la dureté dans les quatre sources d'eau.	88
Figure 43	Concentrations de Ca ²⁺ dans les quatre sources étudiées	89
Figure 44	Concentrations de Mg ²⁺ dans les quatre sources étudiées.	89

Figure 45	Concentrations de Cl^- dans les quatre sources étudiées.	90
Figure 46	Histogramme de variation de sodium et potassium dans les quatre sources.	91
Figure 47	Histogramme de variation de nitrate et nitrite dans les quatre sources.	92
Figure 48	Concentration de NH_4^+ dans les quatre sources étudiées.	93
Figure 49	Concentrations de SO_4^{-2} dans les quatre sources étudiées.	93
Figure 50	Concentrations de PO_4^- dans les quatre sources étudiées.	94
Figure 51	Histogramme de variation de fer et de manganèse dans les quatre sources.	95
Figure 52	Concentrations de Baryum et Lithium dans les quatre sources étudiées.	96
Figure 53	Variation mensuelle des coliformes totaux dans les sources étudiées.	97
Figure 54	Variation mensuelle des coliformes fécaux dans les sources étudiées.	97
Figure 55	Variation mensuelle des streptocoques fécaux dans les sources étudiées.	98
Figure 56	Variation mensuelle des germes totaux à 22°C dans les sources étudiées.	99
Figure 57	Variation mensuelle des germes totaux à 37°C dans les sources étudiées.	99
Figure 58	Variation mensuelle des <i>Clostridium sulfito réducteurs</i> dans les sources étudiées.	100
Figure 59	Courbe d'étalonnage des ions de Sodium.	134
Figure 60	Courbe d'étalonnage des ions de Potassium.	134
Figure 61	Courbe d'étalonnage des ions de Baryum.	135
Figure 62	Courbe d'étalonnage des ions de Lithium.	135

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 1	Distribution temporelle des quatre échantillons à analyser.	43
Tableau 2	Principales caractéristiques de la station d'Ain sefra.	77
Tableau 3	Valeurs des précipitations mensuelles.	78
Tableau 4	Régime saisonnier des précipitations au niveau de la station d'Ain sefra, durant la période (1992-2018).	78
Tableau 5	Valeurs moyenne mensuelles de la température.	79
Tableau 6	Indice de continentalité de la zone d'étude durant la période de référence.	80
Tableau 7	Indice de sécheresse estivale (1992-2018).	80
Tableau 8	Indice de Martonne.	81
Tableau 9	Précipitations et températures moyennes mensuelles.	82
Tableau 10	Valeurs Q2 et étages bioclimatique.	83
Tableau 11	Direction des vents selon leur fréquence en %.	84
Tableau 12	Table de MacGrady.	131
Tableau 13	Normes algériennes 2014 des paramètres physicochimiques pour l'eau potable.	132
Tableau 14	Résultats d'analyses physicochimiques des eaux des quatre sources étudiées.	133

Sommaire

Remerciements	i
Dédicaces	ii
Abstract	iv
ملخص.....	v
Résumé.....	vi
Liste des abréviations	vii
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	xi
Sommaire.....	xii
Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Les ressources hydriques	3
1. L'eau en Algérie.....	4
2. Ressources hydriques	5
2.1. Ressources conventionnelles	6
2.2. Ressources non conventionnelles.....	7
3. Problèmes de l'eau en Algérie	8
4. Nouvelle politique de l'eau en Algérie	9
4.1. Principe de cette politique.....	10
4.2. Grands principes de la gestion d'eau	10
Chapitre II : La pollution de l'eau : une menace pour la santé de l'homme	11
1. Pollution de l'eau	12
2. Différents types de pollution selon l'origine des substances polluantes	13
2.1. Pollution urbaine	13
2.2. Pollution industrielle	14
2.3. Pollution agricole	14
3. Pollution du bassin algérien.....	15
4. Impacts de la pollution microbienne.....	16
5. Contamination de l'eau	16
5.1. Principales causes de contamination de l'eau	16

5.2. Conséquences de la contamination de l'eau	17
5.3. Contamination du sédiment.....	17
5.4. Contamination de la faune.....	17
6. Contrôle de la pollution	18
7. Eau et la santé	19
8. Maladies à transmission hydrique (MTH)	19
8.1. Maladies à transmission hydrique en Algérie.....	20
8.2. Maladies hydriques d'origine bactérienne	21
8.2.1. Choléra	21
8.2.2. Fièvre typhoïde et paratyphoïde	24
8.2.3. Dysenteries bacillaires.....	26
8.3. Maladies hydriques d'origine virale	28
8.4. Evolution des MTH selon la région géographique en Algérie.....	30
8.4.1. Principaux facteurs des MTH en Algérie	32
8.4.2. Programme national de lutte contre les MTH	33
Chapitre III : Matériel et méthodes.....	35
1. Présentation de la zone d'étude.....	38
1.1. Situation géographique du secteur d'étude.....	38
1.2. Cadre géologique générale.....	39
1.3. Cadre géologique du secteur d'étude.....	39
2. Type et période d'étude.....	41
3. Points d'échantillonnages	41
4. Prélèvement des échantillons d'eau	42
5. Transport des échantillons.....	43
6. Méthode d'analyse physicochimique	43
6.1. Méthode physique.....	44
6.2. Méthode spectrale.....	47
6.2.1. Spectrophotomètre	47
6.2.2. Spectrophotométrie d'émission à flamme	53
6.3. Méthode volumétrique	55
7. Méthode d'analyse bactériologique	60
7.1. Principe de la technique de la membrane filtrante	60
7.2. Méthode par ensemencement en milieu liquide (NPP)	67

	Chapitre IV : Résultats	76
1. Contexte climatologique.....		77
1.1. Etude de paramètres climatiques		77
1.2. Synthèse climatique		80
1.2.1. Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité		80
1.2.2. Indice de sécheresse estivale		80
1.2.3. Indice d'aridité de DE Martonne		81
2. Etude de climat		81
3. Autres facteurs climatiques		84
3.1. Vents		84
3.2. Gelées		84
3.3. Grêles et Neiges		84
4. Analyse physicochimique		85
5. Analyse bactériologique		96
	Chapitre IV : Discussion	101
	Conclusion Générale.....	109
	Références bibliographiques.....	111
	Annexe	125

Introduction Générale

L'eau est un élément essentiel de la vie biologique. Non seulement, elle est un nutriment vital, mais elle est aussi impliquée dans de nombreuses fonctions physiologiques essentielles telles que la digestion, l'absorption, la thermorégulation et l'élimination des déchets (**Kirkpatrick et Fleming, 2008**). 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 (**Henri, 2012**).

L'eau destinée à l'alimentation humaine doit présenter un certain nombre de critères aussi bien organoleptique, physicochimique et microbiologique car, elle constitue un réservoir important pour la survie et la dissémination de microorganisme (bactéries, virus, protozoaires et parasites), ce qui la rend impropre à la consommation humaine. Ces microorganismes véhiculés directement ou indirectement, sont pathogènes pour l'homme. Ils sont à l'origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, hépatite A...etc.) dites maladies à transmission hydriques (**Nanfack et al., 2014**).

Nous savons également que l'eau donne la vie et qu'elle sustente notre environnement et notre culture. Pourtant, la demande mondiale d'eau grimpe en flèche en même temps que la démographie. La qualité des ressources en eaux existantes baisse à cause de la pollution. La nécessité de répondre aux besoins toujours plus importants de notre industrie et de notre agriculture, provoque la destruction des écosystèmes hydriques à un rythme inquiétant. Le réchauffement climatique que connaît la planète ces dernières décennies, contribue à la diminution de la quantité de la ressource en eau (**Gaagai, 2009**).

On estime que la terre pourrait compter 8 milliards d'habitants à l'horizon 2025 (**Gaudin, 2008**). Un tiers de la population mondiale connaîtra une pénurie d'eau chronique. Les conséquences de ces pénuries seront surtout ressenties dans les régions arides ou semi-arides, mais aussi dans les régions côtières en expansion rapide et dans les mégapoles du monde en développement (**Khiati, 2009**).

Les pays méditerranéens apparaissent donc particulièrement vulnérables aux conséquences du changement climatique sur les ressources en eau et leurs usages, en raison notamment d'une dégradation croissante de ces ressources (surexploitation, pollution, salinisation, irrégularité de la pluviométrie et augmentation des températures) et d'un accroissement des demandes dans les secteurs agricole, urbain et énergétique (**Simonet, 2011**).

Au Maghreb et particulièrement en Algérie, la demande en eau pour l'AEP, l'agriculture ou l'industrie ne cesse de croître. Elle devient de plus en plus difficile à satisfaire à cause de l'accroissement de la population et l'insuffisance de l'eau. Ceci mène les décideurs à prévoir des ouvrages hydrauliques pour stocker les eaux des précipitations et satisfaire ainsi les besoins des différents secteurs. Néanmoins et vu l'état de dégradation du couvert végétal, ces ouvrages sont confrontés à des problèmes d'érosion et d'envasement. Il est impératif donc, de protéger cette eau contre toutes formes de pollution (industrielle, agricole....) (Gaagai, 2009).

Faisant partie du cœur de l'Atlas Saharien occidental, la région d'Ain-Sefra dont l'histoire est étroitement liée à la ressource en eau et aux différents modes de sa mobilisation, constitue une très belle approche pour comprendre les phénomènes hydrogéologiques qui régissent les écoulements souterrains, leur origine ainsi que le chimisme lié principalement à la zonalité géologique de la région.

A l'instar des villes situées en milieu aride, la disponibilité de l'eau a toujours été au centre des préoccupations des collectivités locales. Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des sources utilisées comme eau de boisson au niveau de la région d'Ain-Sefra (Nâama) durant mois d'Avril et mois de Mai, de dégager éventuellement les causes de la pollution de ces eaux et de faire des propositions aux consommateurs de telle manière à observer des attitudes garantissant la qualité de l'eau.

Ce manuscrit est divisé en trois parties :

- **La première partie** est consacrée pour l'étude bibliographique qui est composée de deux chapitres. Le premier chapitre est consacré à la gestion des eaux, les ressources en eau potable (eaux souterraines, eaux superficielles), les divers problèmes d'approvisionnement et la situation du réseau d'AEP. le deuxième chapitre Représente l'évaluation des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau potable et les risques potentiels sur la santé publique en Algérie.
- **La seconde partie** intitulé matériel et méthodes, est essentiellement consacrée à la présentation des caractéristiques générales de la région d'étude et représente la démarche pour analyser la qualité de différents échantillons d'eau.
- La présentation et la discussion des résultats obtenus, ont fait l'objet de **la dernière partie** de ce manuscrit.

Enfin, on termine avec une **conclusion**.

Chapitre I

Les ressources hydriques

L'Algérie est l'un des plus grands pays d'Afrique avec une superficie de 2 381 741 km² sur les 30 millions de km² du continent africain, soit près du 1/12 de la surface totale de l'Afrique. C'est le plus vaste des Etats africains.

L'Algérie, avec sa centaine de barrages (110), ne mobilise que 4,5.10⁹ m³. Les sédiments y déposés sont évalués à 20.10⁶ m³/an de volume perdu. C'est un pays semi-aride, voire même Aride (200 à 400 mm) et les ressources en eau sont faibles, irrégulières, et localisées dans la bande côtière. En Algérie la population était de 23 millions en 87; et sera de 46 en 2020, soit une consommation en eau potable et industrielle de l'ordre de 5 milliards de m³/an, alors que la mobilisation actuelle est à peine de 2 milliards de m³. Cela signifie qu'il faudra mobiliser dans les 20 ans à venir 3 milliards de m³, sans parler des eaux d'irrigations ni des fuites dans les conduites, soit au total 11 milliards de m³ d'eau, un réel défi à relever mais surtout une stratégie et une politique à définir. Faut-il se concentrer sur le dessalement de l'eau de mer ou la redistribution des eaux disponibles à l'échelle d'une région, d'un pays? Le 3^{ème} millénaire connaîtra certainement des crises plus graves liées à des conflits géopolitiques et commerciaux, dus à une ressource indispensable à savoir l'EAU et seuls une coopération internationale, un transfert de technologie, de nouvelles techniques économiques de dessalement et moins de pollution pourraient alléger un tant soit peu les souffrances de certaines populations (**Kettab, 2000**).

1. L'eau en Algérie

En Algérie, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante du fait de sa rareté et du développement économique et social désordonné. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion au sens large : pertes, gaspillages, traitements aléatoires, dégradations et manque de protection de la ressource, qui s'ajoutent aux conditions naturelles défavorables. En effet, la complexité de la problématique de l'eau en Algérie et particulièrement celle du Nord du pays s'explique par :

- Les caractéristiques naturelles et la répartition de population : Cette région représentant à peine 7 % de la surface du pays, soit 166 721 km², reçoit cependant 92 % des écoulements. La tranche pluviométrique la plus intéressante (supérieure à 700 mm/an) n'y concerne que 30.10³ km² et seulement 7 % des bassins versants nécessitant un traitement contre l'érosion ont été pris en charge en 1985 (**Arrus et al., 1985**). D'autre part, près de 60 % de la population du pays sont concentrés sur cette partie du territoire national (**Office National des Statistiques : recensements de 1966, 1977, 1987 et 1994**).
- La connaissance précise de l'état des ressources hydriques qui restent à parfaire en raison de l'information fragmentaire au niveau des grandes structures publiques et la mauvaise coordination qui existe entre elles, ce qui nuit à la dynamique qu'impose l'enjeu.
- Le mauvais recyclage par manque de maîtrise des stations d'épuration (technicité et moyens financiers nécessaires) qui s'est traduit par l'arrêt provisoire de la quasi-totalité des stations existantes (145/150). Problèmes aux conséquences dramatiques particulièrement dans les grandes wilaya (préfectures) relativement industrialisées dont Oran où seule une station sur les 21 fonctionne (**Khouti et al., 1995**), Alger où une seule est fonctionnelle et Constantine où 2 stations uniquement assurent un recyclage intermittent (**Institut National des Etudes de Stratégie Globale : INESG,1995**).

2. Ressources Hydriques

En Algérie, les ressources en eau sont réparties comme suit :

- 100 milliards de m³ de précipitations totales dans le nord de l'Algérie, dont 85 % s'évapore et 15 % constitue l'écoulement superficiel ;
- 12,4 milliards de m³ d'écoulement superficiels ;
- 1,8 milliard de m³ d'eaux souterraines mobilisables dans le nord et sont exploités à près de 90 % ;
- 6 milliards de m³ mobilisables en tenant compte des sites favorables techniquement (hydrologie, topographie, géologie, etc.) ;
- 4,8 milliards de m³ mobilisables actuellement ;
- 2 milliards de m³ mobilisés pour une centaine de barrages ;
- 29 barrages en construction actuellement (**Revue des sciences de l'eau , 2008**).

2.1. Ressources conventionnelles

En matière de ressources conventionnelles ,c'est-à-dire eaux superficielles et eaux souterraines , les statistiques révèlent une grande insuffisance ainsi qu'une faible mobilisation et une mauvaise gestion des ressources hydriques dont la répartition est fortement liée à la variation de la pluviométrie entre le nord et le sud .Les potentialités globales selon l' **ANRH** ont évolué comme suit :

1986 : 20,4 Mds m³ (8 Eau souterraine et 12,4 eau surface)

1993 : 13,5 Mds m³ (11,10 Eau souterraine et 2,4 eau surface)

1998 : 9,78 Mds m³ (8,82 Eau souterraine et 0,91 eau surface)

2004 : 18,6 Mds m³ (12,67 Eau souterraine et 6,004 eau surface)

Selon, une recherche consacrée au barrage de Hammam Bouhrara, on estime que les 19 Mds de m³ de l'année 2004, représentent le volume d'eau restant c'est-à-dire que lorsque l'apport total en eaux de précipitations estimé à 65 Mds de m³ dont 47 Mds s'évaporent, et 3 Mds s'infiltrent dans le sol et 15 ruissellent à la surface. L'évaluation de ces ressources montre que les eaux de surface se trouvent dans la zone tellienne tandis que les eaux souterraines sont situées au niveau des hautes plaines et du Sahara. Selon l'**ANRH**, les potentialités hydriques sont réparties pour l'année 2003.

➤ Le nord 12 Mds m³ eaux souterraine + 1,9 Mds m³ eaux surface= 13,9 Mds m³

➤ Le sud 1,5Mds m³ eaux souterraine + 1,4 Mds m³ eaux surface = 2,9Mds m³

Total 13,5Mds m³ eaux souterraine +3,3Mds m³ eaux surface = 16,8Mds m³

C'est le nord qui dispose de ressources en eaux superficielles et souterraines renouvelables. Dans le sud existent 2 grands systèmes aquifères profonds et superposés qui renferment des réserves considérables mais qui obéissent à des conditions spécifiques de gestion, en raison de leur faible niveau de renouvellement et leur vulnérabilité à la salinisation .Les potentialités globales en eaux souterraines sont estimées à 8 milliards de m³/an soit 22 millionsm³/jour réparties de la manière suivante :

➤ 2 milliards de m³/an pour le nord et une exploitation de 1,8 m³/an provenant de 147 aquifères, 9000 sources, 23000 forages et 100000 puits.

➤ 6 milliards de m³/an répertoriées pour le sud et situées dans les nappes du Sahara septentrional avec seulement 1,5 milliards m³/an exploitées.

Selon le **plan national de l'eau**, les prélèvements sont globalement de l'ordre de 4,15 milliards de m³/an réparties en 1,5 à 1,7 en eaux de surfaces(barrages et retenues collinaires) et 3,3 en eaux souterraines(1,6 pour le nord et 1,7 pour le sud).Ces volumes sont utilisés pour 2/3 par l'agriculture (irrigation) et pour 1/3 pour l'industrie et l'approvisionnement en eau potable .Dans le cadre de la nouvelle politique de l'eau, l'agence nationale des barrages et des transferts prévoit la réalisation de nombreux barrages afin de mobiliser le maximum d'eaux superficielles ainsi que celle d'importants transferts régionaux et interrégionaux pour combler le déficit hydrique de certaines régions (**Revue des sciences de l'eau, 2008**).

2.2. Ressources non conventionnelles

Pour pallier aux déficits régionaux en eaux conventionnelles et équilibrer le bilan hydrique, l'Algérie s'est engagé dans la mobilisation et la valorisation des eaux non conventionnelles. Par eaux non conventionnelles on désigne (**Article 4 de la loi du 4 Aout 2005**); les eaux de mer, les eaux usées urbaines, les eaux saumâtres du sud et des hauts plateaux et les eaux de toute origine injectées dans les systèmes aquifères par la technique de la recharge artificielle. Face à l'insuffisance des ressources Conventionnelles (eaux souterraines et superficielles) par rapport aux besoins, le recours aux eaux non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau de mer et le recyclage des eaux usées, s'avérait une nécessité incontournable.

La valorisation des eaux non conventionnelles de toute nature, en vue d'accroître les potentialités hydriques, est inscrite à l'article 2 de la loi du 4 aout 2005 relative à l'eau .C'est même l'un des objectifs de la gestion intégrée des ressources en eaux afin d'assurer une sécurité en matière de disponibilité de l'eau face à la rareté de la ressource devant un phénomène de changement climatique .Elle se fait par le dessalement de l'eau de mer , la déminéralisation des eaux saumâtres du sud et la réutilisation des eaux usées épurées.

La mobilisation de ces ressources a nécessité le réajustement de l'organigramme du Ministère des ressources en eaux (MRE) par décret exécutif n°08-11 du 27 janvier 2008 qui s'est traduit par la création de la sous-direction des ressources non conventionnelles dont les attributions principales sont de mettre en œuvre le développement de ces ressources (réalisation et exploitation d'infrastructures, réglementation technique, suivi et contrôle des opérations de concession). Il faut noter que les 3 moyens ne connaissent pas le même degré d'utilisation. Si l'on arrive à mobiliser 115 m³/an d'eau de mer dessalée, les autres moyens ne sont pas encore bien développés et totalisent 18 millions de m³ annuellement (**Revue des sciences de l'eau, 2008**).

3. Problèmes de l'eau en Algérie

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau. De par son appartenance à la zone géographique du "Middle-East and North Africa (MENA)" et la quasi-totalité de son territoire (87%) classé en zone désertique, sa pluviométrie moyenne annuelle varie de 1600 mm dans l'extrême nord-est à 12 mm à l'extrême sud-ouest. Néanmoins, la pluviométrie moyenne du territoire, toutes zones confondues n'est que de l'ordre de 89 mm. De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau. En effet, avec moins de 500 m³/habitant/an d'eau renouvelable, l'Algérie dispose de moins de 50% du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an.

Afin d'assurer sa sécurité alimentaire à la fin de la prochaine décennie, il faudra mobiliser entre 15 et 20 milliards de m³/an, tout en sachant que les potentialités du pays ne sont que de 17 milliards de m³/an et que la mobilisation actuelle n'est que de 5 à 6 milliards de m³/an. Conscients de l'importance du facteur eau pour une meilleure stabilité politique du pays et pour tout développement économique et social, et dans un souci d'une meilleure maîtrise des différents aspects du manque d'eau, en général et dans le secteur de l'agriculture en particulier qui consomme environ 70% des eaux mobilisées annuellement, nous essayons de mettre un peu de lumière sur les différents aspects du Programme d'actions pour une gestion économique et durable de l'eau, en général et celle destinée à l'agriculture, en particulier (**Mouhouche, 2012**).

4. Nouvelle politique de l'eau en Algérie

Consciente des défis à relever dans la gestion des ressources en eau et de la nécessité de mettre en œuvre une nouvelle politique dans ce secteur. L'Algérie a procédé à établir sa nouvelle politique qui est passée par plusieurs étapes à savoir :

- L'Algérie organise pour la première fois des assises nationales de l'eau en 1995. Suite à cette rencontre, un état des lieux et un diagnostic des systèmes de distribution et d'assainissement d'eau (vétusté des réseaux, fuites, branchements illégaux, incapacité à assurer pleinement l'accès à l'eau des populations, etc.) fut établi et une stratégie nationale élaborée.
- Dès 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de bassin et les Comités de Bassin.
- En 1999, création du Ministère des Ressources en Eau, chargé de la mise en œuvre et l'application de la politique nationale de l'eau.
- En 2005 le code des eaux a été promulgué, définit l'eau comme bien de la collectivité nationale. Selon ce texte, le premier principe sur lequel se fonde l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau, est le droit à l'accès à l'eau et à l'assainissement pour satisfaire les besoins fondamentaux de la population, dans le respect de l'équité en matière de services publics. Elle a pour objet de :
 - Améliorer le service public de l'eau et de l'assainissement.
 - Renforcer les compétences.
 - Améliorer la transparence de la gestion.
 - Faciliter l'accès à l'eau des plus démunis.
 - Préserver et restaurer la qualité des eaux.
- En février 2007, a été adopté le Plan National de l'Eau étalé jusqu'à l'horizon 2025, cet outil de planification souple et évolutif a pour principaux objectifs :
 - Assurer une durabilité de la ressource.
 - Créer la dynamique de rééquilibrage territorial.
 - Créer et renforcer l'attractivité et la compétitivité.
 - Garantir une bonne gouvernance de l'eau (**Revue des sciences de l'eau, 2008**).

4.1. Principe de cette politique

- **Unicité de la ressource** : Gestion unitaire à l'échelle du Bassin Hydrographique. Cette gestion sera assurée par les Agences de Bassin Hydrographiques.
- **Concertation** : La concertation se fait par le biais des comités de bassins hydrographiques.
- **Economie** : Cette économie se fait par la lutte contre les fuites et le gaspillage de l'eau avec des objectifs basés sur le comptage systématique et la réhabilitation des réseaux ainsi que par la sensibilisation des usagers à l'utilisation de cette ressource.
- **Ecologie** : L'eau est une ressource rare et un bien collectif à protéger contre toute forme de pollution.
- **L'universalité** : L'eau est l'affaire de tous les usagers (**Revue des sciences de l'eau, 2008**).

4.2. Grands principes de la gestion d'eau

- L'eau fait partie du patrimoine commun de la nation.
- L'usage de l'eau appartient à tous.
- L'approche de la gestion de l'eau doit être globale.
- La cohérence hydrographique.
- La concertation avec les usagers.
- L'incitation économique.
- L'adaptation du cadre juridique et institutionnel.
- La concertation institutionnelle entre tous les acteurs de l'eau :
 - Au niveau central (national): Un conseil national consultatif des ressources en eau.
 - Au niveau régional: 5 Comités de bassins hydrographiques (**Revue des sciences de l'eau, 2008**).

Chapitre II

*La pollution de l'eau : une menace
pour la santé de l'homme*

L'eau ressource naturelle, indispensable à la vie, mais aussi elle est devenue de manière directe ou induite la première cause des maladies et de mortalité dans le monde.

Les effets de l'eau sur la santé de l'homme ont été aperçues depuis l'antiquité, mais ce n'est que durant le siècle dernier que le rôle de certains micro-organismes présentent dans l'eau a été démontré dans l'apparition des affections hydriques (**Les travaux de John Snow et Robert Koch sur les diarrhées et le choléra**).

Les maladies associées à l'eau ne sont pas liées uniquement à la présence de germes pathogènes dans l'eau, mais aussi à plusieurs substances d'origine organique ou minérale présentés par défaut (maladies de carence) ou en un excès dans l'eau de boisson, parmi les maladies de carence, on distingue surtout les caries dentaires en carence en fluor et le goitre en carence en iode.

Parmi les maladies en excès on distingue : la fluorose causée par une prise excessive de fluor.

Certaines substances présentes dans l'eau de boisson peuvent également mettre en danger la vie des individus (les métaux lourds par exemple). Parmi les accidents d'intoxication aux métaux lourds les plus connus l'intoxication à Minamata au sud du Japon en 1953, où 48 personnes sont morts, suite des complications neurologiques dues à la consommation des poissons contaminés par le méthyl mercure. Plus récemment en Irak, plus de 500 morts par suite d'une consommation d'une semence de céréales traités par les dérivés de mercure. Les métaux lourds constituent des risques plus importants de pollution chimique.

De manière générale, la santé de l'homme est altérée si l'eau dont il dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des agents pathogènes ou par des substances toxiques.

1. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol, donc les dégradations de ces deux milieux (**Bouziani, 2000**).

Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport de quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines (**Rodier et al., 2005**).

La pollution de l'eau est peut être observée à différents niveaux dont on cite:

- Les nappes ou les sources d'eaux par suite d'infiltration d'eaux usées (Fosses septiques, latrines).
- Les eaux de surface: les fleuves, les rivières et les oueds.
- Les canalisations et les réseaux d'alimentations en eau (**Bouziati, 2000**).

La pollution hydrique est un phénomène courant en Algérie vu l'évolution socio-économique du pays qui compte 17 bassins versants alimentés à la fois par des eaux de surface et des eaux souterraines renouvelables et parfois non renouvelables. Aussi, faut-il indiquer que les ressources hydriques sont très changeantes notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des conditions climatiques et surtout de l'exposition aux sources polluantes. En Algérie, une partie des bassins versants est dépendante de la Méditerranée avec un apport moyen annuel estimé à 11 milliards de m³ et une pluviométrie dépassant les 500 mm/an (**Chaoui et al., 2012**).

2. Différents types de pollution selon l'origine des substances polluantes

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle (chimie, papeterie, industrie agroalimentaire, etc.), urbaine (usages domestiques, commerce, entretien des rues), ou agricole (utilisation d'engrais et de pesticides), produit des quantités de substances polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollutions :

2.1. Pollution urbaine

Le milieu marin subit directement des agressions liées à l'urbanisation de la zone côtière. Les eaux usées urbaines contiennent de très nombreux micro-organismes, parfois pathogènes, dont certains sont issus de l'homme (**Boutiba et al., 2004**).

Cette pollution provient des habitations, et elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration ; elle est due généralement par la présence de :

- Germes fécaux.
- Fortes teneurs en matières organiques.
- Sels minéraux.
- Détergents.

Dans une eau usée domestique rejetée sans aucun traitement au préalable, les concentrations de bactéries sont :

- Les bactéries hétérotrophes de l'ordre de $10^9/100\text{ml}$
- Les coliformes fécaux – 10^5 à $10^6/100\text{ml}$
- Salmonelles – $10^3/1$ (**Bonnefont et al., 1990**) .

2.2. Pollution industrielle

Cette pollution tire son origine des usines, et elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau ; tous les produits ou sous-produits de l'activité anthropique se retrouvent ainsi dans l'eau (**Kheraz, 2003**).

Les métaux comme l'**aluminium**, le **mercure**, le **plomb**, le **nickel**, le **zinc** et bien d'autres, issus de rejets d'usines mal contrôlés, sont susceptibles de polluer l'eau. Ainsi, en 1953, la maladie de Minamata, qui fit plus de trois cents morts et provoqua l'invalidité de milliers d'autres, résultait des rejets de mercure par une usine de **PVC** dans la mer du **Japon** (**ENCARTA, 2003**). Cette pollution est due généralement par :

- Des matières organiques et graisses
- Hydrocarbures
- Métaux
- Acides, bases, produits chimiques divers
- De l'eau chaude
- Des matières radioactives

Parmi les ports les plus pollués de notre pays, on note surtout ceux de Ghazaouet par les métaux lourds et les PCB, Oran, Alger et Skikda par les métaux lourds et les hydrocarbures (**Revue de l'environnement, Edicom, Mai 1995**).

2.3. Pollution agricole

Les engrais entraînés sont responsables des phénomènes d'eutrophisation. Les rapports en pesticides- insecticides, herbicides, composés organochlorés... issus du lessivage des terres déstabilisées par la déforestation contaminent le milieu marin (**Philip, 1996**).

A partir de plusieurs données disponibles dans la littérature, les CL50 les plus basses rencontrées pour le lindane, sur des organismes aquatiques varient entre 4.4 g.l⁻¹ (crustacés) et 22.1 µg.l⁻¹ (truite). Pour le pentachlorophenol, les teneurs létales se situent entre 3.2 et 200 µg.l⁻¹ pour différents poisson (**Amiard-Triquet, 1989**).

Les données pour le tetrachloroéthylène, sont rares et éparées. Les larves de balanes paraissent assez sensibles avec des CL50 de 3.5 µ g.l⁻¹ en toxicité aiguë. En subléthal un taux de nécroses plus élevé est constaté chez les animaux contaminés (**Miossec et al ., 1988 ; Lassus et al .,1990**).

3. Pollution du bassin algérien

L'urbanisation est l'une des tendances fortes de l'occupation de l'espace littoral algérien, un espace linéaire, étroit, fragile, voir fragilisé : les wilayas littorales couvrent 45000 Km² et 12,5M d'habitants y vivent (1999) soit 43% de la population sur 1,9% du territoire national. En ce qui concerne, les eaux du littoral, depuis les années 1990, sur les 14 wilayas côtières, 10 parmi elles ont des plages totalement et irréversiblement polluées (**Lieutaud, 2003 ; Ouahdi, 1995**)

La pollution du bassin algérien provient aussi de :

- Des usines chimiques : l'unité d'électrolyse de Zinc de Ghazaouet, complexes textiles d'El-Kerma et de Draâ Benkhedda,...etc.
- Des usines pétrochimiques (Complexe de SONATRACH du golfe d'Arzew, Alger, Béjaia, Skikda).
- Des centrales thermiques (Marsat El – Hadjadj, Alger...).
- Des usines de conserverie et de pâte à papier (Bejaia, Mostaganem, Chlef)
- Des rejets d'eaux usées non traités ou insuffisamment traités à proximité des agglomérations côtières .
- De l'usage non sélectif des pesticides qui commence à menacer certaines parties du littoral, et qui risque de devenir l'un des principaux problèmes environnementaux de la côte algérienne (**Chouikhi, 1993**).

On note aussi la série des recherches réalisées, en particulier par l'équipe du laboratoire Réseau de Surveillance Environnementale (Département de Biologie, Faculté des Sciences de l'Université d'Oran), sur la côte occidentale algérienne, et qui a révélé les graves dangers qui menacent les eaux littorales comme le prouvent les nombreuses concentrations des métaux toxiques ainsi que l'échouage fréquent des mammifères marins (**Boutiba et al., 1992, 1996 ; Bouderbala et al., 1996 ; Aoudjit, 2001**).

4. Impacts de la pollution microbienne

Il existe dans le milieu marin deux types de conséquences. Tout d'abord les conséquences directes qui sont visibles à la surface de l'eau (les marées noires). Et les conséquences indirectes lorsqu'on ingère des produits de la mer et lorsqu'on se baigne.

La pollution peut avoir des conséquences à long terme sur le milieu marin, cela dépend de son origine. La pollution biologique est vite résorbée, quant à la pollution chimique, elle ne peut disparaître sans l'intervention de l'homme.

5. Contamination de l'eau

La qualité de l'eau de baignade présente un facteur de santé mais est devenue également un élément important de développement touristique. La finalité du contrôle est non seulement d'intervenir immédiatement en cours de saison pour interdire en cas de pollution mais d'en diagnostiquer les causes afin d'engager les actions d'assainissement ou de gestion municipale préventive (**Ifremer, 2004**).

5.1. Principales causes de contamination de l'eau

- Défécation dans ou autour de la source d'eau.
- Uriner dans ou autour de la source d'eau.
- Déchets déversés dans ou autour de la source d'eau.
- Utilisation de récipients souillés pour l'eau.
- Partage de l'eau avec des animaux (ex. poulet, chèvre, etc.).
- Latrines proche de la source d'eau (les latrines doivent être à 30 mètres de la maison et à 100 mètres de la source).
- Latrines construites en amont de la source d'eau.

- Manque d'aménagement de la source d'eau.
- Pâturage des animaux près de la source d'eau.
- Lavage des enfants (surtout des matières fécales), des jambes, de vêtements sales dans la source d'eau (**Kambalala, 2003**).

5.2. Conséquences de la contamination de l'eau

Au cours des dernières années, nous assistons à une progression préoccupante de ces maladies sous forme d'épidémies n'épargnant aucune région du pays. Parmi ces maladies, citons celles à transmission hydrique qui sont le résultat de manifestations pathologiques d'origine bactérienne, parasitaire ou virale. Ces maladies représentent la première cause de morbidité parmi les maladies à déclaration obligatoire (**Bahmed et al., 2004**).

5.3. Contamination du sédiment

Elle est fonction des conditions hydrodynamiques, et les dépôts de particules chargées en bactéries pourront avoir lieu dans les zones peu profondes, abritées des courants et du clapot, et lorsque les temps de résidence seront suffisamment longs, la flore contaminante va subir des évolutions et des remaniements dus aux conditions d'environnement et aux compétitions de flore (**Sahnouni, 2003**).

5.4. Contamination de la faune

Les invertébrés marins, comme les bivalves et les oursins, qui filtrent une grande quantité d'eau polluée, retiennent et concentrent en particulier les bactéries et les virus d'un facteur de 10 à 100. Les moules et les huîtres peuvent être infectées par des Salmonelles (typhoïde), le virus de l'hépatite infectieuse, le Vibriion du choléra.

Les essais subléthaux les plus récents mettent, en évidence des effets toxiques pour le phytoplancton et le développement de certaines larves de crustacés, à des concentrations comprises entre 0,05 et 1,2 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (**Cossa., Lassus, 1989**). Pour les autres métaux, des synthèses récentes sur l'écotoxicité des métaux en milieu marin ont permis de compléter cette approche (**Amiard-Triquet, 1989**).

Les hydrocarbures aromatiques (benzène, toluène...) sont des poisons violents pour tous les organismes; pour les poissons, la dose toxique à 5 ppm pour le naphthalène et l'anthracène. Les HAP comme le benzo-pyrène sont cancérigènes à très faible dose (**Jacquet, 2000**). En outre, de nombreuses espèces, animales et végétales, en réponse au changement climatique ont modifié leur territoire et leurs rythmes biologiques. En voici quelques exemples : En Algérie ; l'aigle royal est en voie de disparition ; le phoque moine a disparu sur les côtes algériennes (**Boutiba, 2004**).

6. Contrôle de la pollution

On ne peut parler de la lutte contre la pollution en Algérie, on n'est pas encore à ce stade. Par contre, on est au stade du constat des différentes pollutions notamment par le biais des maladies hydriques. Chaque année, durant les saisons chaudes et sèches, des épidémies se déclarent çà et là. A Oran, du fait de l'évaporation intense, le taux de salinité de l'eau potable dépasse largement la norme. A Alger et Constantine, des cas de choléra sont signalés. Le développement socio-économique et l'urbanisation rapide ont eu un impact néfaste sur la qualité des ressources en eau. De nombreux cas de pollution industrielle et urbaine ont été observés en l'occurrence au niveau des barrages, des eaux souterraines et des cours d'eau. Ces derniers sont l'exutoire de rejets extrêmement polluants.

Un réseau de surveillance de la pollution a été réalisé au niveau de cent stations à travers le pays. Toutefois, il ne concerne que les eaux superficielles. Une trentaine de paramètres physico-chimiques et bactériologiques permettent le contrôle de la pollution. Mais ces mesures ne sont pas continuées. Il est à noter aussi le manque de coordination entre les différents laboratoires et administrations chargées de la surveillance. A titre d'exemple, les services du Ministère de la Santé ne collaborent pas avec les services des communes qui ont la même responsabilité. Il en est de même entre l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques et l'Agence Nationale pour la Protection de l'Environnement (ANPE). Les divergences entre les administrations de l'eau à tous les niveaux sont beaucoup plus importantes. Le contrôle des unités industrielles est presque absent. Les normes de rejet ne sont pas définies ni les redevances que les industriels doivent payer (**Kadi, 1997**).

7. Eau et la santé

La relation entre l'eau et la maladie est présentée sous différentes modalités selon la source de pollution, la voie d'accès dans le corps humain et le cycle d'évolution des microorganismes responsables (**El Gamal, 1990**). L'organisation mondiale de la santé estime en effet que 80% des maladies qui touchent la population mondiale sont directement associées à l'eau, on retrouve ainsi en permanence 400 millions de personnes atteintes de gastro-entérite, 200 millions, de schistosomiase (bilharziose), 160 millions de paludisme et 300 millions d'onchocercose.

On considère par ailleurs que les eaux polluées sont responsables de 50% des cas de mortalité infantile (**Desjardins, 1990**).

La contamination peut se faire de différentes manières:

- Par ingestion indirecte d'eau contaminée.
- Par ingestion indirecte d'aliments lavés avec une eau souillée (fruit, légume) ou contaminés par leur environnement hydrique (élevages, coquillages, cressons...)
- Par contact de la peau et des muqueuses avec une contaminée.
- Par inhalation d'aérosols produits à partir d'eau souillée (**Anonyme 2, 1987**).

8. Maladies à Transmission Hydrique (MTH)

Les maladies à transmission hydrique (appelées également maladies des mains sales ou maladies des canalisations) constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestive (diarrhées, vomissements ...) et dont la nature et la propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté (**Bouziani, 2000**).

Si dans les pays riches, ce groupe d'affections est relativement contrôlé, au contraire, dans les pays en voie de développement, ces maladies restent très répandues et constituent encore une menace dans de nombreux pays pauvres. Avec une charge de morbidité et de mortalité très élevée particulièrement pour les enfants en bas âge.

8.1. Maladies à Transmission Hydrique en Algérie

En Algérie, les maladies hydriques ont toujours sévi à l'état endémique. La dégradation de l'hygiène du milieu, l'explosion démographique et l'urbanisation anarchique, ont favorisé depuis les années 1980, l'éclosion de multiples foyers de ces maladies qui déterminent souvent d'importantes flambées épidémiques estivo-automnales : de choléra, de fièvre typhoïde et d'hépatites virales à travers tout le pays (Taleb, 2006).

Jusqu'à 1990, les maladies à transmission hydrique occupaient la première place parmi les maladies à déclaration obligatoire en Algérie, elles étaient à l'origine de 25% des causes des décès des enfants âgés de 1 à 14 ans (Fellah, 1998).

Actuellement ces affections conservent leur prééminence sur toutes les autres maladies à déclaration obligatoire. Les maladies hydriques représentent à elles seules: 39 % de l'ensemble des maladies déclarées. On n'estime que le taux d'incidence global des maladies à transmission hydrique à travers le pays est de l'ordre de 30 cas pour 100.000 habitants (Taleb, 2006).

➤ **Importance et causes des maladies hydriques en Algérie**

L'Algérie, comme de nombreux pays en voie de développement vit une situation épidémiologique complexe, caractérisée par la coexistence de nombreuses affections émergentes à allure chronique et la persistance des maladies épidémiques dont les plus répandues restent sans aucun doute les maladies à transmission hydrique. Les maladies à transmission hydriques traduisent depuis de nombreuses décennies les rapports étroits de la population à l'eau. Elles ont toujours entraîné des situations épidémiques particulièrement graves par rapport aux nombreux événements historiques. Par exemple, durant les siècles précédents. Les épidémies de choléra en Algérie ont toujours été importées d'Europe (les 6 dernières pandémies), par le biais des échanges commerciaux entre notre pays et le Continent Européen. Durant les décennies actuelles, ce sont les bouleversements socio-économiques qui vont concourir à la multiplication des foyers de cette maladie (Taleb, 2006).

De nos jours, parmi les facteurs favorisant les plus importants, des maladies hydriques, on distingue surtout :

- Une insuffisance quantitative des ressources hydrogéologiques du pays, aggravée par l'absence d'entretien des ouvrages et des réseaux d'adduction d'eau potable.

- La quasi-inexistence de réseau d'assainissement dans certaines localités rurales et la vétusté des réseaux d'eaux usées en milieu urbain qui provoque fréquemment des interconnexions avec le réseau d'eau potable.
- L'accroissement des besoins en eau qui est lié d'une part à une forte poussée démographique et d'autre part au développement économique et industriel.
- Les facteurs sociaux, comme l'exode rural massif des populations, les déracinements et la multiplication des bidonvilles (souvent non pourvu d'un réseau d'assainissement), autour des grandes villes du pays : Alger, Constantine, Oran et Annaba.
- Les dégradations de l'environnement et les multiples agressions du milieu naturel.

L'ensemble de ces éléments déterminent et favorisent une situation endémique permanente durant toute l'année, avec des pics épidémiques qui surviennent dans toutes les régions du pays et dont l'intensité s'exacerbe durant la période estivo-automnale (**Taleb, 2006**).

8.2. Maladies hydriques d'origine bactérienne

Parmi les affections hydriques dont l'impact est important, on distingue surtout les maladies hydriques d'origine bactérienne dites « maladies de canalisations ».

Dans les pays développés, les conditions d'hygiène et d'assainissement et les progrès économiques et techniques permettent de maîtriser la propagation de ces maladies, au contraire dans les pays pauvres, les maladies associées à la pollution de l'eau sont encore responsables en grande partie du mauvais état de santé de population et des décès. Dans les pays en voie de développement 80 % des maladies dues à l'eau contaminée. Les maladies hydriques d'origine bactérienne englobent le choléra, la fièvre typhoïde, les dysenteries.

8.2.1. Choléra

Le choléra est une maladie infectieuse intestinale aiguë, contagieuse à caractère épidémique. Il est due à une bactérie, le vibrion cholérique strictement humaine, à l'origine de pandémies et représentant un problème majeur de santé publique (**Goita, 2014**).

a/ Mode de transmission

- **Direct** : rôle des mains sales.
- **Indirect** : par les véhicules de virus, surtout l'eau (maladie à transmission hydrique).
- **Par vecteurs** : mouches (**Bacha, 1992**).

b/ Symptômes

- Diarrhée : souvent profuse avec perte du contrôle sur le sphincter ; selles contenant des grains analogues à du riz ou simplement du mucus, d'odeur âcre.
- Douleur abdominale avec vomissements.
- Crampes musculaires, baisse de la tension artérielle, pouls et respiration accélérés.
- Température normale ou abaissée.

Dans le cas non mortels, l'amélioration survient dès le 3ème jour avec régression des différents symptômes (**Bacha, 1992**).

c/ Traitement

Il consiste essentiellement à compenser les pertes d'eau : « Tout cholérique parvenu à temps dans un centre de traitement équipé doit en sortir guéri au 3ème jour ». Le rétablissement de l'équilibre hydro électrolytique doit être réalisé dans les trois premières heures. Il peut se faire soit par voie veineuse dans la forme « historique » grave, soit par voie orale d'emblée en l'absence de vomissements importants ou dès que possible.

Dans les cas graves ou de déshydratation importante un antibiotique peut être utile pour réduire le volume et la durée de la diarrhée quand le cap de l'urgence est passé.

d/ Prévention

➤ **Vaccins anticholériques**

La vaccination préventive contribue à prévenir d'éventuelles flambées épidémiques ou la propagation des flambées en cours à de nouvelles zones.

➤ **Mesures d'hygiène et développement de l'éducation sanitaire**

Si la communauté intervient rapidement pour assainir et traiter les points d'eau contaminés et prendre en charge les malades, le taux de décès peut rester en dessous de 1%. Dans le cas contraire, il peut atteindre 50%.

Ces mesures doivent être mises en place en urgence dans les camps de réfugiés :

- Sensibilisation de la population.
- Approvisionnement en eau en quantité suffisante (minimum, 20 litres par jour et par personne) et en qualité.
- Assainissement et hygiène : contrôle des latrines et des déchets, distribution de savons, contrôle des marchés et inhumation des cadavres.
- Mesures curatives : traitement, désinfection de tout ce qui a pu être en contact avec une personne infectée (Anonyme, 2004).

➤ **Evolution des épidémies de choléra en Algérie**

Durant les siècles précédents, les épidémies en Algérie ont toujours été importées d'Europe par le biais des échanges commerciaux entre notre pays et le continent Européen, durant les décennies actuelles, se sont bouleversements socio-économiques qui vont concourir à la multiplication de cette maladie.

L'étude épidémiologique du choléra pendant plus une décennie (1971 – 1986) a permis de relever qu'à chaque survenance de pic choléra de nombre de cas de ce pic est plus important que le précédent.

L'analyse de figure ci-dessous montre que le pic choléra de 1986 peut être considéré comme une catastrophe épidémiologique national (800 cas clinique de choléra et 450 décès, le nombre de cas de cette maladie est à diminué sensiblement depuis de début des années 1990.

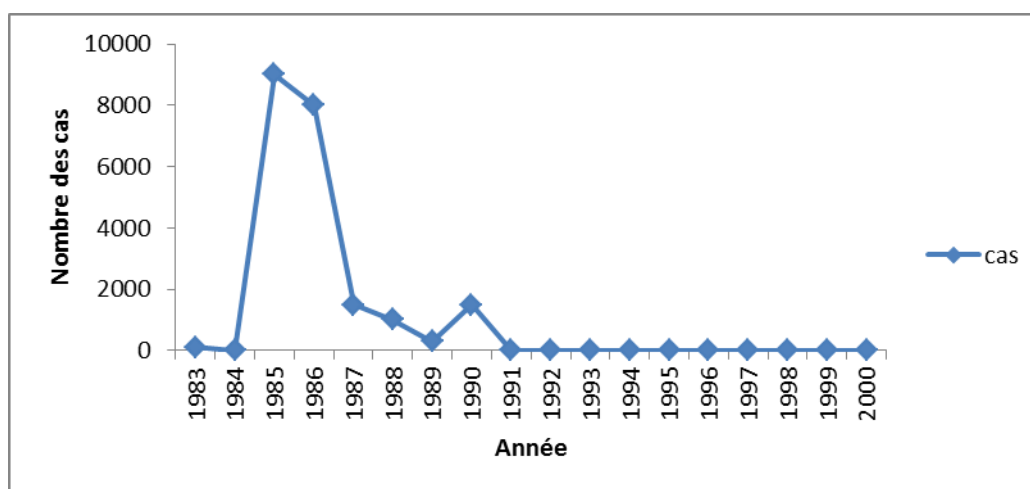


Figure 1: Incidences du Choléra en Algérie (1983-2000).

8.2.2. Fièvre typhoïde et paratyphoïde

La fièvre typhoïde est une maladie infectieuse aiguë due à l'ingestion de Salmonelles de type : *Salmonella typhi* (Bacille d'Eberth) ou plus rarement *S.partyphi* A, B voire C (ce dernier n'existe pas en Algérie) (**Bacha, 1992**).

La fièvre typhoïde et paratyphoïde sont courantes dans les pays les moins industrialisés principalement du fait de leurs problèmes d'insécurité concernant l'eau. Ce sont des véritables septicémies dues à des salmonelles (salmonelle typhus et paratyphus A,B,C) , ces maladies caractérisées par la fièvre , céphalées , diarrhée , douleurs abdominales , accompagnées d'un abattement extérieur (le typhus) et peuvent avoir des complications graves et parfois mortelles . Le genre de salmonella comprend de nombreuses espèces pathogènes, les typhoïdes touchent dans le monde 500000 personnes et provoque 25000 morts par an particulièrement fréquentes dans les pays en voie de développement (**Bacha, 1992**).

a/ Mode de transmission

- **Direct** : par les mains sales (absence d'hygiène fécale)
- **Indirecte** : c'est le mode de transmission le plus fréquent. La contamination hydrique est le plus souvent en cause : eau de puits, eau de distribution urbaine contaminée accidentellement, crudités lavées avec une eau suspecte (**Bacha, 1992**).

b/ Symptômes

- Maux de tête.
- L'anorexie.
- Ralentissement du rythme cardiaque.
- Une augmentation du volume de la rate.
- La formation de taches roses sur le corps.
- Une toux sèche et de la constipation, Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas (**Briere, 2000**).

c/ Traitement

- Isolement du malade en milieu hospitalisé.
- La déclaration obligatoire.
- Mesures hygiéno – diététique.

Et surtout la mise en route de traitement antibiotique qui devra satisfaire aux règles d'utilisations suivantes :

- Doses de charges sont formellement interdites.
- Les doses doivent être progressives et inversement proportionnelles à la gravité de la maladie.
- Doses suffisantes pendant 21 jours (**Khalili et al., 2014**).

d/ Prévention

La principale mesure de prévention consiste à assurer l'accès à l'eau potable. L'eau doit être de bonne qualité et doit être suffisante pour fournir toute la communauté avec suffisamment d'eau potable ainsi que pour tous les autres usages domestiques telles que la cuisine et le lavage.

Pendant les épidémies les mesures de contrôle suivantes sont d'un intérêt particulier :

- Dans les zones urbaines, le contrôle et le traitement des systèmes d'approvisionnement en eau doivent être renforcés du captage au consommateur. L'eau potable devrait être disponible à l'usage de la population par le biais un système de canalisations ou de camions citernes.
- Dans les zones rurales, les puits doivent être vérifiés pour lutter contre les agents pathogènes et les traiter si nécessaire (**Khalili et al., 2014**).

➤ **Evolution de la fièvre typhoïde en Algérie**

Depuis l'indépendance, 3 tendances évolutives de la fièvre typhoïde.

Première phase : 1962 - 1987 :

Il a été noté une augmentation progressive de l'incidence de la fièvre typhoïde avec plusieurs pics épidémiques, le point commun à toutes ces flambées épidémiques est la caractéristique du lieu. Ces dernières sévissent dans les agglomérations surpeuplées et les banlieues à habitat précaire où les réseaux d'approvisionnement en eau potable et d'assainissement inexistantes.

Deuxième phase : 1987-1991

Diminution importante de la morbidité concordant avec la mise en place de nouveau système de notification qui ont amélioré considérablement quantitativement et qualitativement l'information épidémiologique.

Troisième phase : 1991 jusqu'à ce jour.

Augmentation de la morbidité dans certaines wilayas considérées comme à haut risque épidémiologique.

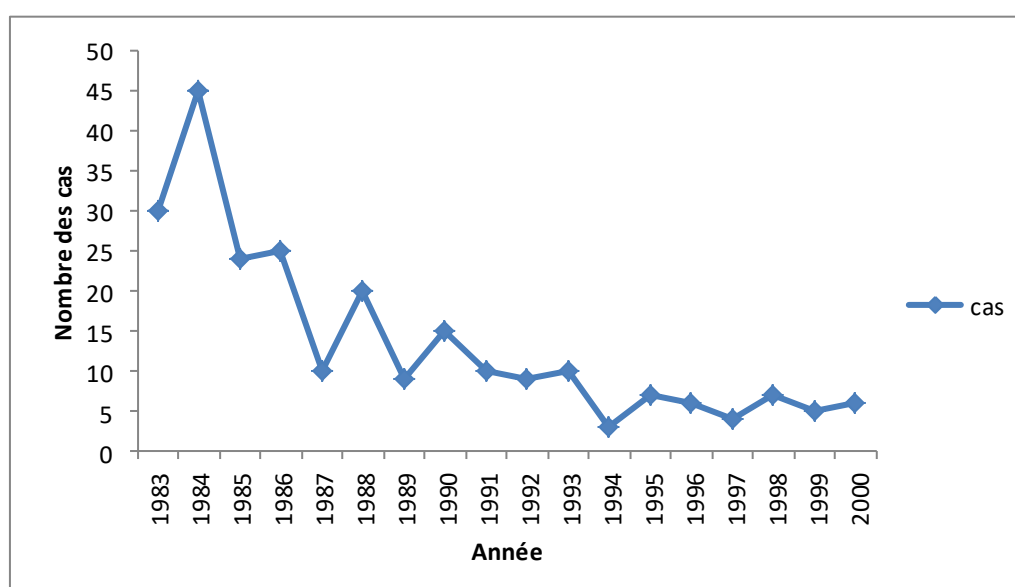


Figure 2 : Incidences de la fièvre typhoïde en Algérie (1983-2000).

8.2.3. Dysenteries bacillaires

Les shigella présentent des espèces provoquent des dysenteries qui sont des maladies contagieuses qui se manifestent par une inflammation des gros intestins et entraînent des diarrhées glaireuses et sanglotements avec douleurs. La dysenterie est une maladie aigue ou chronique du gros intestin, due à des entérobactéries du genre *Shigella*. Caractérisée par l'évacuation des selles liquides, souvent pleines de sang et glaireuse (IDER & IAMRANENE, 2008). Elle est beaucoup plus fréquente dans les pays chauds, humides, où existent des problèmes d'hygiène et de promiscuité (GOITA, 2014).

a/ Mode de transmission

Shigella est transmise par voie oro-fécale, par le biais notamment d'aliments ou d'eau contaminés. Les mouches peuvent également transmettre la maladie. Les magasins d'alimentation sont fréquemment sources de nourriture contaminée (Anonyme, 2009).

b/ Symptômes

Elle est caractérisée par :

- Une durée d'incubation courte (4 à 5 jours).
- Des diarrhées abondantes et douleurs abdominales.

à un véritable état d'intoxication avec altération de l'état générale.

- Fièvre.
- amaigrissement important (IDER & Iamranene, 2008).

c/ Traitement

Le traitement de la dysenterie bacillaire repose sur l'administration d'antibiotiques, aboutissant une guérison en quelques jours sans séquelles. Il existe également des souches de shigellose résistantes aux antibiotiques de première ligne, nécessitant d'autres médicaments plus rares (Bacha, 1992).

d/ Prévention

Il n'existe à l'heure actuelle pas de vaccin pour se prémunir des différentes formes de dysenterie. Le meilleur moyen de prévention reste le respect de mesures d'hygiène lors de voyages dans les pays touchés par la dysenterie : privilégier l'eau en bouteille, éviter les crudités, se laver les mains régulièrement avec du savon ou un gel hydro-alcoolique (Bacha, 1992).

➤ Dysenteries en Algérie

Maladie endémo-épidémique touchant toutes les régions du pays avec une prédilection pour les wilayas du sud. Important pic épidémiques en 1982.

Depuis 1990 la situation est plus stable, l'incidence oscille autour de 10 cas pour 100.000 habitants.

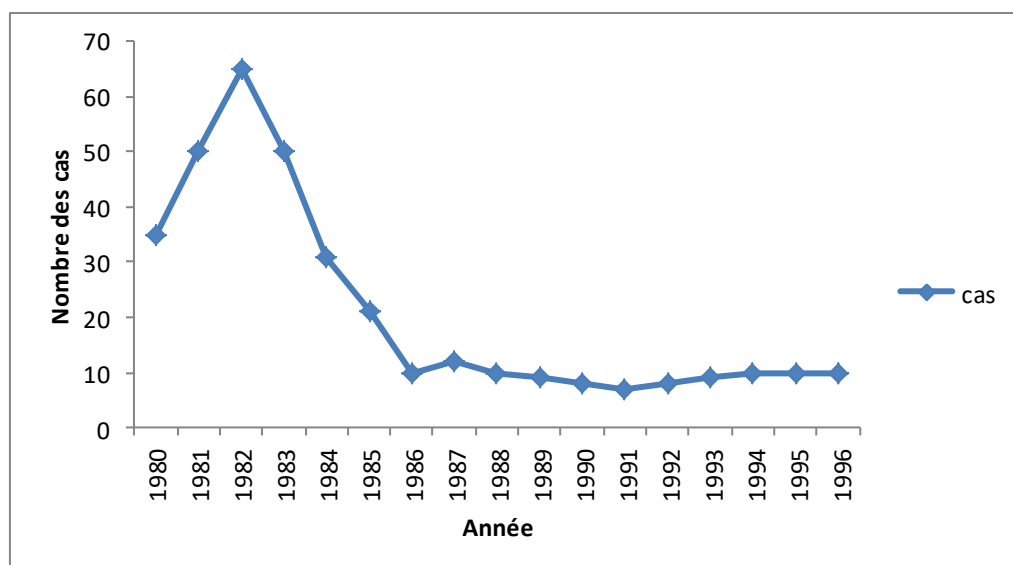


Figure 3: Incidences des dysenteries en Algérie (1980-1996).

8.3. Maladies hydriques d'origine virale

➤ L'hépatite virale

L'hépatite virale A, autrefois appelée hépatite infectieuse, est essentiellement une maladie hépatique caractérisée par des lésions nécrotiques des hépatocytes, elle est due au virus VHA (virus de l'hépatite A= HAV en anglais) (Bezzaoucha, 2004).

Cette maladie propage pendant la période automnohivernale sous forme d'épisode dans un environnement où les conditions d'hygiène manquent, l'hépatite se transmet par les mains sales « maladies de mains sales » et les aliments souillés. L'hépatite A est provoquée par un virus de la famille de picornaviridac. L'excrétion du virus dure de 3 à 12 semaines avec un taux pouvant atteindre, en période d'incubation 10^9 particules par gramme de selles.

L'évolution clinique de l'infection varie de la maladie anictérique à l'ictère sévère et prolongé. Le virus de l'hépatite A ne cause pas de maladie chronique du foie mais plusieurs complications peuvent accompagner l'affection. : Méningoencéphalite, atteinte rénale et cardio-vasculaire.

a/ Mode de transmission

La transmission par voie féco-orale est de loin la plus habituelle ; elle est le plus souvent directe, de personne à personne, avec un taux d'attaque secondaire pouvant atteindre 20 à 50 % dans l'entourage du sujet infecté.

La contamination indirecte par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés est plus rare. Bien que faible, le risque de transmission par voie parentérale, à partir de produits sanguins labiles ou de médicaments dérivés du sang existe.

Il existe aussi une transmission sexuelle du VHA surtout dans les communautés homosexuelles, favorisée par les contacts oro-anaux et une possible, bien que non démontrée, transmission salivaire ou urinaire. Cependant, dans près de la moitié des cas, aucune source infectieuse n'est retrouvée (**Coralie & Laurent, 2007**).

b/ Symptômes

C'est une infection virale commune caractérisée par de la fièvre, des signes gastro-intestinaux tels que nausées, vomissement, douleurs abdominales et la mise en évidence d'une atteinte hépatique par des examens de laboratoire.

La phase pré-ictérique de la maladie (ou période d'invasion) commence habituellement par une brusque élévation de température, de l'anorexie et un malaise abdominal. Ces symptômes qui évoquent un syndrome pseudo-grippal peuvent persister 4 à 8 jours avant l'apparition de la jaunisse. La durée de celle-ci est variable et persiste 1 à 4 semaines (**Bezzaoucha, 2004**).

c/ Traitement et prévention

Il n'existe pas de traitement curatif spécifique, une transplantation hépatique en urgence peut être nécessaire en cas de forme fulminante. En revanche, il existe un vaccin efficace. Cette vaccination n'est pas obligatoire mais elle est recommandée chez les sujets exposés professionnellement, les voyageurs (adultes non immunisés et enfants au-dessus d'un an) séjournant dans les pays endémiques pour le VHA, les patients porteurs d'une hépatopathie chronique, les homosexuels masculins.

La prévention de l'hépatite A repose aussi sur les mesures habituelles d'hygiène prises dans le cadre des infections à transmission fécale (**Coralie & Laurent, 2007**).

➤ Evolution des hépatites virales en Algérie

Ce sont des maladies endémiques avec des pics épidémiques au cours de la saison hivernale, important pic épidémique est enregistré en 1981, depuis cette année une nette diminution de l'incidence a été remarqué, la situation est stable durant la décennie 90.

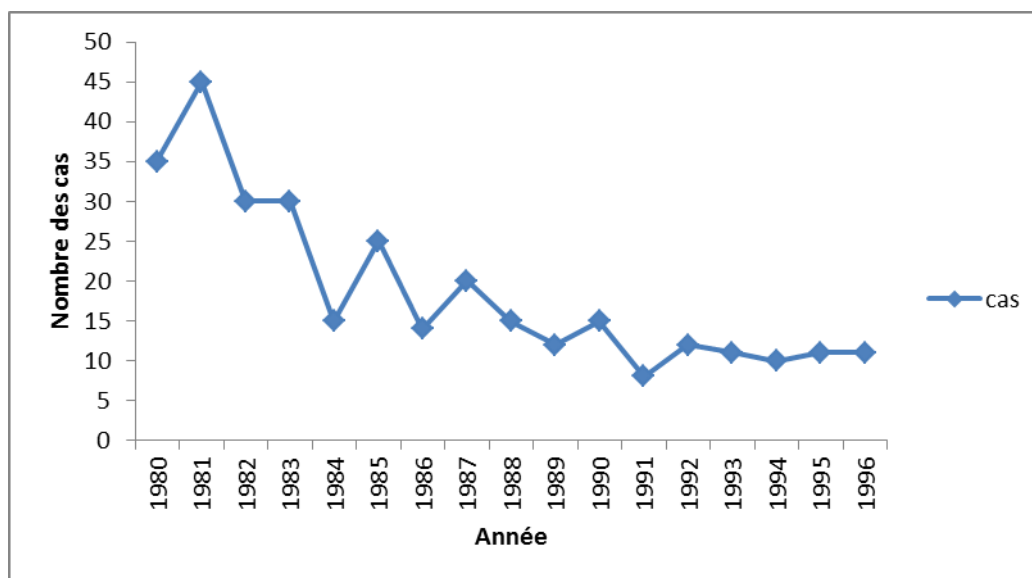


Figure 4: Incidences des Hépatites virales en Algérie (1980-1996).

8.4. Evolution des M T H selon la région géographique en Algérie

A la lecture des figures (05,06, 07,) il apparaît que la région des hauts plateaux enregistre des taux élevés des MTH pendant la période (1992-1998), surtout la maladie de choléra, cette zone enregistre un pourcentage de 85% de l'ensemble des cas de Choléra enregistrés en Algérie.

Celle -ci est due surtout à l'urbanisme rapide et désordonnée aggravé par l'absence de conformité des réseaux d'approvisionnement en eau potable. Le facteur le plus fréquemment en cause dans l'apparition des bouffées de MTH est l'interconnexion (Cross-connexion) entre réseaux d'AFP et réseau d'assainissement.

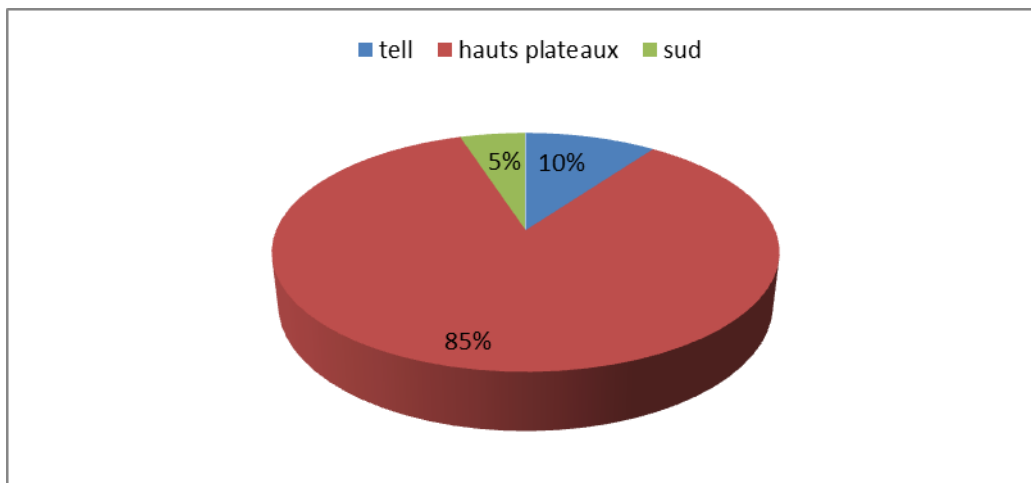


Figure 5 : Taux de choléra selon la zone géographique (1992-1998).

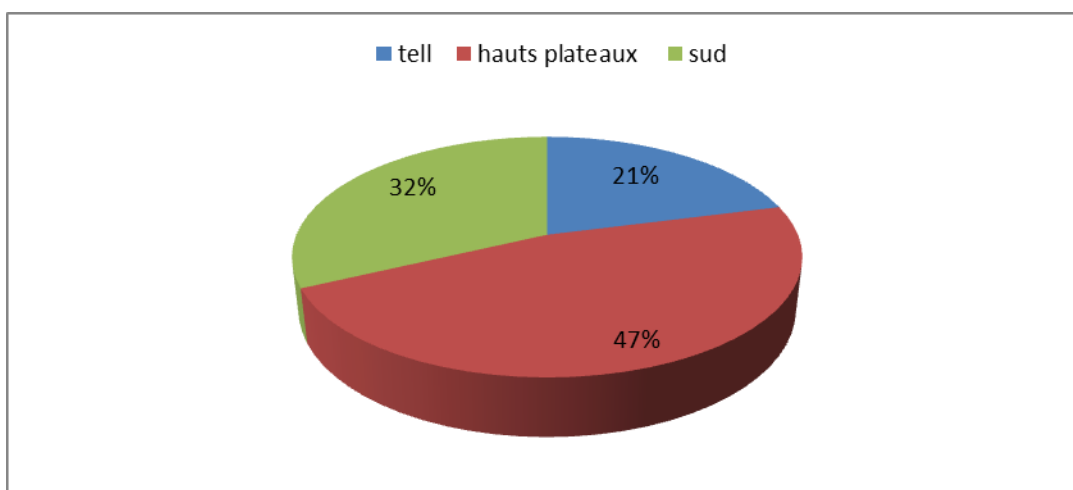


Figure 6: Taux de la fièvre typhoïde selon la zone géographique (1992-1998).

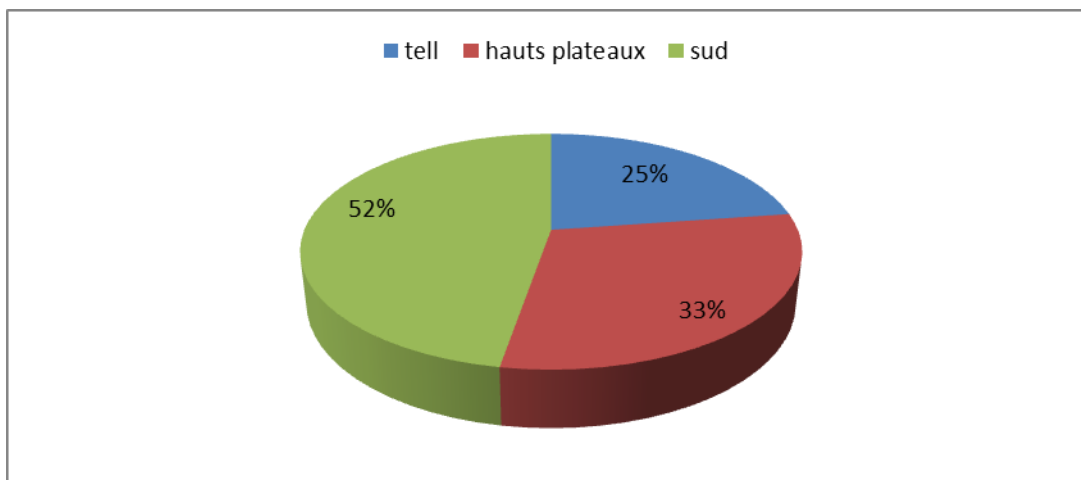


Figure 7 : Taux de l'hépatite virale selon la zone géographique (1992-1998).

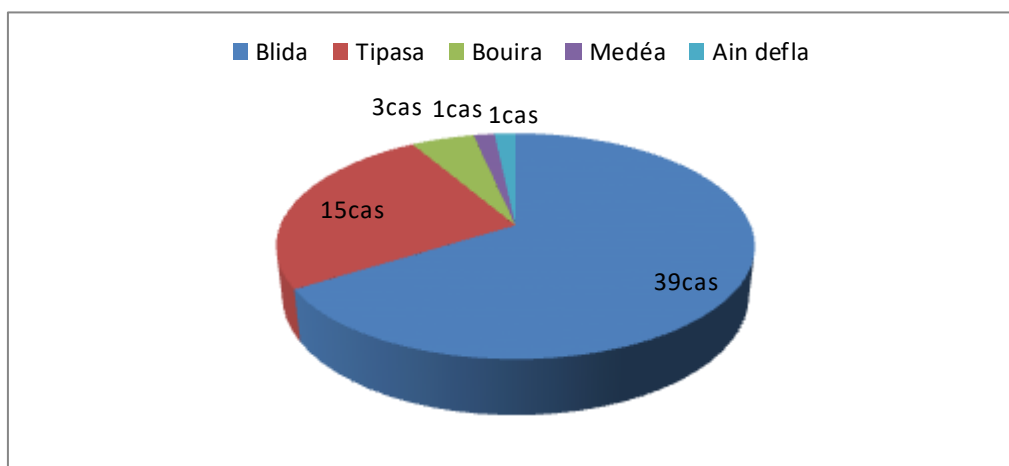


Figure 8 : *Nombre des cas de choléra en Algérie en 2018 (Institut de Pasteur, Alger).*

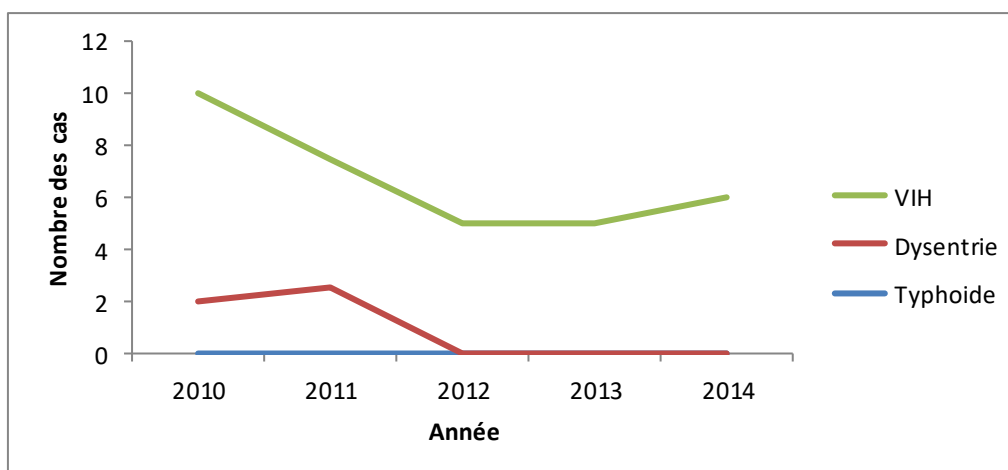


Figure 9: *Evaluation d'incidence des MTH en Algérie entre 2010 à 2014.*

8.4.1. Principaux facteurs des M. T. H en Algérie

De nos jours parmi les facteurs les plus importants des M. T H on distingue surtout :

- Une insuffisance quantitative des ressources hydriques du pays.
- La vétusté des réseaux en milieu urbain qui provoque fréquemment des cross-connexions entre les réseaux d'AEP et l'assainissement.
- Absence d'entretien des ouvrages et des réseaux d'AEP.
- L'accroissement des besoins en eau qui est liée d'une part à une forte poussée démographique et d'autre part en développement économique et industriel.

- Les facteurs sociaux, comme l'exode rural massif des populations, la multiplication des bidonvilles autour de grandes villes du pays, Alger, Annaba, Constantine, Oran
- Urbanisation anarchique.
- La dégradation de l'environnement et les multiples « agression » du milieu rural.

8.4.2. Programme national de lutte contre les M T H

Durant les années 1980, il a été enregistré de graves dégradations de l'environnement et de très fréquentes ruptures en approvisionnement en eau potable dans la plupart des villes du pays. Ces conditions particulières ont permis l'éclosion de nombreux foyers endémo-épidémiques de maladies hydriques et la multiplication de nombreux processus épidémiques de typhoïde et de choléra durant les saisons estivales. Devant cette grave situation épidémiologique, le gouvernement a mis en place en 1987 un programme national de lutte contre les maladies hydriques.

Ce programme qui a introduit pour la première fois la notion de la multisectorialité de la prise en charge des maladies hydriques est basé sur plusieurs actions relevant de secteurs différents.

Le programme de la lutte contre les MTH comprend : des actions relevant du secteur de l'hydraulique (réseau de distribution et d'assainissement, épuration des eaux...), des actions qui doivent être menées par les services de santé (surveillance épidémiologique, contrôles systématiques des aliments et de l'eau de boisson) et des actions qui sont prises en charge par les communes (entretien et protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et le contrôle des puits). Le programme de lutte contre les MTH est coordonné à plusieurs niveaux (Commune, Daïra, Wilaya et le Ministère de la Santé).

Il a été accompagné sur le plan institutionnel de plusieurs textes législatifs et réglementaires, en particulier :

- Le décret portant création des bureaux d'hygiène communale (janvier 1987) et son Arrêté d'application du 30 avril 1990 (**Taleb, 2006**).
- Les textes réglementaires sur le fonctionnement des comités locaux de lutte contre les maladies hydriques:
- Arrêté interministériel du 4 Dhou El Kaada 1418 correspondant au 3 mars 1998 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 8 Moharram 1417 correspondant au 26 mai 1996 portant création, organisation et fonctionnement du comité national de lutte contre les maladies à transmission hydrique (**Ould-kada, 2008**).
- La loi portant règles générales de protection du consommateur (Loi N° 89-02 du 7 février 1989).
- La Loi portant code des eaux (complétée en 1996) (**Taleb, 2006**).

Chapitre III

Matériel et méthodes

La chaîne atlastique oblique par rapport au littoral méditerranéenne s'étend depuis la côte atlantique au Maroc jusqu'à la Tunisie littorale.

En Algérie, la chaîne Atlastique a une longueur qui avoisine 1000Km et une largeur de plus de 100 Km .Elle est située au sud de l'ensemble septentrional orienté Est –ouest, représenté par les hautes plaines, le tell et le massifs Kabyles et constitue la limite nord de la « plateforme saharienne » (**Rahmani, 2010**).

L'Atlas saharien est formé de chaînons allongés, orientés SW-NE à l'exception des Monts des Ziban qui sont orienté Est –ouest .On reconnaît de l'ouest vers l'Est :

➤ La partie orientale :

- Les Monts de Ziban
- Les Aurès
- Les Nem entaches

➤ La partie occidentale :

Les Monts d'Ouled Neil ou « Atlas saharien orientale » (Laghouat Boussaâda).

Les Monts des Amours ou « Atlas saharien central » (El Bayedh).

Les Monts de Ksour ou « Atlas saharien occidental » (Ain sefra).

La partie occidentale de l'Atlas saharien (Monts des Ksour) située environs 400Km au sud d'Oran, est limitée au nord par les hautes plaines sahariennes à l'ouest par le Haut Atlas marocain et à l'Est par les Monts des Amours (**Figure 10**).

Les Monts de Ksour sont caractérisés par de reliefs élevés avec certains sommets qui dépassent 2000m ; Djebel Aissa : 2236 m, Djebel : 2109 m, Djebel Mekter 2020 m.

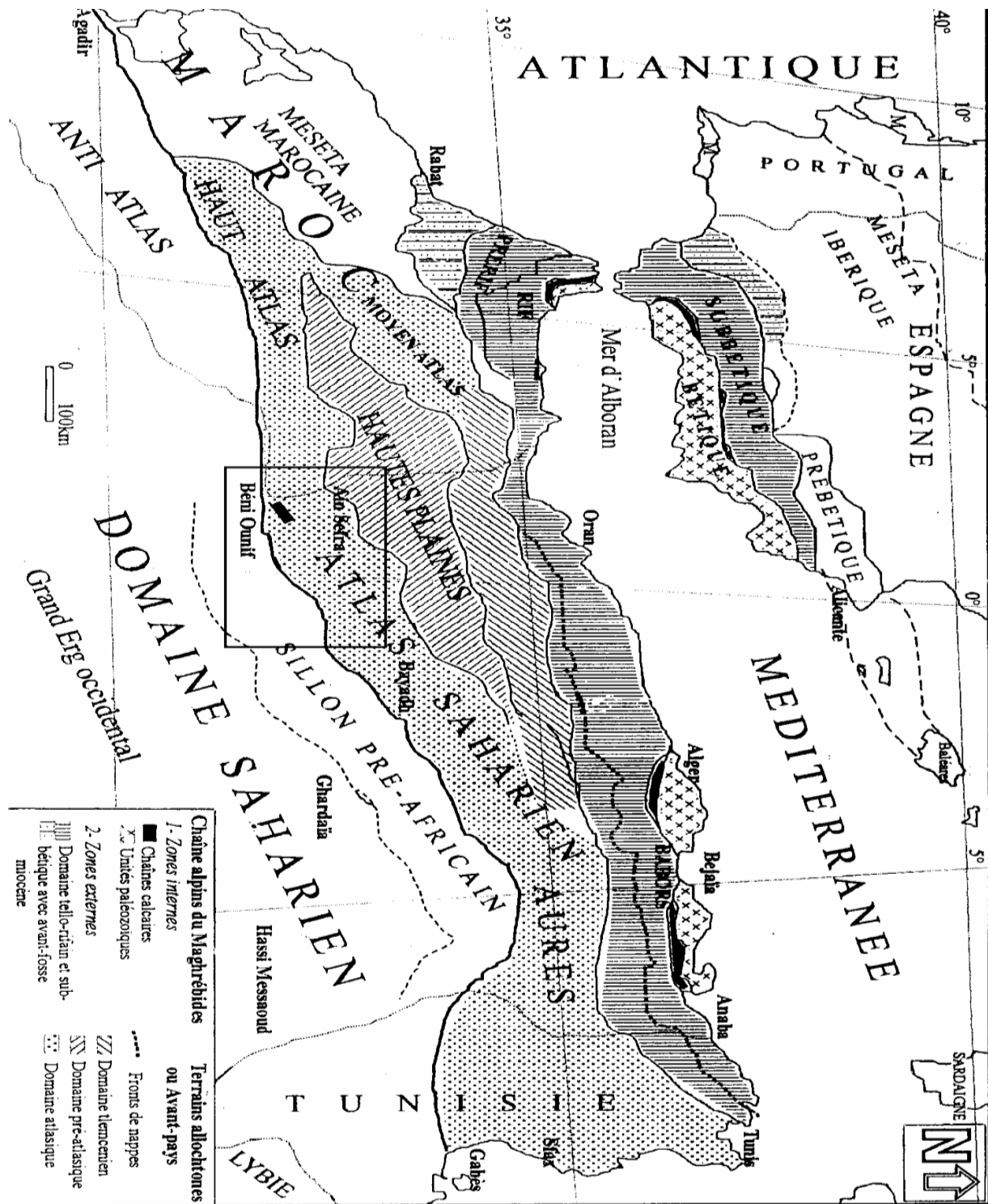


Figure 10: Les Monts des Ksour dans leur contexte régional : partie méridionale de l'atlas saharien et pré monts de la plateforme saharienne (Benest 1985 modifié par Mansour 2007).

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Situation géographique du secteur d'étude

La région d'étude appartient au domaine Atlastique Occidental dont la ville la plus importante Ain-Sefra. Cette dernière est qui se trouve à la limite méridionale des hauts plateaux et du Sahara, se présente généralement sous forme d'un parallélogramme traversé en diagonale du Nord –Est ou Sud –Ouest par une chaîne montagneuse enserrant au Nord – Est des plaines assez importantes. (dépression de Ain benkhellil, plaine de Mekmen ben Amar) au Sud- Est une zone saharienne (région Béchar). Cette chaîne montagneuse formant l'extrémité occidentale de l'Atlas Saharien appelée « Monts des ksour » se termine à l'Est par el bayadh et à l'Ouest par beni ounif (**Rahmani, 2010**).

Le centre d'Ain-Sefra se trouve dans le fond d'un couloir montagneux formé par faidjet El Bettoum séparant les deux grands Djebel parallèle de Aissa et Morghad orientés Nord – Est, Sud- Ouest. Le fond du couloir étant formé par le massif du Mekter . Le djebel Aissa (2250m) s'étend sur 32 Km de long, on observe une disposition assez régulière du style Atlastique. L'extrémité Nord s'abaisse à l'Est de Mekalis ou le prolongement du massif s'effectue par le Djebel Tifkirt .le Djebel Mekter long de 30Km et large de 20Km, domaine Ain-Sefra au Sud, dont il est séparé que par un cordon de dune .Il s'abaissent lentement en se coffrant jusqu'à la route Ain-Sefra – Béchar (**Rahmani, 2010**).

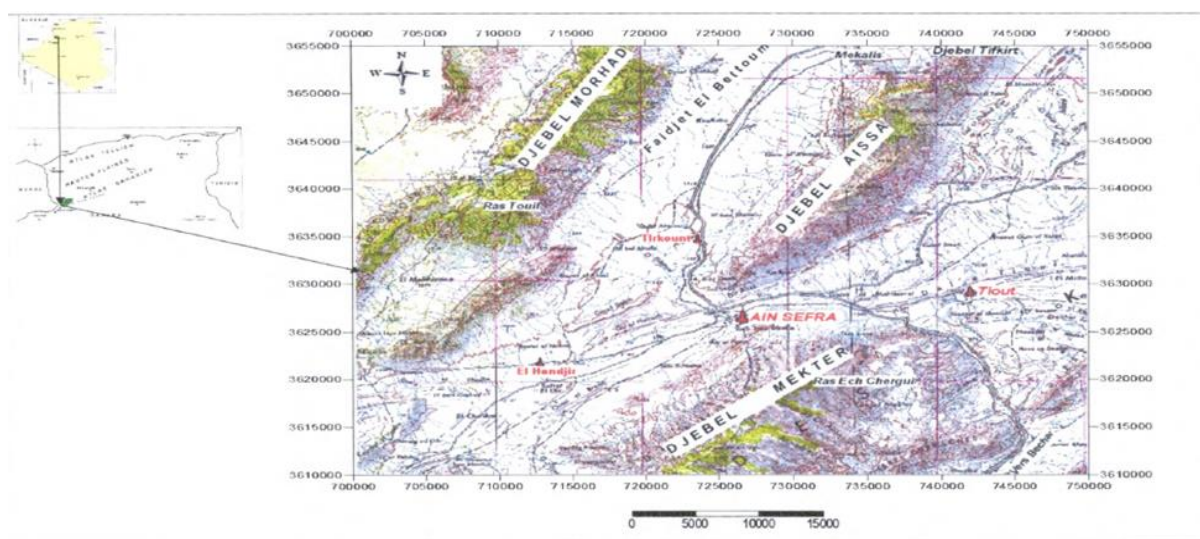


Figure 11 : La situation de secteur d'étude (**Rahmani, 2010**).

1.2. Cadre géologique générale

L'Atlas saharien forme une chaîne montagneuse d'une longueur environ de 1000Km orientée SW-NE situé dans la partie Nord de l'Algérie et s'interpose entre deux domaines stables. Les Hautes plaines oranaises, au Nord le domaine saharien au Sud ; cette suite de chaînes forme une barrière naturelle géographique et climatique .Il s'agit d'un ensemble structural étendue depuis le Maroc à l'Ouest jusqu'en Tunisie à l'Est (**Bouguelfda, 2013**).

Ce domaine est affecté par deux grands accidents :

- Au Nord par l'accident Nord Atlastique (Accident Sud – mésétien au sens de Kasitani 1986).
- Au Sud par l'accident Sud Atlastique appelé « flexure Sud Atlastique » allant Agadir au Maroc jusqu'à Gabès en Tunisie.

La partie occidentale de l'Atlas saharien (les Monts de Ksour) est limité par les Hautes plaines oranaises au Nord, la plaine saharienne au Sud à l'Est par les Monts des Amours et à l'ouest par le Haut Atlas Marocain (**Bouguelfda, 2013**).

1.3. Cadre géologique du secteur d'étude

Ain-Sefra est située entre deux anticlinaux l'un au Nord et l'autre au Sud encadrent le synclinal, ils y affleurent des terrains gréseux plus anciens : jurassique supérieur et créacé inférieur, ces anticlinaux ont données naissances au Djebel Aissa et Djebel Mekther. La limite SW du synclinal d'Ain-Sefra est bien marquée, il s'agit de la zone disloquée NS renfermant les ophites et le trias d'El Hendjir .La zone reliant Tiloula à Koudiat Tiourtalt constitue une séparation structurale avec le synclinal Tiourtalt. La première partie de ce synclinal se situe entre El Hendjir et Ain-Sefra le flanc étant fortement masquée par les dunes d'Ain-Sefra. Le deuxième partie du synclinal se trouve à l'ENE d'Ain-Sefra dans la région de Tiout plus connue sous le nom de Maader, c'est un synclinal typique des Monts de Ksour à fond plat affectant l'Albien encadrée par anticlinaux jurassique de Djebel Aissa et djara (**Rahmani, 2010**).

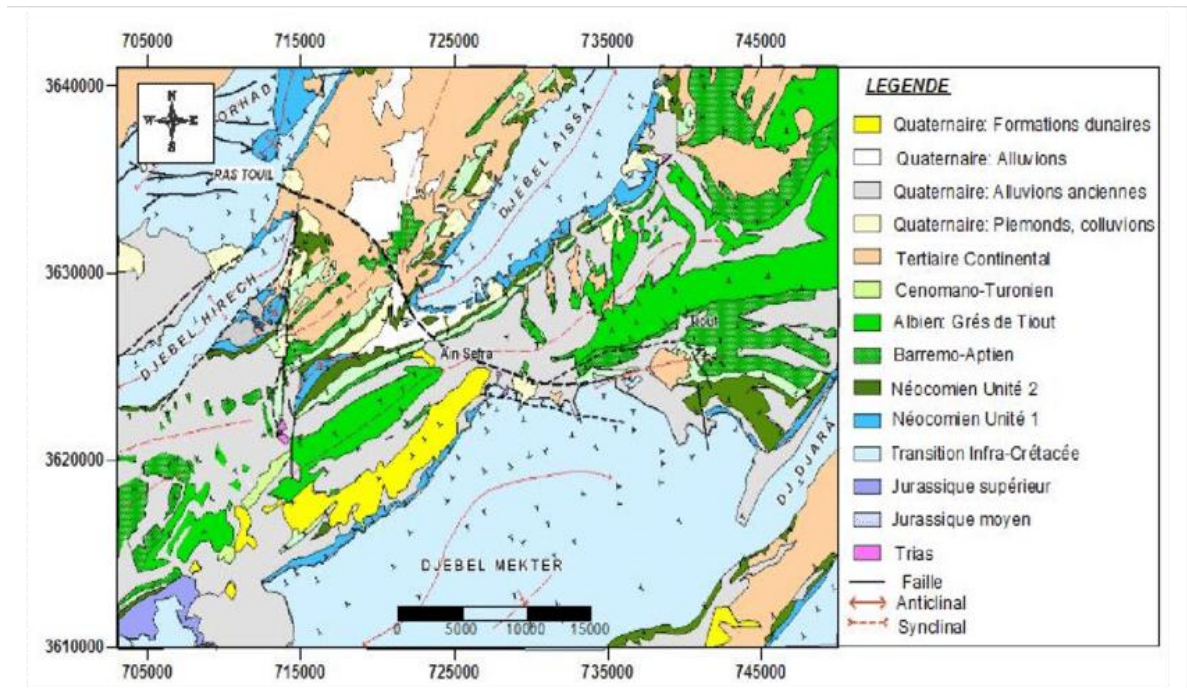


Figure 12: Carte géologique de la région d'Ain-Sefra (Galmier, 1972).

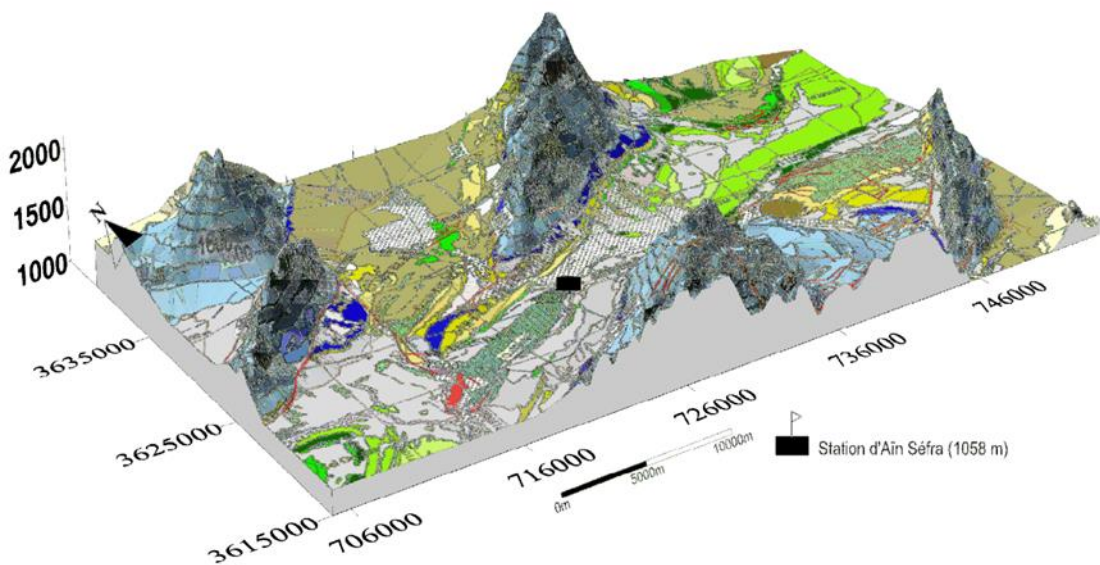


Figure 13: Représentation géologique en 3D de la région d'Ain-Sefra (Yousfi, 2014).

2. Type et période d'étude

L'objectif de notre étude est l'évolution de la qualité microbiologique et physicochimique des eaux souterraines de la région d'Ain-Sefra, nous avons choisis quatre points d'eau de source. Cette étude concerne essentiellement l'exposition de ces points d'eau aux pollutions liées à l'activité humaine, ainsi l'influence de la nature lithologique sur la composition chimique de ces eaux. Ces sources sont donc à usage quotidien d'où la nécessité d'un suivi rigoureux de leur qualité microbiologique et chimique, et leur degré de potabilité ou de pollution. Pour cette étude nous avons procédé à une série d'analyse concernant les paramètres physicochimiques et bactériologiques au niveau du laboratoire ADE de la willaya de Naama, et aux laboratoires pédagogique de Microbiologie du centre universitaire Salhi Ahmed Naama dans une période du mois d'Avril et mois de Mai 2021.

3. Points d'échantillonnages

Les prélèvements ont été effectués au niveau de la région d'Ain sefra sur quatre sources différentes, la **figure** ci-dessous montre la localisation des sites d'échantillonnages (sources) au niveau de la région d'étude :

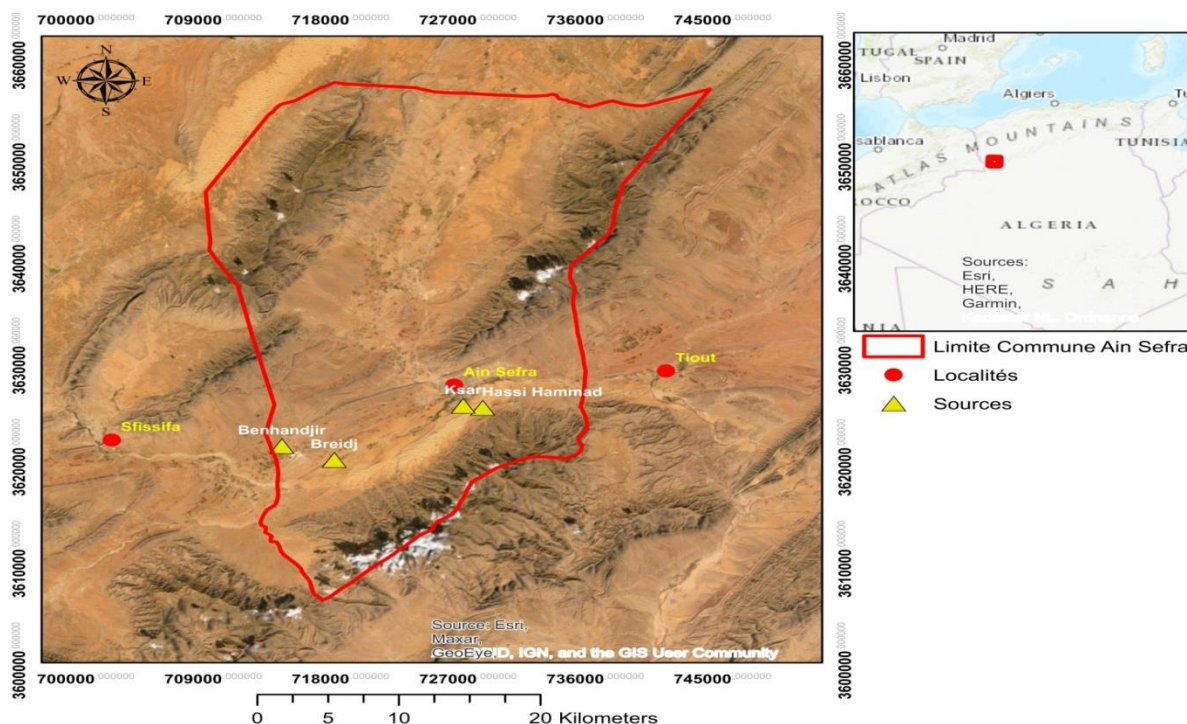


Figure 14 : Carte de localisation des quatre sources étudiées.

4. Prélèvement des échantillons d'eau

Le prélèvement d'un échantillon est une opération délicate, à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Pour ce faire, il doit satisfaire aux conditions ci-dessous :

- Les échantillons doivent être homogènes et représentatifs
- Les échantillons doivent être recueillis, conservés et expédiés dans des flacons stérilisés adéquats s'il s'agit d'analyse bactériologique
- Le volume recueilli doit être suffisant pour permettre une analyse précise
- Tous les renseignements utiles sur les échantillons doivent être indiqués et le flacon doit être étiqueté correctement pour éviter les erreurs (**Rodier et al., 2009**).

➤ Techniques de prélèvement

Les échantillons d'eau nécessaires à l'analyse physicochimique ont été prélevés selon la méthode décrite par **Rodier et al., (2009)**, dans des bouteilles en polyéthylène téréphtalate (P.E.T) de volume 1,5L ont été rincées 3 fois avec l'eau de source à prélever, puis remplies totalement et éviter la présence des bulles d'air et conservé à 4°C, ensuite analyser dans les 24h qui suivent.

Pour le prélèvement d'eau nécessaire à l'analyse bactériologique, (**ISO ,19458**) nous avons utilisé des flacons en verre de 250ml munis d'un cordon. Au moment du prélèvement, on ouvre le flacon et on introduit dans le puits à 30cm de profondeur, en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon. Ensuite on retire le flacon rempli d'eau. On détache le cordon et le flacon est refermé dans les conditions aseptiques requises jusqu'au moment de l'analyse. Avant usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée. Ensuite, les flacons seront stérilisés (**Larpent, 1997**).

Tableau 1 : Distribution temporelle des quatre échantillons à analyser.

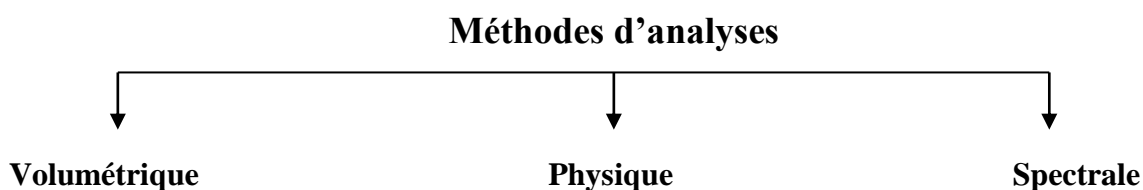
N° sources	Appellation	Date du prélèvement
1	Ksar	19/4/2021
		02/5/2021
		15/5/2021
2	Benhandjir	19/4/2021
		02/5/2021
		15/5/2021
3	Hassi Hammad	19/4/2021
		02/5/2021
		15/5/2021
4	El breidj	19/4/2021
		02/5/2021
		15/5/2021

5. Transport des échantillons

Afin d'éviter que le teneur initiale en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible .L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs : température, concurrence bactérienne des espèces présentes , composition chimiques de l'eau .A cet effet , la circulaire du 21 janvier 1960 , relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation spécifie que « si la durée de transport dépasse 1 heure , et si la température extérieure est supérieure à 10°C , les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6°C ».Même dans de telles conditions , l'analyse bactériologique doit débiter dans un délai maximal de 8 heures , après le recueil de l'échantillon .Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée , il faut entreposer les échantillons à 4 °C (Rodier et al., 2009).

6. Méthodes d'analyses physico chimiques

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et éventuels éléments traces .La conductivité, la température et pH permettent de définir les caractéristiques fondamentales de l'eau.



6.1. Méthode physique

a-Mesure de la température

La température de l'eau, joue un rôle non négligeable dans l'intensité de la sensation de l'eau. Elle est le facteur le plus apprécié pour une eau destinée à la consommation humaine (Gregorio & Pierre-Marie, 2007).

La mesure de la température a été effectuée en plongeant immédiatement le thermomètre dans le flacon d'eau à analyser pendant 5 minutes. La lecture doit se faire à travers les parois du flacon. Généralement, les appareils de mesure de la conductivité ou du Ph possèdent un thermomètre intégré (Rodier et al., 2009).

b-Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) (ISO, 10523)

Le pH mesure la concentration en ions H^+ . Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le PH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physicochimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine d'eau (Castany & Margot, 1977). Il joue aussi un rôle primordial dans des processus biologiques qui exigent des limites très étroites de pH (Zeddouri, 2003). La mesure du pH donne des renseignements importants sur la nature des eaux (Detay, 1993). D'une façon générale, le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés, il varie habituellement entre 7,2 et 7,6 (Rodier, 1996).

Mode opératoire

- Brancher le pH mètre, le laisser se stabiliser pendant quelques minutes, installer les électrodes aux entrées correspondantes sur l'appareil, et :
- Etalonner l'appareil à l'aide d'une solution tampon. Ensuite rincer l'électrode avec de l'eau distillée et avec l'échantillon à analyser.
- Amener l'échantillon d'eau à analyser à la température désirée.
- Plonger l'électrode dans l'échantillon à analyser et lire la valeur de pH directement.

- Après chaque détermination du pH, on retire l'électrode, on la rince et à la fin de l'expérience, on la laisser tremper dans l'eau distillée (**Rodier et al., 2009**).

c-Mesure de la turbidité (ISO, 7027)

La turbidité d'une eau est due à la présence la matière en suspension finement divisées : argile, limons, grains de silice, matières organiques, algues et microorganismes...Etc. C'est un paramètre important dans le contrôle de la qualité des eaux (**Rodier, 1984 ; OMS, 1989**).La mesure en continu de ce paramètre dans les eaux souterraines peut révéler la détérioration temporaire de la qualité de l'eau en fonctions de phénomènes liés à l'érosion, de l'intensité des crues, ou de l'importance des pompages (**Thierrin et al., 2001**).

La mesure est effectuée avec un turbidimètre appelé aussi néphélomètre, du type TL2300. Il s'agit d'un phénomène particulier qui mesure l'intensité de la lumière diffuse par l'échantillon, cette lumière étant mesurée selon un axe orienté en principe à 90° par rapport à la direction de la lumière incidente .Avant d'effectuer une série de mesure, il faut procéder à l'étalonnage de turbidimètre.



Figure 15: Turbidimètre.

Mode opératoire

Une cuvette de mesure propre est remplie avec l'échantillon à l'analyser, bien homogénéiser et la mesure est effectué rapidement. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.

La valeur est obtenue directement en NTU (**Ladjel, 2009**).

d-Mesure de conductivité électrique (CE) (ISO7888)

Conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm . Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m) ($1\text{S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{mS/m}$) (Rodier et al., 2005).



Figure 16: Conductimètre(CE).

Mode opératoire

- D'une façon générale, la verrerie doit être rigoureusement propre et rincée avec de l'eau distillée avant l'usage.
- On rince plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec d'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner.
- La mesure est faite dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- On agite le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.
- Le résultat est donné directement en $\mu\text{S/cm}$ (Rodier et al., 2005).

6.2. Méthode spectrale

6.2.1 Spectrophotomètre

Dans l'ensemble des analyses basées sur la spectrophotométrie d'adsorption moléculaire (méthode analytique quantitative), l'appareillage utilisé est le spectrophotomètre DR6000.



Figure 17: Spectrophotomètre d'adsorption moléculaire.

a-Principe de fonctionnement du spectrophotomètre d'adsorption moléculaire

L'absorption moléculaire est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité, par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique. Le spectre d'adsorption moléculaire d'un élément est constitué d'une série de raies de résonance, tous originaire de l'état électronique fondamentale et finissent dans différents états excités. La quantité d'énergie absorbée, à partir d'un faisceau d'un rayonnement pour la longueur d'onde d'une raie de résonance, augmentera avec l'augmentation du nombre d'atomes de l'élément sélectionné dans la chambre d'absorption. La relation entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de l'analyse présente dans les standards peut être déterminée. On peut déterminer les concentrations des échantillons en comparant les quantités de rayonnement absorbés par ces derniers avec la quantité de radiation absorbé par les standards (Pradyt, 2004).

b- Dosage des Nitrates (norme ISO7890-3et NF T90-045)

Les Nitrates, sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. Ils sont ajoutés au sol soit directement par les agriculteurs soit indirectement par le fumier ou le purin. A cause de leur bonne solubilité dans l'eau, les Nitrates sont facilement éliminés du sol en direction de la nappe phréatique, en particulier quand le sol est en jachère, par exemple en hiver (Bliefert et al., 2001). Ils sont généralement indice d'une pollution (Detay, 1993). On trouve des teneurs en nitrates au-dessus de la normale dans la nappe phréatique dans les cas suivants :

- Lorsqu'on a utilisé trop d'engrais ou que l'engrais a été répondu à une mauvaise période.
- Lors d'un élevage intensif d'animaux.
- Lors de culture spéciales a haute rendement et de plantation de légumes.
- Sols contenant peu de plantes.
- Sols légers perméables (Bliefert et al., 2001).

Mode opératoire

- Prélever 10mL d'échantillon de chaque source. Ajouter 2à3 gouttes d'hydroxydes de sodium, 1mL salicylate de sodium, placer les dans un incubateur de 75 à80°Cjusqu'au séchage complet.
- Retirer et après refroidissement ajouter 2mL de l'acide sulfurique, 15mL d'eau distillé, 15mL de solution de tartrate double sodium et potassium.
- Sélectionner le programme pour nitrate (420nm) et démarrer la lecture sur spectrophotomètre.



Figure 18: Dosage des nitrates.

c- Dosage des nitrites (ISO6777, 1994)

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azoté .Ils s'insèrent dans le cycle d'azote entre l'ammoniaque et nitrate .Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans des eaux naturelles est très faible. Une eau contenant des nitrates à considérer comme spectre car cette présence est souvent lié e a une détérioration de la qualité microbiologique (**Rejesk, 2002**).

Mode opératoire

- Remplir une éprouvette graduée de 25 mL jusqu'au trait de 15 mL avec l'échantillon.
- Transférer le contenu d'une pochette de réactif Nitra Ver 6 dans l'éprouvette et boucher l'éprouvette.
- Agiter énergiquement l'éprouvette et attendre 3 minutes.
- Transférer le contenu de la deuxième pochette de réactif Nitri Ver 3 dans l'éprouvette.
- Agiter doucement pendant 30secondes.
- Une coloration rose apparaitra en présence de nitrite.
- Attendre 15 minutes (temps de contact).
- Préparation de blanc ; remplir une cuve avec 10ml de l'échantillon.
- Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre à 543nm
- Sélectionner sur l'écran : zéro.
- Les résultats sont indiqués en mg/L.

d- Dosage d'ammonium (ISO6778, NF90 T-015-2)

L'ion d'ammonium représentent la forme ionisée de l'azote ammoniacal, sa présence les eaux profondes résulte le plus souvent de la décomposition anaérobie de matière organique azotées. On les trouve souvent à des teneurs variant entre 0,1 à 0,2 mg/L (**Detay, 1993**).

Mode opératoire

Prélever 40ml pour chaque échantillon dans des fioles de 50mL, pour le blanc versé 40ml de l'eau distillé dans une fiole de 50ml, ajouter dans l'ordre pour les échantillons et pour le blanc 4ml de réactif coloré homogénéiser et 4ml du réactif de dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. Après attendre 60minutes le développement de la couleur (c'est le temps de contact). Commencer les mesures d'abord par le blanc puis les échantillons, remplir et essuyer la cuve carrée, sélectionner le programme d'ammonium (630nm) dans le spectrophotomètre DR6000.

e- Dosage des Sulfates (ISO, 22743, NF EN 206-1)

La concentration des ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfate minéraux, elle peut attendre 30à50mg/L, mais ce chiffre être légèrement dépasser et peut être attendre jusqu'à 300mg/L dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé. La combustion des produits fossiles (charbon, fuel) et l'utilisation des hydrocarbures émettant des composés soufrés contribuent à la formation des pluies acides avec l'augmentation de la teneur de en sulfates et sous l'action de bactéries sulfite-réductrices, peuvent se former des sulfures donnant lieu à des précipité de sulfure de fer dans certains terrains contenant des sulfures métalliques (fer , cuivre) (Ramade , 1982).

Mode opératoire

Nous avons pris 10mL de chaque échantillon dans les cuvettes et on a ensuite ajouté le réactif de sulfa ver 3, le blanc c'est l'échantillon lui-même son réactif. Pour effectuer la lecture on sélectionne le programme de 700nm correspond au paramètre sulfate sur le spectrophotomètre.

f- Dosage de l'ortho –phosphate (JORA N°75 20décembre 2009)

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants .Il entre notamment dans des cycles énergétiques cellulaires. Comme l'azote, le phosphore est inclus dans un cycle naturel où les apports et les pertes sont limités .Il est assimilable par les êtres vivants sous forme oxydée (phosphate, hydrogénophosphates) ou sous forme organique dans la nature, ils proviennent essentiellement de la décomposition des cellules mortes qui sont minéralisées par les microorganismes pour donner des phosphates rapidement assimilés. Sa présence dans l'eau n'a pas de conséquences sanitaires, en revanche elle favorise la croissance des algues dès que l'eau est exposée à la lumière : phénomène de l'eutrophisation. Les organismes tels les cyanobactéries se développent de façon très rapide.

La concentration maximale admissible en phosphore dans les eaux destinées à la consommation humaine est fixée à 5mg/L.

Origine de l'ortho- phosphate

- Erosion des sols agricoles enrichis en phosphore (P sous forme particulier).
- Rejet d'assainissement, d'usines, de pisciculture (P dissous ou phosphate) (OMS, 2000).

Mode opératoire

Verser 40ml d'échantillon à analyser, on ajoute 1ml d'acide ascorbique à 100g/L, 2mL d'hypermolybdate d'ammonium. Agiter quelques secondes.

Temps de contact c'est 30min, absence de couleur montre que la concentration est inférieure à 0,09mg/L ; dans le cas contraire il y'a la présence de coloration bleue. Sélectionner le programme pour ortho-phosphate, effectuer la lecture.

g-Dosage de Fer (ISO6332, NF T90-017)

Le fer est un élément indispensable au bon fonctionnement de l'organisme. Il intervient dans la formation de l'hémoglobine et de protéine. La présence de fer a des conséquences organoleptiques. A une teneur supérieure à 0,1mg/L, le fer donne un goût désagréable à l'eau et peut lui donner une coloration noirâtre (Bekkari et al., 2016).

Mode opératoire

Prélever 10mL pour chaque échantillon dans des cuvettes de 25 ml, ajouter le réactif Ferrover. Le blanc c'est l'échantillon lui-même sans réactif. Effectuer les mesures sur le spectrophotomètre DR6000.

h- Dosage de manganèse

Le manganèse est présent en quantité très importante dans la nature. Ce métal ne présente pas de risque majeur pour la santé humaine, mais il peut poser des problèmes dans les eaux de consommation lors de son oxydation lente et sa précipitation dans le réseau de distribution (Boogerd *et al.*, 1987), la dégradation de la qualité de l'eau due à un développement bactérien sur le support chimique d'oxyde de manganèse. Cela peut conduire parfois à une réduction du diamètre des tuyaux ou à l'apparition de fortes turbidités dans l'eau distribuées en cas de remise en suspension de ces dépôts.

Mode opératoire

- Prélever 50mL pour chaque échantillon, dans un bécher, puis on ajoute 1ml de sulfate et 2mL EDTA.
- Ajouter 1mL f. formaldoxine et 2mL solution NaOH et attendre 10minutes.
- Puis ajouter 3ml de solution chlorure d'hydroxylammonium, et reposer 60minutes
- Sélectionner le programme d'analyse sur le spectrophotomètre à longueur d'onde de 279.
- Les résultats sont exprimés en mg/L.



Figure 19: Dosage des manganèses.

6.2.2. Spectrophotométrie d'émission à flamme

➤ Principe

Cette technique d'analyse élémentaire utilise la mesure de l'émission optique provenant des atomes stimulés, pour soit identifier soit déterminer la concentration des substances à analyser. Elle est préférable pour le dosage des alcalins (Na, Li et K) dans les fluides et tissus biologiques. Le spectrophotomètre d'émission a généralement des compositions identiques à celle d'un spectrophotomètre d'absorption. Tandis que, en émission la source des radiations est l'échantillon lui-même. L'atomiseur transforme l'échantillon en un gaz atomique et l'excite (Adouani, 2020).



Figure 20: Spectrophotomètre à flamme.

a-Sodium et potassium (ISO9964)

➤ Sodium

Le sodium est un élément constant de l'eau, tout fois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500mg/l et même au-delà. indépendamment de la lixiviation des formations biologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir :

- De l'altération des minéraux silicatés, échanger de cations avec les minéraux argileux ou des substances organiques.
- Des retombées d'origine marine, de la venue d'eau salées dans des nappes aquifères
- Des rejets des eaux usées, ainsi que l'épandage des engrais chimiques qui augmentent aussi les concentrations en sodium.
- Des nombreux usages industriels
- Des apports atmosphériques (Rodier, 2005).

➤ Potassium

Le potassium provient de l'altération des formations silicatées (gneiss, schistes), des argiles potassiques, de certains rejets industriels et la dissolution des engrais chimiques (NPK). Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l (Rodier, 2005).

➤ Dosage de Na^+ et K^+

Le sodium et le potassium sont dosés par spectrophotométrie d'émission de flamme. Lorsque les atomes d'un élément excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie (Rodier, 1984).

Mode opératoire**➤ Préparation de la solution d'étalonnage (Na^+ et K^+)**

Prélever dans un tube à essai, 10 ml d'eau bi distillé, ajouter 0,1 ml pour le sodium et potassium avec une homogénéisation [10 ppm] ; jusqu'à l'obtention de la dernière solution d'étalonnage [50 ppm].

➤ Préparation des solutions décimales

La méthode de dilution consiste à introduire 5 ml d'eau de source dans un tube contenant 5 ml d'eau bi distillé, suivi d'une bonne agitation ; c'est la solution mère.

Ensuite avec une pipette on prélève 1 ml de S.M et on introduit dans un tube contenant 9 ml de diluant avec une homogénéisation [dilution 10^{-1}] ; jusqu'à l'obtention de la dernière dilution. Sélectionner le programme pour le sodium puis le potassium et démarrer la lecture sur spectrophotomètre à flamme, puis l'établissement de la courbe d'étalonnage pour le sodium et potassium.

b-Lithium et baryum**➤ Lithium**

C'est un métal très actif qui réagit notamment avec l'azote. Ce métal est moyennement abondant dans la croûte terrestre. L'hydroxyde de lithium présente un risque potentiel significatif car il s'agit d'un composé extrêmement corrosif qui peut s'avérer nocif notamment pour les organismes aquatiques.

➤ Baryum

Le baryum est très bon marqueur de lithologie. La source principale de l'élément dans les roches de type plutonique ou métamorphique est barytine (BaSO_4). Il est souvent considéré comme un précipité de référence dans l'étude de la précipitation (Pacary, 2008). Dans les eaux, le baryum est lié aux concentrations en sulfate qui contribuent au contrôle de la solubilité de barite. La solubilité du baryum dans les eaux est contrôlée par les processus d'absorption par les argiles, hydrocarbures de la matière organique.

Mode opératoire

Le mode opératoire est identique à celui de sodium et potassium.

Après la réalisation de la solution d'étalonnage et la préparation des dilutions, sélectionner le programme pour baryum puis le lithium et démarrer la lecture en spectrophotomètre d'émission de flamme.

6.3. Méthode volumétrique

C'est une technique d'analyse quantitative qui permet de déterminer la quantité d'une substance nécessaire pour effectuer complètement une réaction chimique donnée. Le titrage consiste à verser à partir d'une burette un volume précis d'une solution dont la concentration est connue dans une solution contenant la substance à doser, de concentration inconnue. La substance contenue le titrant réagit de façon continue avec la substance à analyser. Le point atteint quand on a ajouté suffisamment de titrant pour la totalité de la substance à analyser réagisse est appelé point d'équivalence. On identifie souvent ce point à l'aide du changement de couleur d'un produit chimique appelé indicateur. Cette méthode nous permet d'analyser :

- Titre hydrotimétrique (TH) : titré avec la solution d'EDTA à 2N.
- Les chlorures : titre avec AgNO_3 à 0,02N jusqu'à la coloration rouge brique.
- Le calcium et magnésium : titre avec EDTA.

a-Détermination de la dureté totale (NA 6360)

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations Ca^{++} et Mg^{++} à l'exception des alcalins. Une eau est dite douce, lorsqu'elle est pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle en est riche (Ledler, 1986).

Mode opératoire

- Introduire 50ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 4ml de la solution tampon pH=10, et 3gouttes de l'indicateur Net, la solution se colore en violet.
- Titrer immédiatement avec l'EDTA tout agitant constamment.
- Verser rapidement au début du dosage puis lentement vers la fin.
- Ajouter l'EDTA goutte à goutte des que la couleur de la solution commence à virer du violet au bleu.

*Avant titrage**Après titrage***Figure 21:** Détermination de la dureté totale (TH).**Expression des résultats :**

$$TH=v*10*4$$

b-Détermination du calcium (ISO, 6059)

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeur de la dureté de l'eau et qui est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur est lié directement la nature géologiques des terrains traversés. Il existe surtout à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfate, chlorure, etc...(Rodier, 1996). La présence des ions de calcium dans l'eau est lié principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses CaSO_4 et la dissolution des formations carbonatées CaCO_3 (Saadali, 2007).

L'influence de calcium sur la santé de l'individu a été souvent discutée. Cependant, les chercheurs et les études statistiques ont montré qu'il n'y aurait pas de relation dose effet avec la teneur de cette élément dans l'eau. Les eaux potables, de bonne qualité renferment de 100 à 140mg/l de calcium soit de 150à 200mg/l en CaO ou 250à350mg/l en CaCO₃ (Rodier, 1996).

Mode opératoire

A l'aide d'une pipette, introduire 50ml de l'échantillon préparé dans une fiole de 25ml. Ajouter 2ml de la solution de NaOH et environ 0,2g de l'indicateur HSN mélangé et doser immédiatement. Ajouter la solution d'EDTA en continuant d'agiter versé lentement. Le virage atteint lorsque la couleur ne doit plus changer avec l'ajoute de goutte supplémentaire de la solution d'EDTA.



Avant titrage



Après titrage

Figure 22: Détermination du Calcium.

Expression des résultats

$$[\text{Ca}] = 1 + \frac{C1 \times V1 \times A}{V0} 1000 \times F$$

C1 : La concentration, exprimée en mole par litre, de la solution EDTA, soit 0.01.

V0 : Le volume, en millilitres, de la prise d'essai, soit 50ml.

V1 : Le volume, en millilitres, de la solution EDTA, utilisé pour le dosage.

A : La masse atomique du Calcium (40.08g).

F : Le facteur de dilution.

$$[\text{Ca}] = 1 + \frac{0.01 \times V1 \times 40.08}{50} 1000 \times F$$

$$[\text{Ca}] = V1 \times 8.016$$

c- Magnésium

Le magnésium est l'un des éléments le plus répandu dans la nature, il constitue environ 2,1% de l'écorce terrestre. La plus parts de ces sels sont très solubles dans l'eau (Rodier, 1996).

Ses origines sont comparables à celle du calcium, car il provient de la dissolution des formations carbonatées à forte teneur en magnésium (Magnésite et dolomites) (Debieche, 2002). Il constitue un élément significatif de la dureté de l'eau.

➤ Détermination de magnésium

La différence entre la dureté totale et la dureté calcique donne directement la dureté magnésium de l'eau analysée (Rodier, 2009).

$$\text{TH} \times 10 = \frac{\text{Ca}}{0.4} + \frac{\text{Mg}}{0.24}$$

$$[\text{Mg}] = \left[(\text{TH} \times 10) - \frac{\text{Ca}}{0.4} \right] 0.24$$

d- Détermination des chlorures (Cl⁻) (ISO, 9297)

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme des sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans des régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels. Chacune de ces sources de pollution peut contaminer localement les eaux souterraines et les eaux superficielles (Chaoui, 2007).

Un surdosage en chlorure dans l'eau, peut être à l'origine d'une saveur désagréable surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Au-delà d'une concentration de 200mg/l de chlorure, des risques peuvent s'apercevoir sur le plan sanitaire (Bouziani, 2000).

➤ **Méthode argentimétrique (Norme NF T90-014)**

➤ **Principe**

Les ions chlorures sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ion d'argent, forme un précipité rouge. A l'aide d'une pipette jaugée, introduire 100ml d'eau à analyser dans un Erlenmeyer de 250ml. Vérifier phénolphtaléine, autrement dite l'absence de coloration rose après ajout de 2à3gouttes de cet indicateur. Ajouter 1ml de chromate de potassium et doser par l' AgNO_3 jusqu'au virage à la teinte brunâtres. Noter le volume versée V_{AgNO_3} ml (**Rejsek, 2002**).



Avant le titrage



Après le titrage

Figure 23: Détermination de chlorure.

Expression des résultats

La concentration de chlorure, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$[Cl] = \frac{(V_s - V_b)}{V_a} C.f$$

$$[Cl] = \frac{(V_s - V_b)}{100} 0.02 \times 35453$$

$$[Cl] = (V_s - V_b) 7.0906$$

[Cl] : La concentration de chlorure.

Va : Le volume d'échantillon pour essai (maximum 100ml).

Vb : Le volume de solution de Nitrate d'argent (AgNO_3) utilisée pour le titrage du blanc (eau distillée).

Vs : Le volume de solution de Nitrate d'argent (AgNO_3) utilisée pour le titrage de l'échantillon.

C : La concentration réelle exprimée en mole d' AgNO_3 par litre (0.02mol/l).

f : Le facteur de conversion $f= 35453 \text{ mg/mol}$.

7. Méthode d'analyses bactériologiques

7.1. Principe de la technique de la membrane filtrante

C'est la plus utilisable au laboratoire, elle est applicable à toutes les eaux et en particulier à celles contenant une faible quantité de matière en suspension et un nombre relativement faible de germes. Généralement, on procède à une filtration par un appareil de filtration sur membrane. La membrane est en esters de cellulose, de porosité $0,45/0,22\mu\text{m}$, susceptible de retenir les bactéries. Un échantillon de 100ml d'eau est filtré sur cette membrane, et est déposé à la surface d'un milieu gélosé. Après l'incubation, on compte le nombre de colonies exprimé en UFC/ 100mL (Rodier, 2009).



Figure 24: Rampe à filtration.

Mode opératoire

a-Dénombrement des coliformes totaux et fécaux (ISO9308-1, NF T 90-413)

Verser 100ml de l'échantillon est filtré aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de 0,45µm de porosité. Cette membrane est déposée sur le milieu gélosé tergitol 7TTC.

- Les boîtes des coliformes totaux, sont incubées à 37°C pendant 24h.
- Les boîtes des coliformes fécaux, sont incubées à 44°C pendant 24h.

Lecture et interprétation

Après la période d'incubation spécifiée, les bactéries apparaissent sous forme des petits colonies lisses légèrement bombées à contour réguliers et pigmentées en jaune ou jaune orangé.

➤ Confirmation :

- Repiquage des colonies typique au moins 05 sur gélose TSA à 37° Pendant 24h, puis faire l'essai à l'oxydase. Si la réaction est positive, la coloration est bleu violette foncée. Si l'oxydase est négative, c'est une bactérie coliforme.
- On a recherché les coliformes dans un bouillon tryptophane à 44° Pendant 24h.
- Après 24h, on a ajouté des gouttes (0,2-0,3ml) de Kovac, la présence d'une coloration rouge à la surface du bouillant traduit la production d'indole, on considère comme *E.coli* toute colonie d'oxydase(-) et indole (+).

Ensuite on calcule le nombre des bactéries coliformes à part et de *E.coli* selon l'équation suivant :

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

b : nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boîte.

A : nombre de colonies répliqués.

c : nombre totale de colonies trouvées dans la boîte.

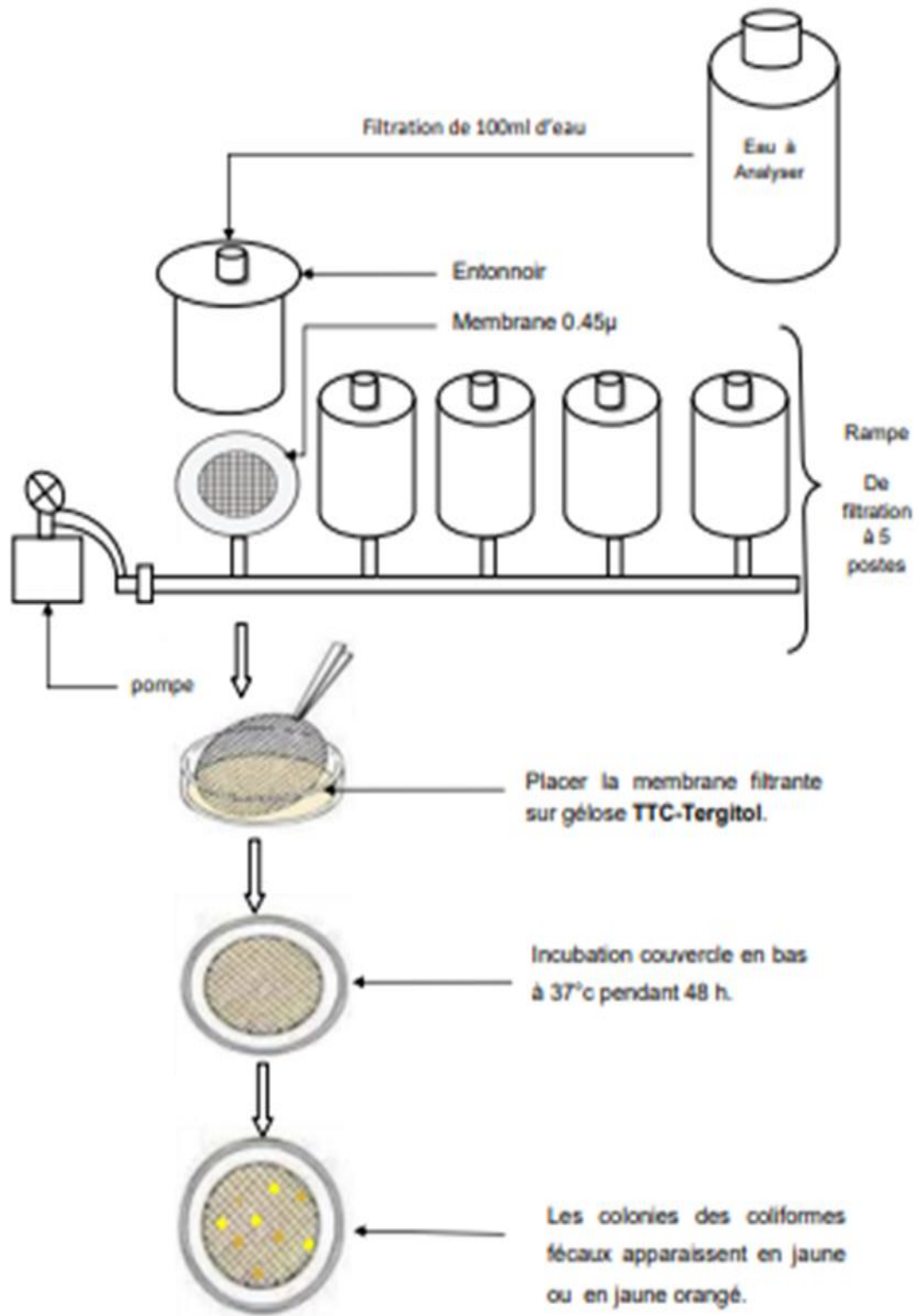


Figure 25: Protocole expérimental de recherche et dénombrement des coliformes totaux (filtration membranaire).

b-Dénombrement des streptocoques fécaux (NA ISO7899-2)

Verser 100ml d'eau est filtrée aseptiquement sur une membrane de nitrocellulose de 0,45 μ m de porosité. La membrane est déposée sur le milieu Stalenz et Bertley. Les boites sont incubées à 37°C pendant 48h. S'il y a des colonies typiques présentant une couleur rouge, a marron, on doit confirmer par transférer les colonies sur des boites de milieu BEA, préchauffé à 44°C. Incuber à (44 \pm 0,5) °C pendant 2h. Considérer comme positives, toutes les colonies donnant une couleur verte vers le noire dans le milieu.

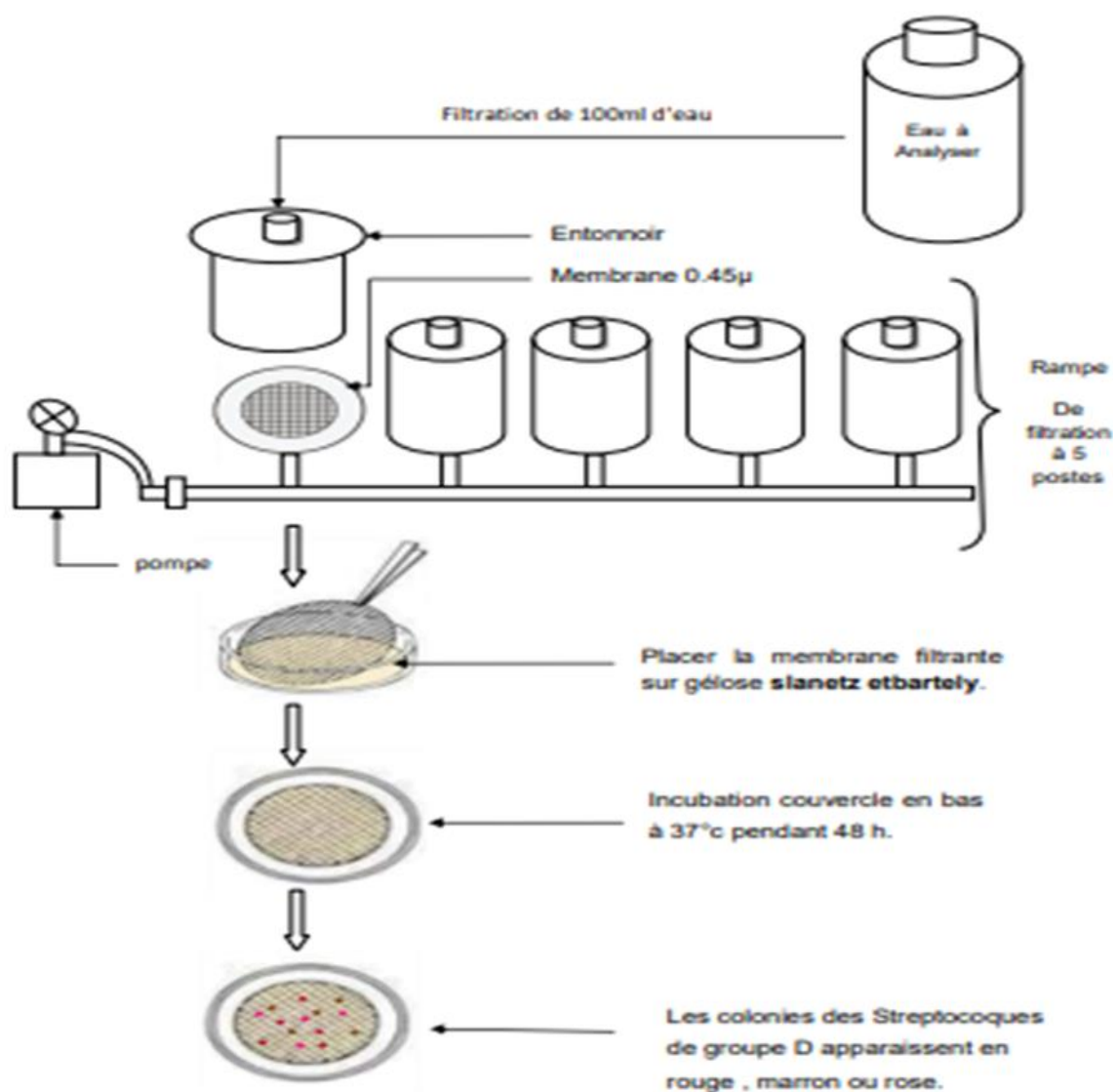


Figure 26: Protocole expérimental de recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux (filtration membranaire).

c-Dénombrement des anaérobies sulfito- réducteurs (NF EN 26461-2)

On filtre sur une membrane stérile de 0,22 μ m de porosité ,100ml de échantillon d'eau est on dépose la membrane sur la boîte de pétri, face retournée sur la gélose TSC, en évitant tout incorporation d'air. Puis on incube à 37°C pendant 48h.

Lecture des résultats

on fait la 1^{ère} lecture après 24h et la 2^{ème} après 48h, en considérant toute colonies noire comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfito-réductrice.

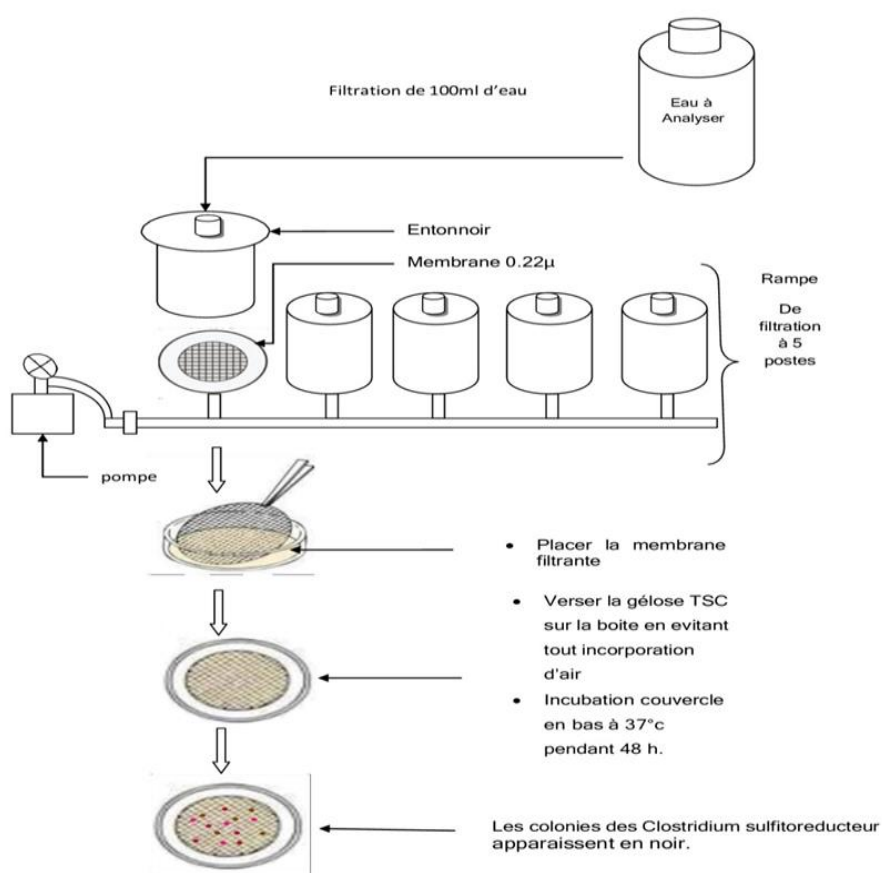


Figure 27: Protocole expérimental de recherche et dénombrement des *Clostridium sulfitoréducteur* (filtration membranaire).

➤ **Principe de la technique de l'incorporation en gélose**

Les milieux gélosés sont liquéfiés au bain marie bouillant, 1ml de l'échantillon d'eau est introduit au centre de la boîte de pétri posée bien à plat dans la zone de protection du bec bunsen. L'inoculum peut être réparti en goutte sur le fond de la boîte, la méthode est fréquemment utilisée pour la recherche des bactéries aérobies revivifiables, elle consiste à mélanger dans une boîte de pétri 1mL d'échantillon et un volume de milieu gélosé de PCA ou TGEA, fondu et ramené à une température appropriée (Rodier, 2009).

Mode opératoire

d- Dénombrement des microorganismes revivifiables à 22 et 37°C (NA ISO 6222)

La première étape consiste à liquéfier la gélose à 45-50°C dans le bain marie, on introduit 1mL d'échantillon d'eau à analyser à l'intérieur des boîtes pétri stérilisées puis on coule la gélose dans ces dernières et on les laisse solidifier après une agitation lente. Les conditions d'incubation sont :

- 22°C pendant 72h : on trouve les bactéries adaptées à la température de l'eau.
 - 37°C pendant 48h : on trouve les bactéries pathogènes, qui se développent à la température du corps humain.
- **Lecture des résultats** : après incubation, les boîtes ayant un nombre de colonies entre 30 et 300 sont seulement pris en considération. Le dénombrement des colonies est effectué par l'œil nu, nos résultats sont exprimés en UFC/mL.

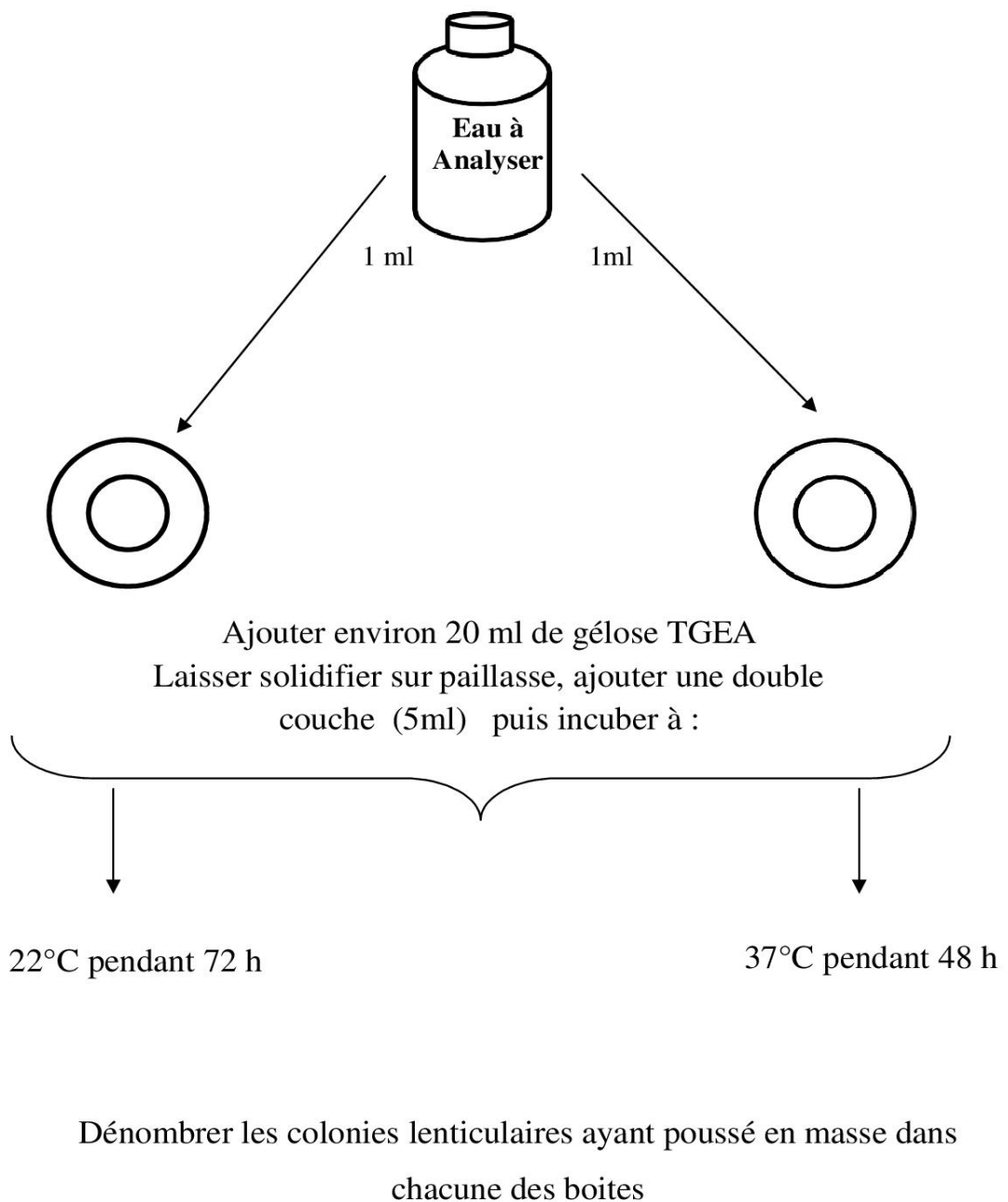


Figure 28: Recherche et dénombrement des germes totaux.

7.2. Méthode par ensemencement en milieu liquide (NPP)**➤ Principe**

Cette méthode est une estimation statistique du nombre des microorganismes supposées distribués dans l'eau de manière parfaitement aléatoire.

L'estimation de la densité bactérienne est obtenus par application du principe de vraisemblance, à partir de réponses positifs observées pour une ou plusieurs dilutions successives de la suspension bactérienne originelle dans des milieux de culture liquides. Il s'agit d'une méthode quantique et non pas énumératif.

a-Recherche et dénombrement des coliformes (NF T 90-413, JORA n°58 15october 2017)

La colimétrie consiste à déceler et dénombrer les germes coliformes dont les coliformes fécaux, « notamment d'origine fécale ».Elle se réalise en deux étapes :

- Recherche présomptive des coliformes totaux.
- Recherche confirmative des coliformes totaux et coliformes fécaux.

Mode opératoire**➤ Test présomptif**

Il est effectué en utilisant le Bouillant Lactosé au Bromocrésol Pourpre (BCPL) ; en simple et double concentrations, on agite pour homogénéiser sans faire pénétrer d'air dans la cloche de Durham puis nous plaçons les tubes dans une étuve à 37°C pendant 48h. Ensuite nous procédant la 1^{ère} lecture après cette incubation, sont considérés comme positifs, les tubes ou il se produit simultanément un trouble dans tout la masse liquide et un dégagement de gaz dans la cloche. Nous avons noté le nombre de tube positifs dans chaque série et nous sommes reportés aux table Mac- Grady pour obtenir le nombre de coliformes totaux présents dans 100mL de l'échantillon.

➤ **Test confirmatif « Recherche *d'E.coli* »**

A partir de chaque tube positif de milieu BCPL pour la recherche des coliformes totaux, nous avonsensemencé 4à 5 gouttes dans un milieu de Schubert muni d'une cloche de Durham, que nous avons placé dans une étuve à 44°C pendant 24h.

Les tubes qui présentent un trouble bactérien et un dégagement de gaz dans la cloche de Durham confirment la présence de coliformes fécaux.

Les tubes positifs de bouillon de Schubert, additionnés au réactif de Kovacs se caractérisent par un anneau rouge cerise témoin de la production d'indole et donc de la présence *d'E.coli*.

Expression des résultats

Nous notons le nombre de tubes positifs dans chaque série et nous reportons à la table de Mac- Grady pour obtenir le nombre de coliforme totaux et *d'E.coli* présent dans 100mL de l'échantillon (**Rodier et al., 2005**).

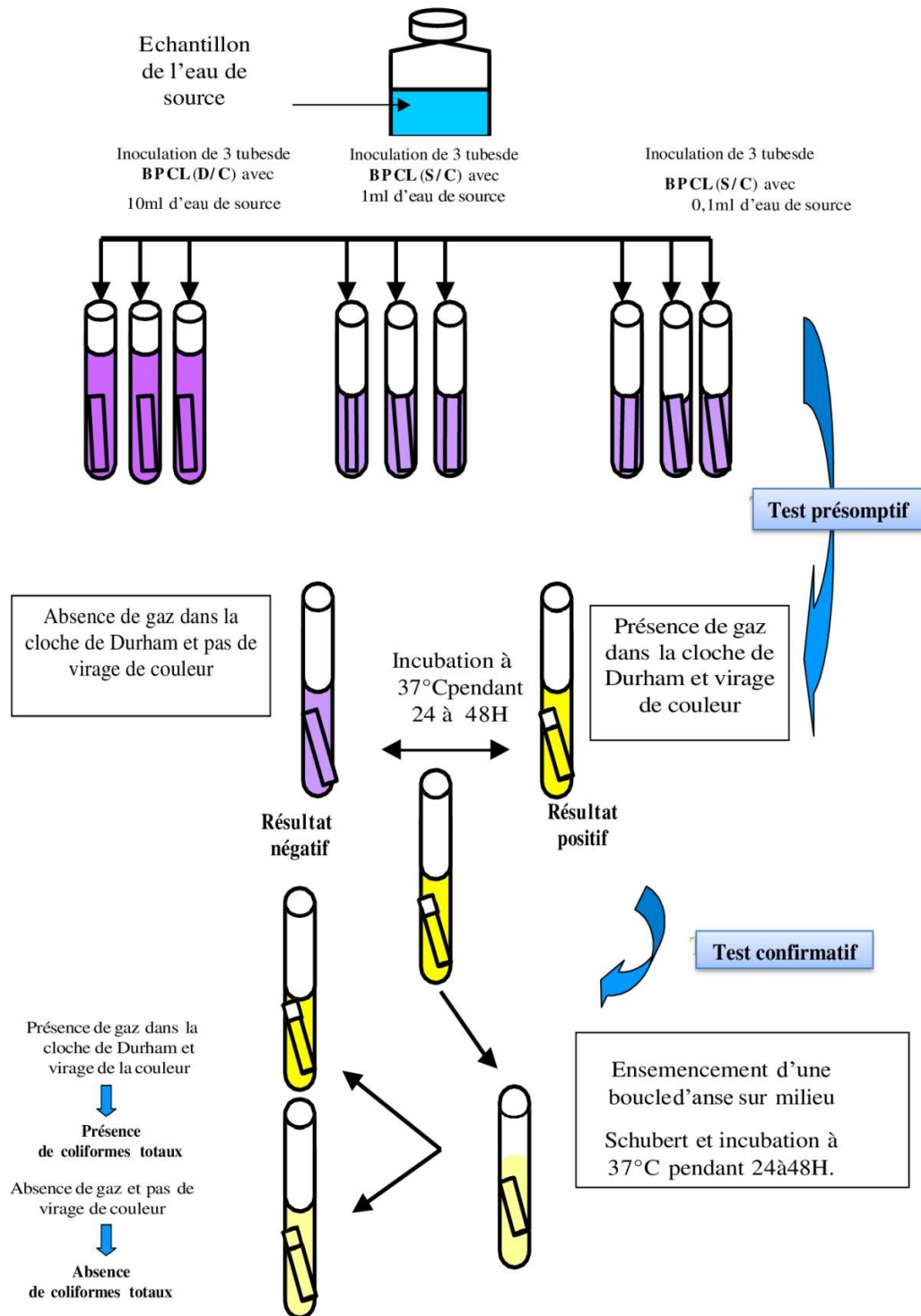


Figure 29: Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

b-Dénombrement des streptocoques fécaux (NF T 90-411)

La recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux se fait par deux tests : le test présomptif sur le milieu de Rothe et le test confirmatif sur le milieu Eva Litsky. L'incubation se fait à 37°C pendant 24h à 48h. La présence des streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition d'un trouble microbien dans tout le milieu Rothe et éventuellement par la formation d'une pastille violette dans le fond du tube du milieu Eva Litsky.

Mode opératoire**➤ Test présomptif**

On ensemence 5 tubes de 10mL de bouillon Rothe à double concentration (D/C) avec 10mL de l'échantillon , 1 tube de 10mL de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 1mL de l'échantillon et 1 tube de 10mL de bouillon Rothe à simple concentration (S/C) avec 0,1mL de l'échantillon. Puis on a homogénéisé soigneusement, par agitation, le contenu des tubes en s'assurant, une fois celle-ci terminée, que la teinte du bouillon est uniforme en haut et bas du tube, de façon à ce que la concentration en inhibiteur soit identique en tous points.

On a incubé les tubes à 37°C et la lecture est faite après 24 et 48h. Les tubes présentant un trouble microbien pendant cette période sont présumés contenir un streptocoque fécal et sont soumis au test confirmatif.

➤ Test confirmatif

Après agitation des tubes positifs, on prélève sur chacun d'eux successivement quelques gouttes avec pipette pasteur, et on les a reporté dans des tubes du milieu de Litsky à l'éthyl violet et azide de sodium. Après incubation à 37°C pendant 24h, tous les tubes présentant une culture et un jaunissement ont été considérés comme positifs. Parfois, la culture s'agglomère au fond du tube en fixant le colorant et en formant une pastille violette de signification identique à celle du trouble.

Expression des résultats

Nous notons le nombre de tube positifs dans chaque série puis on s'est reporté à la table de Mac-Grady pour connaître le nombre des streptocoques fécaux présents dans 100ml de l'échantillon (**Rodier et al., 2009**).

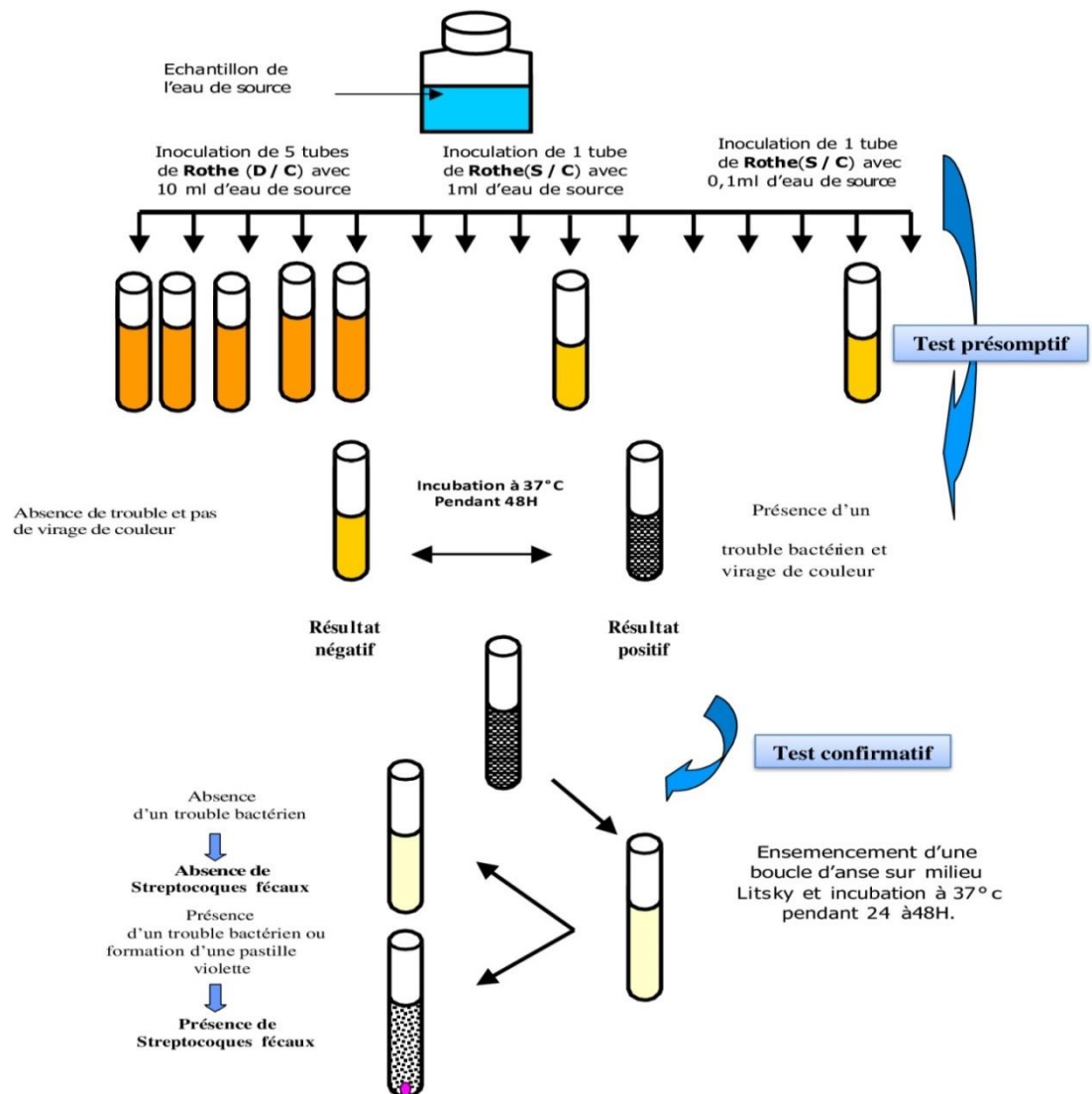


Figure 30: Protocole expérimentale de la recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

c- Dénombrement des anaérobies sulfite réducteurs (NF T90-415)

Les anaérobies sulfite réducteurs (ASR) se présentent sous forme des bactéries Gram+, se développent en 24 à 48h sur une gélose viande foie (VF) en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_4) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de (Fe^{2+}) donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne (**Rejsek, 2002**).

Mode opératoire**➤ Destruction des formes végétatives**

On a placé 25mL d'eau à analyser dans un tube de 220×22mm. Puis on a porté le tube au bain marie à 80°C de façon à ce qu'il demeure dix minutes à cette température. Ensuite, on refroidi rapidement à environ 55°C.

➤ Préparation du milieu

On a placé quatre tubes de milieu viande- fois (contenant chacun 20mL de milieu) au bain d'eau bouillant pour assurer la fusion du milieu. Ensuite, on a maintenu 10 minutes dans ce bain d'eau pour assurer l'élimination des gaz dissous. Puis, on refroidi à 55°C environ. Après, on a ajouté à chaque à chaque tube 1ml de la solution de sulfite de sodium et 4 gouttes de la solution d'alun de fer. Enfin, on a mélangé sans faire des bulles d'air.

➤ Inoculation et incubation

Dans quatre tubes stériles, on est réparti 5mL d'eau de source pour détruire les formes végétatives. Puis, on a coulé dans chacun d'eux le contenu d'un tube de milieu, et mélangé doucement sans incorporer d'air. Ensuite, on a ajouté une couche de paraffine. On a fait une première lecture après l'incubation à 37°C pendant 24h et une deuxième après 48h.

Il est indispensable de procéder à une lecture dès les 24h : en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos peut conduire à une coloration noire uniforme du tube et tout dénombrement devient impossible aux 48h.

Par contre, s'il y a une faible quantité de colonies à la première lecture, et si les colonies sont petites, il peut y avoir un développement de nouvelles colonies dans les 24h suivantes.

Lecture et expression des résultats

Considérer comme résultat d'une spore de bactérie anaérobie sulfite réductrice toute une colonie noire entourée d'un halo noir. Exprimer le résultat en nombre de spore par 20ml d'eau à analyser (Rejsek, 2002).

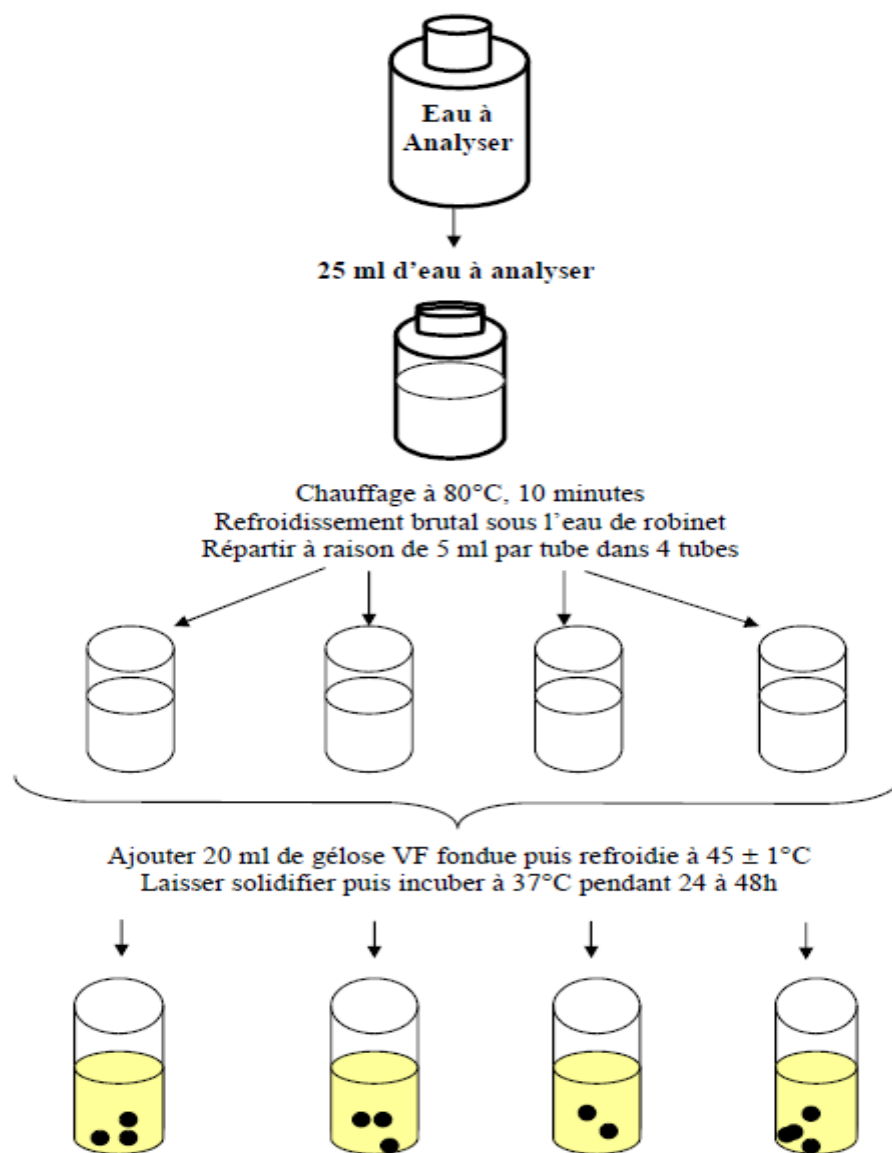


Figure 31: Recherche et dénombrement des spores d'anaérobies sulfite-réducteurs (ASR).

d-Dénombrement des germes totaux

Pour le dénombrement des germes totaux, la technique d'ensemencement en masse avec le milieu PCA. La recherche et dénombrement des germes revivifiables se réalise à deux températures différentes afin de cibler à la fois des microorganismes à tendance psychrophiles soit à 22°C et ceux mésophiles soit à 37°C (**Rejesk, 2002**).

Mode opératoire

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement 1mL en double dans le fond de deux boites de pétri vides, compléter en suit avec environ 15à 20mL de gélose PCA fondue, maintenue à 45°C. Agiter doucement par un mouvement circulaire et de va et vient en forme « 8 » pour assurer un mélange homogène de l'eau et de la gélose, sans faire des bulles d'air et sans mouiller les bords de la boite. Le milieu doit être coulé 10minutes au plus tard après reproduction de l'eau à analyser, laisser solidifier sur la palliasse.

Retourner les boites et incuber le premier à 37°C pendant 48h et le second à 22°C pendant 72h

Lecture des résultats

Les germes revivifiables se présentent dans les deux cas sous forme de colonies lenticulaire poussant en masse.

Le dénombrement

Il s'agit de dénombrer tous les colonies, en tenant compte des deux remarques suivantes :

- 1- Dénombrer les boites contenant entre 15 et 300 colonies.
- 2- Les résultats sont exprimé en en nombre de microorganisme revivifiables par mL d'eau à analyser à 22°Cet à 37°C.

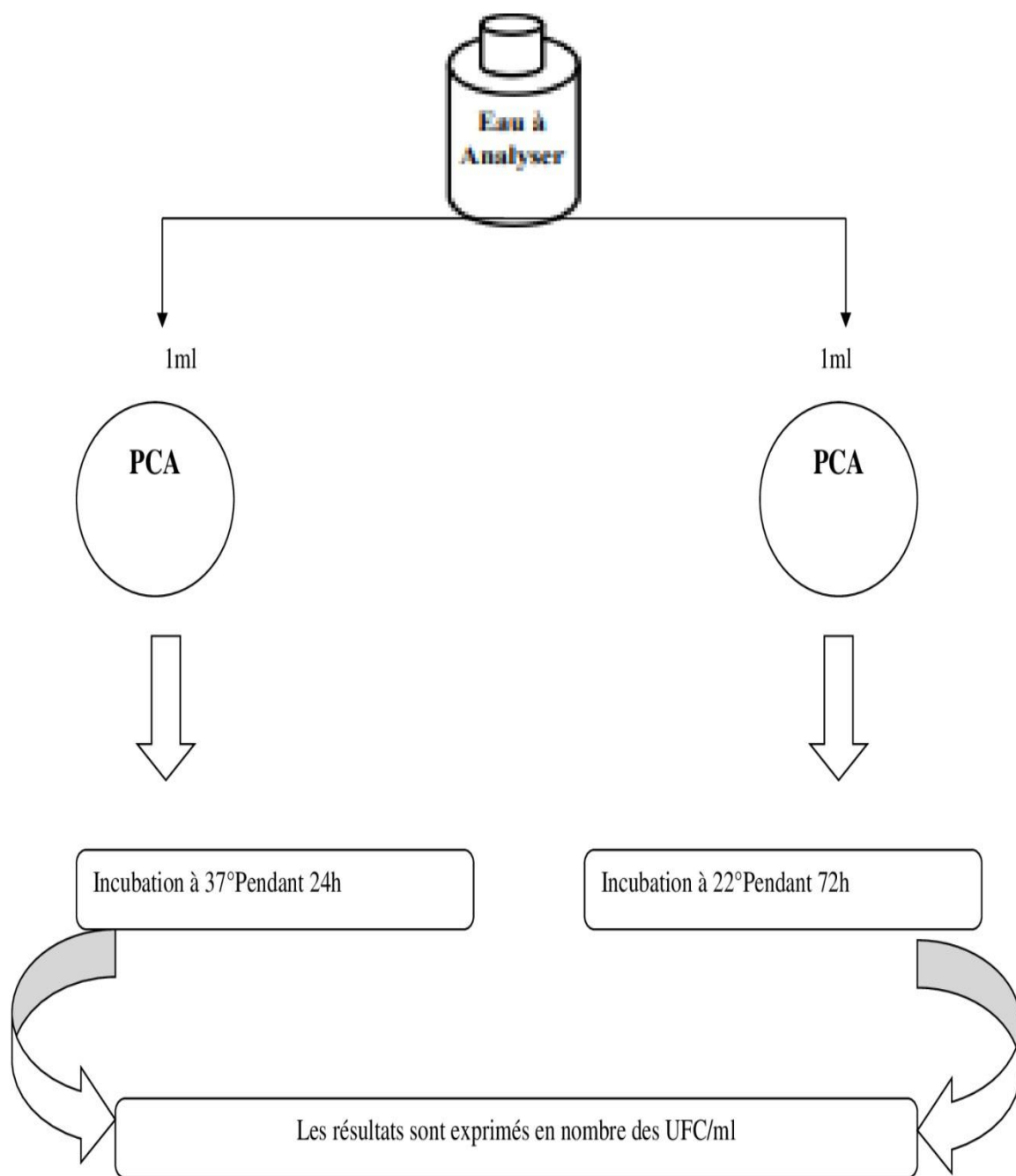


Figure 32: Recherche et dénombrement des germes totaux.

Chapitre IV

Résultats

1. Contexte climatologique

Le climat de l'Algérie a fait l'objet de nombreuses études analytiques et synthétiques notamment par **Seltzer (1946)** ; **Chaumont & Paquin (1971)** ; **Stewart (1975)** ; **Le Hauerou (1995)**. Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale et une saison froide et pluvieuse coïncidence avec une saison hivernale. Le climat intervient fortement dans la formation et l'évolution des sols, comme il joue un rôle essentiel dans la répartition et le développement des plantes.

Les paramètres climatiques retenus sont : la température, la précipitation, l'évaporation et les vents, en prenant en considération leurs interactions. L'intérêt de l'étude climatique envisagée est de démontrer dans quel contexte climatique se situe la zone d'étude par :

- La détermination de l'étage climatique à partir de climogramme **d'Emberger (1955)**.
- La détermination de la période de la sécheresse par la baie de diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gaussen (1953)**.

Les données climatiques de station les plus représentatives de la région d'Ain sefra nous été fournis par l'**O.N.M**. Le tableau suivant mentionne les principales caractéristiques de station de référence.

Tableau 2: Principales caractéristiques de la station d'Ain sefra
(*Conservation des forêts, 2020*).

Station	Latitude	Longitude	Altitude
Ain sefra	32°16'N	00°36'W	1058 m

1.1. Etude des paramètres climatiques

a-Précipitations

Sur les plans physique et naturel, les précipitations constituent le premier facteur de contrainte pour tout la région des hautes plateaux .En effet, le régime pluviométrique se caractérise par une précipitation annuelle très faible (compris entre 100 et 300 mm en moyenne).

➤ Répartition des précipitations moyennes mensuelles

On a pris les valeurs mensuelles moyennes des précipitations de la période (1992-2018)

D'après la *Figure 33*, on constate que :

- Le mois le plus pluvieux est celui de octobre, avec une valeur de 32.28mm.
- Le mois le plus sec est celui de juillet avec une valeur extrême de 4.26mm.

Tableau 3: Valeurs des précipitations mensuelles (*Conservation des forêts, 2020*).

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	AT	S	O	N	D
P (mm)	20.11	10.78	22.7	17.23	19.23	8.16	4.26	15.32	21.4	32.28	21.63	10.46

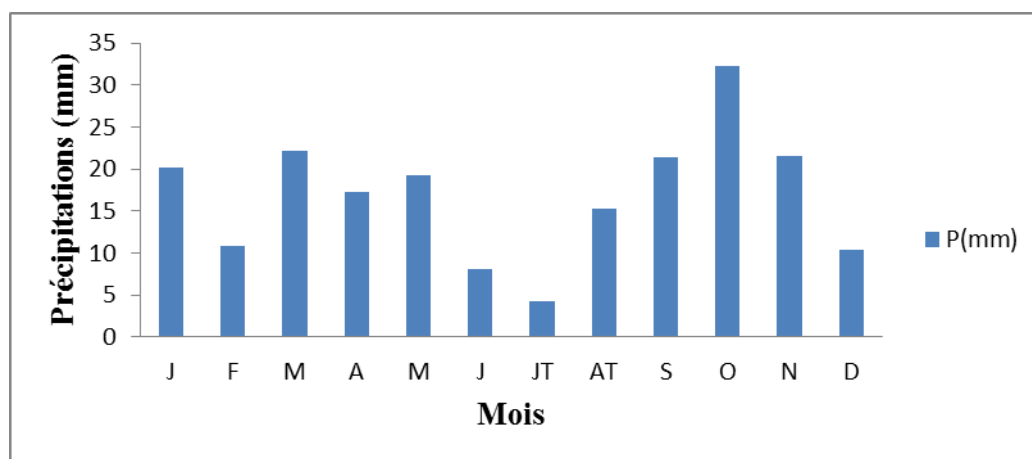


Figure 33: Variation des précipitations mensuelles (*Conservation des forêts, 2020*).

➤ Répartition des précipitations saisonnières

D'après la *Figure 34*, on remarque que la saison la plus humide est celle d'automne tandis que la plus sèche est celle d'été.

Tableau 4: Régime saisonnier des précipitations au niveau de la station d'Ain sefra, durant la période (1992-2018) (*Conservation des forêts,2020*).

Station	Été	Automne	Hiver	Printemps	Régime
Ain sefra	27.74	75.31	41.35	59.16	APHE

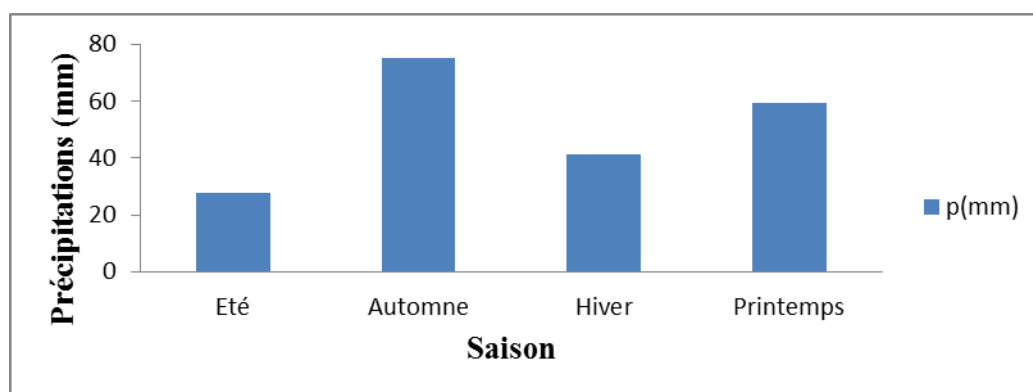


Figure 34: Variations des précipitations saisonnières (Conservation des forêts, 2020).

b- Températures

La température, le second facteur constitutif du climat influe sur le développement de la végétation. Ce sont des températures extrêmes plus que les moyennes qui ont une influence sur la végétation, sauf si elles sont exceptionnelles et de court durée Greco, (1966).

La répartition de la température moyenne mensuelle permet de considérer le mois de décembre le plus froid (2.3°C), le mois de juillet le plus chaud (29.95°C).

Tableau 5: Valeurs moyenne mensuelles de la température (Conservation des forêts, 2020).

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	AT	S	O	N	D
Min°C	1.1	2.5	5.9	9.4	18.1	18.4	21.8	20.9	24.1	18.6	12.1	8.4
Max°C	13.6	13	19.5	23.5	28.1	33.8	38	36.7	31.4	25.5	18.5	14.5
Moy°C	7.4	7.7	12.7	16.5	23.1	26.1	29.9	28.8	16.8	11.7	5.7	2.3

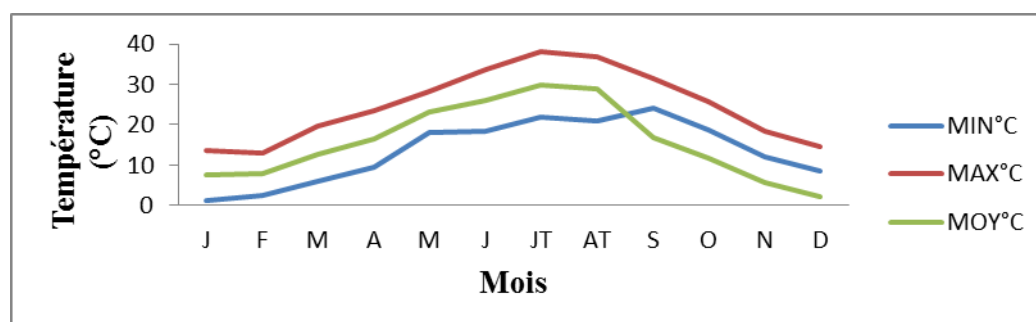


Figure 35: Variation des températures mensuelles de station d'Ain sefra en °C entre (1992-2018) (Conservation des forêts, 2020).

1.2. Synthèse climatique

1.2.1. Amplitude thermique moyenne et indice de continentalité

L'amplitude thermique moyenne extrême (M-m) est un indice climatique très important car il permet de définir à partir de ce qu'on appelle « indice de continentalité » si la zone sous influence maritime ou continentale.

Tableau 6: *Indice de continentalité de la zone d'étude durant la période de référence (Conservation des forêts, 2020).*

Station	M°C	m°C	(M-m)°C	Type de climat
Ain-Sefra	38.08	1.16	36.92	Continental

La classification thermique des climats proposée par **Debrach, 1953** est fondée sur l'amplitude M-m :

- Climat insulaire : $M-m < 15^{\circ}\text{C}$
- Climat littoral : $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$
- Climat semi-continentale : $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$
- Climat continental : $M-m \geq 35^{\circ}\text{C}$

D'après la classification mentionnée ci-dessus on confirme que la station d'Ain sefra subit des influences continentales.

1.2.2. Indice de sécheresse estivale

Selon **Emberger**, l'indice de sécheresse estivale (I.e) est le rapport entre les valeurs moyennes de précipitations estivales (P.E) et la moyenne maximale du mois le plus chaud « M » (°C).

$$I.e. = P.E / M$$

Tableau 7 : *Indice de sécheresse estivale (1992-2018)*

(Conservation des forêts, 2020).

Station	P.E	M (°C)	I.e.
Ain Sefra	27.74	38.08	0.72

Il ressort du **Tableau 7** que l'indice de sécheresse calculé est inférieur à 5, ce qui indique selon la grille de **Daget (1977)** l'apparence de la station d'Ain sefra au climat méditerranéen à sécheresse estivale bien marquée.

1.2.3. Indice d'aridité de DE MORTONNE

Selon **DE MARTONNE (1926)**, l'indice d'aridité est utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse ; il est exprimé par la relation : $I = P / (T+10)$

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

T : Température moyenne annuelle en (°C).

Il est d'autant plus grand que le climat est humide.

Tableau 8: Indice de De Martonne (Conservation des forêts, 2020).

Station	Indice	Type de climat
Ain Sefra	7.27	Climat désertique

2. Etude de climat

Pour l'étude de climat, il existe des différentes méthodes qui sont basées sur la détermination d'indices qui permettent de caractériser le type du climat de la région à partir des précipitations et des températures.

➤ Méthode de Gaussen et Banglous

Pour **Gaussen** et **Bagnouls**, un mois sec est celui où le total moyen des précipitations exprimées en (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne exprimés en degré Celsius (°C) ($P < 2T$).

Cette relation permet d'établir des diagrammes pluviométriques sur lesquels les températures sont portées à une échelle linéaire double de celle des précipitations.

La courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations pendant les mois secs et au-dessus de la courbe des températures pour les mois humides (**Bougufda, 2013**).

Tableau 9: Précipitations et températures moyennes mensuelles

(Conservation des forêts, 2020).

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	AT	S	O	N	D
P(mm)	20.1	10.7	22.7	17.2	19.2	8.1	4.2	15.3	21.4	32.2	21.6	10.4
T °C	7.4	7.7	12.7	16.5	23.1	26.1	29.9	28.8	16.8	11.7	5.7	2.3

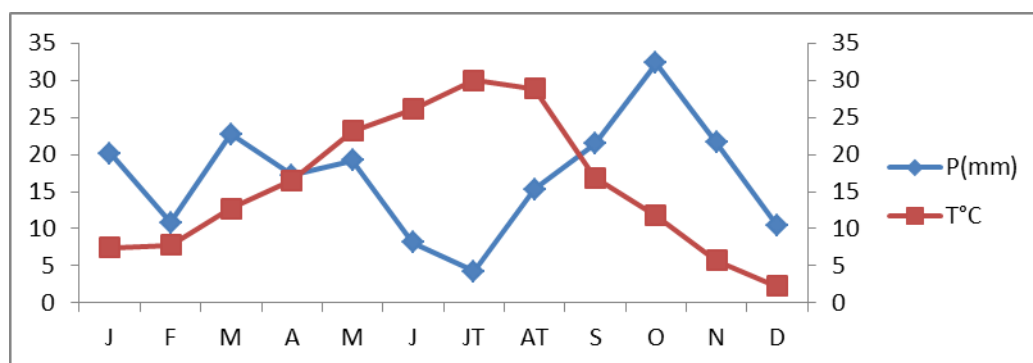


Figure 36: Diagramme de pluviométrie de la station d’Ain-Sefra

(Conservation des forêts, 2020).

On déduit du diagramme pluviométrique de la station d’Ain-Sefra que :

- La courbe des températures passe au – dessus au celle des précipitations pendant Mai, Juin, juillet et Aout, indiquant une période sèche.
- Pour les mois humides, la courbe de précipitations passe au- dessus de la courbe des températures pendant Septembre, Octobre, Décembre, Janvier, Février, Mars et Avril, indiquant une période humide.

➤ **Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger(1955)**

Le quotient d'Emberger est calculé par la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M_2 - m_2}$$

P : moyenne des précipitations annuelles (mm).

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud (°k).

m: moyenne des minima du mois le plus froid (°k).

$$T (^{\circ}k) = T ^{\circ}C + 273,2.$$

Tableau 10: Valeurs Q2 et étages bioclimatique (Conservation des forêts, 2020).

Station	Pluie (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂	Etage bioclimatique
Ain-Sefra (1992-2018)	203.56	38.08	1.16	18.82	Aride supérieur à Hiver frais

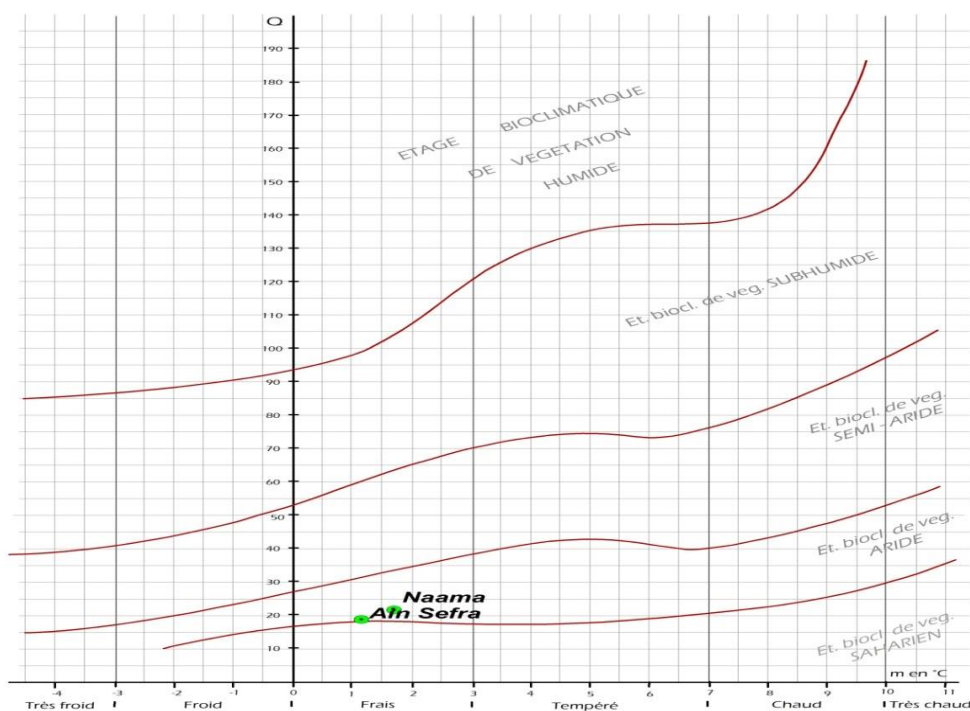


Figure 37: Diagramme d'EMBERGER (Daget, 1977)

(Conservation des forêts, 2020).

Selon plusieurs auteurs, l'impact des changements climatiques dont l'accentuation de l'aridité, sur le comportement de la végétation et de déclenchement des processus de la désertification set déterminantes (Zair, 2011).

3. Autres facteurs climatiques

3.1. Vents

Les vents du sud sont généralement secs et froids en hiver et deviennent très desséchants en été (Halitim, 1988). Le vent est un paramètre climatique qui influence sur le déplacement des fines particules de sable et accentue de ce fait le processus de désertification (Boukhari, 2016). La fréquence des vents est importante sur l'année avec une moyenne de 18 jours par mois. Les vents dominants sont de direction Nord (Nord, Nord-Ouest, Nord-Est), et représentent 48% de la fréquence totale. Les vents de direction Sud (Sud, Sud-ouest, Sud-Est), représentent 31.4%. Enfin les vents de direction Ouest sont respectivement de 16 et 4.6% (Mahmoudi, 2014).

*Tableau 11: Direction des vents selon leur fréquence en %
(Conservation des forêts, 2020).*

Direction	N	NE	NO	S	SE	SO	E	O
Fréquence	18	13	17	11	4,4	16	4,6	16
Total	48		31,4			4,6		16

3.2. Gelées

La gelée est un phénomène qui est défini comme étant un dépôt de cristaux de glace sur une surface, survenant lorsque la température minimale descend en dessous de 0°C (Benghari, 2011). La fréquence est exprimée en nombre de jours par an. La région de Naama subit des gelées importantes en hiver et même en printemps à raison de 40 jours par année (Mahmoudi, 2014). Ces gelées constituent un facteur limitant pour les pratiques agricoles et une contrainte pour la végétation sensible et notamment ceux à floraison précoce. Ce qui impose la prise en compte de cette période gélive lors de l'élaboration du calendrier cultural principalement pour les cultures légumières de plein champ et l'arboriculture à floraison précoce.

3.3. Grêles et Neiges

Les grêles et les neiges sont pratiquement présents chaque année. Elles sont enregistrées entre les mois de Décembre et Février à raison de 12 à 17 jours /an. Le froid est sévère en hiver, au point d'enregistrer des chutes de neiges. Cet enneigement est considéré à la fois comme facteur favorable et comme facteur contraignant pour la survie des espèces animales et végétales (Mahmoudi, 2014).

Afin d'évaluer la qualité de l'eau des quatre sources considérées, différentes analyses physico-chimiques et bactériologies ont été examinées au sein du laboratoire de l'ADE (Naama) et le laboratoire pédagogique de microbiologie du centre universitaire Salhi Ahmed (Naama).

4. Analyses physicochimiques

a-Paramètres physiques

➤ Température (T°C)

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet celle-ci joue un rôle important dans la solubilité des gaz, dans la dissociation des sels et dans la détermination du pH, pour la compréhension de l'origine de l'eau et les mélanges éventuels. En outre, cette mesure est très utile pour les études limnologiques (Rodier et al., 2005).

Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS, 1994). Par contre une température inférieure à 10°C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier et al., 2009).

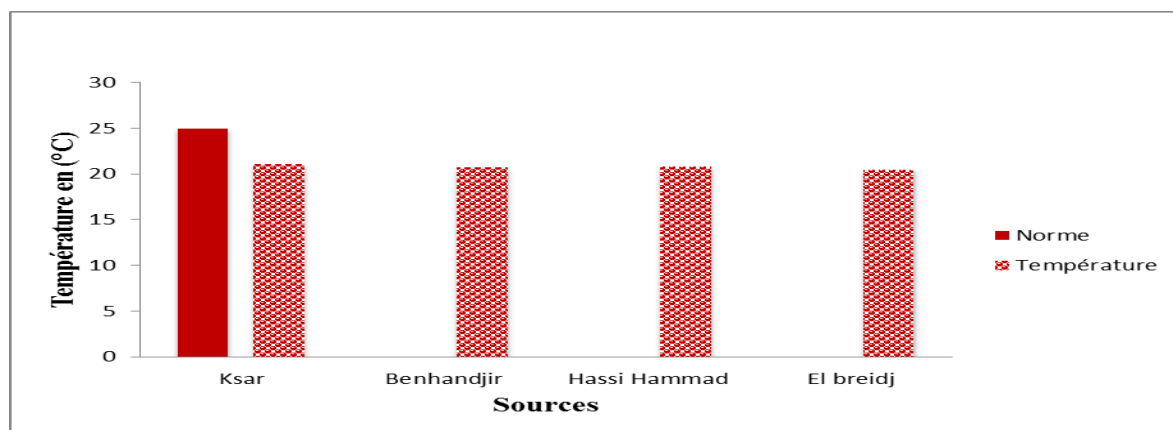


Figure 38 : Valeurs de mesure de la température de l'eau dans les quatre sources étudiées.

Les résultats des prélèvements des températures de nos échantillons affichés sur la figure 38 montrent des valeurs comprises entre 19.5 et 21°C avec une moyenne de 20°C.

➤ Potentiel hydrogène (pH)

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes H^+ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des différentes causes en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels (Rodier et al., 2009). Les valeurs limites du pH sont comprises entre 6,5 et 9 (JORA, 2011). Au-dessous de ce seuil l'eau est dite « agressive », elle a un effet corrosif sur les canalisations et peut mener à la dissolution de certains métaux toxiques tels que le plomb des conduites (Savary, 2010; Bouziani, 2000).

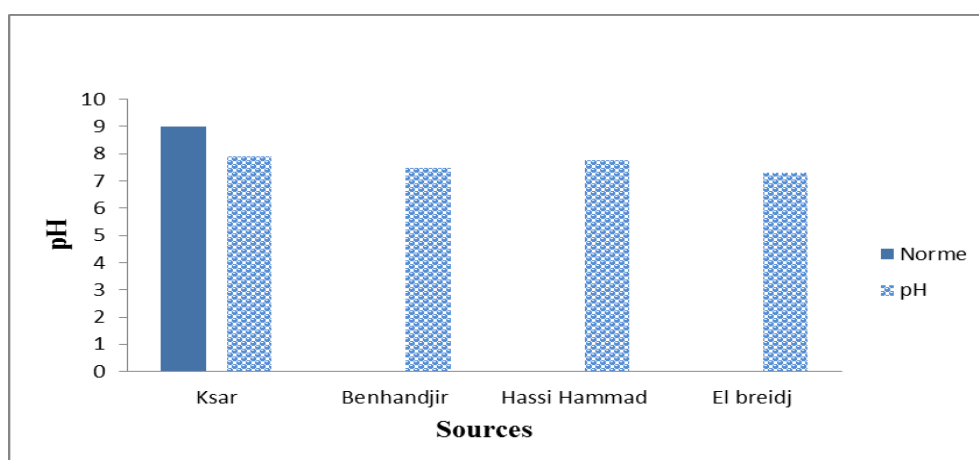


Figure 39 : Mesures de pH pour les quatre sources d'eau.

La lecture des résultats du prélèvement du pH pour nos différents échantillons affichée sur la figure 39 révéla des pH neutres s'échelonnant dans l'intervalle de pH compris entre 7.31 et 7.92.

➤ Turbidité

C'est le premier paramètre perçu par le consommateur (Andriamiradis, 2005). La turbidité est la réduction de la transparence de l'eau due à la présence de matière non dissoute (débris organiques, argiles, organismes microscopiques ...) (Rodier et al., 2009). Une forte turbidité de l'eau révèle la précipitation de fer, aluminium ou manganèse due à une oxydation dans le réseau (Jean, 2002), et favorise aussi la fixation et la multiplication des micro-organismes, rendant sa qualité bactériologique suspecte (OMS, 2004). Selon Desjardins (1990); Kettab (1992); Boeglin (2000), parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité.

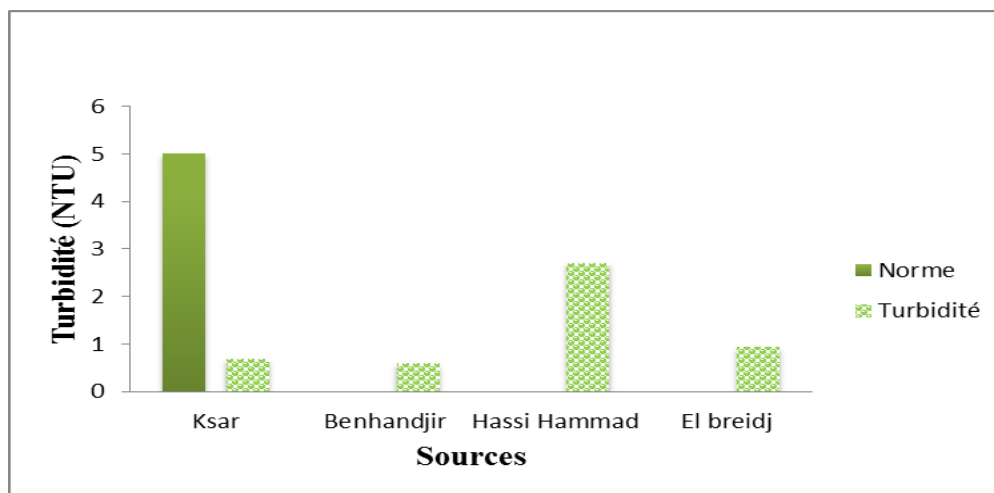


Figure 40: Mesures de la turbidité dans les quatre sources d'eau.

Les valeurs de turbidité de nos différents échantillons varient entre 0.6 à 2.72 NTU pour les quatre sources.

➤ Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique ; Elle détermine la teneur globale des minéraux présent dans une solution : une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire une eau dite dure affichera une conductivité élevée. Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (**Bremaude et al., 2006**).

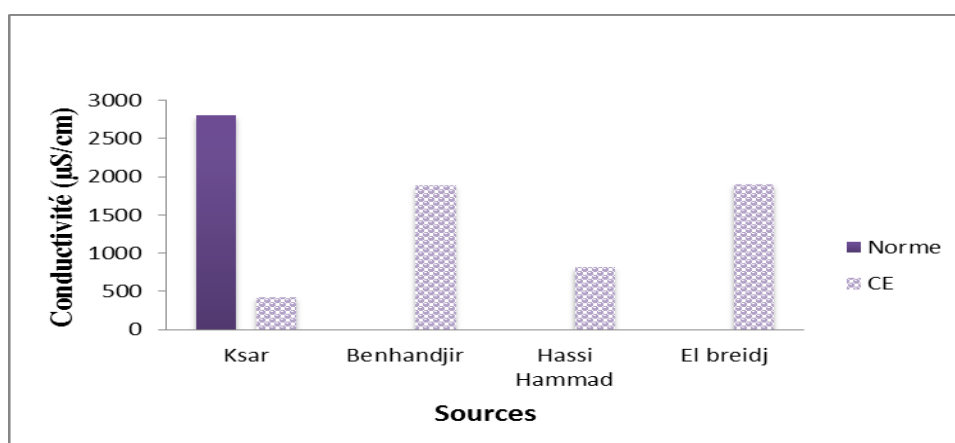


Figure 41: Mesures de la conductivité dans les quatre sources d'eau.

D'une façon générale la conductivité électrique de l'ensemble de nos échantillons s'est avérés au-dessous du seuil préconisé par la norme Algérienne.

Les résultats de mesure de la conductivité électrique pour nos échantillons montrent une nette variabilité avec des valeurs minimale de $423\mu\text{S}/\text{cm}$ pour l'eau du Ksar et des valeurs maximale de $1906\mu\text{S}/\text{cm}$ pour la source Elbreidj.

b- Paramètres chimiques

➤ Dureté totale (TH)

La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (Hakmi, 2006). Ce paramètre présente une grande variation qui serait liée à la nature lithologique de la formation aquifère (Ghazali et Zaid, 2013). Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrains gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de $\text{CaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ (Rodier et al., 2005; Figarella et Leyral, 2002).

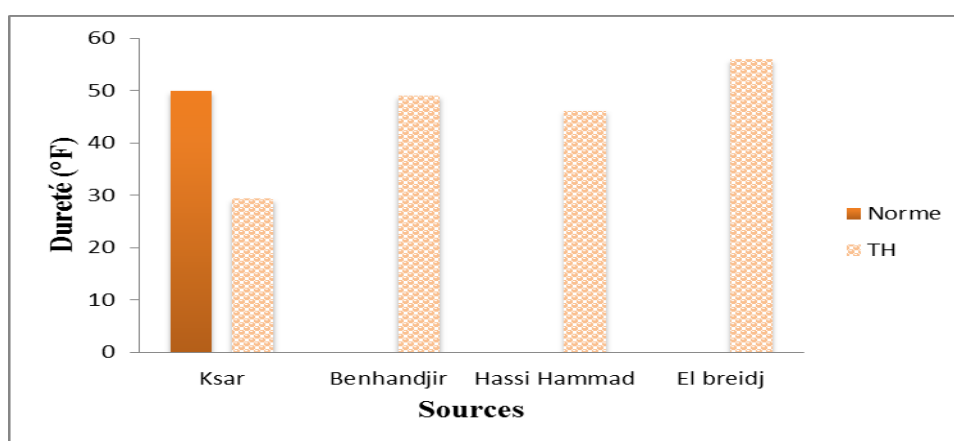


Figure 42: Mesures de la dureté dans les quatre sources d'eau.

Le premier constat dressé par la figure 42 montre que nos échantillons ont des valeurs très considérables en matière de dureté totale.

Les valeurs enregistrées se sont échelonnées dans l'intervalle compris entre (30 et 56°F) ce qui nous permet les qualifier comme une eau dure.

Eléments majeurs de la pollution

➤ Calcium (Ca^{2+})

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (Benamar et al., 2011). C'est un métal alcalino-terreux très répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. Il existe principalement à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure...etc (Rodier et al., 2005).

Le calcium est aussi fréquent dans les roches sédimentaires. Il peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$) qui sont facilement solubles (Sedrati, 2011).

Le calcium ne pose pas des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage (Gaujour, 1995).

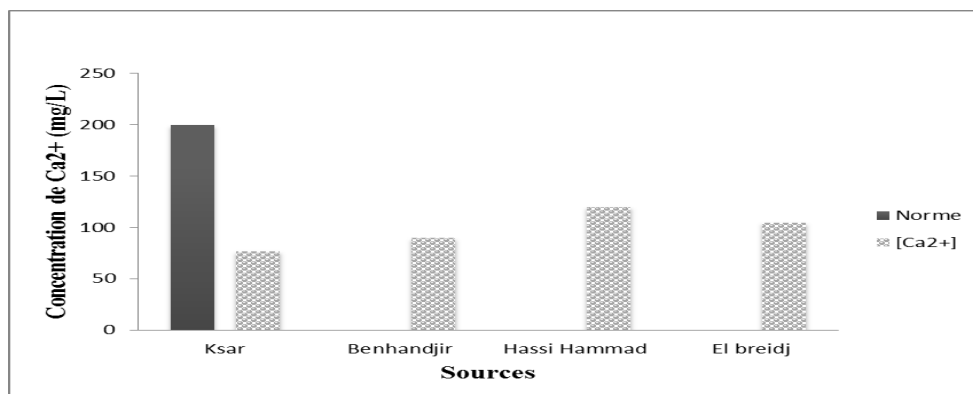


Figure 43: Concentrations de Ca^{2+} dans les quatre sources étudiées.

La Figure 43 affiché les concentrations en Ca^{2+} des échantillons analysés. Les valeurs enregistrées sont au-dessous seuil de la norme avec des valeurs 76.96 mg/L et 120.26mg/L respectivement pour les sources 1 (Ksar) et 3 (Hassi Hammad).

➤ Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium constitue l'élément significatif de la dureté de l'eau avec les ions calcium, c'est l'un des éléments les plus répandus dans la nature (Rodier et al., 2009). La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg^{++} (Dib, 2009). Son abondance géologique, sa grande solubilité, sa large utilisation industrielle font que les teneurs dans l'eau peuvent être importants (SEVESC, 2013).

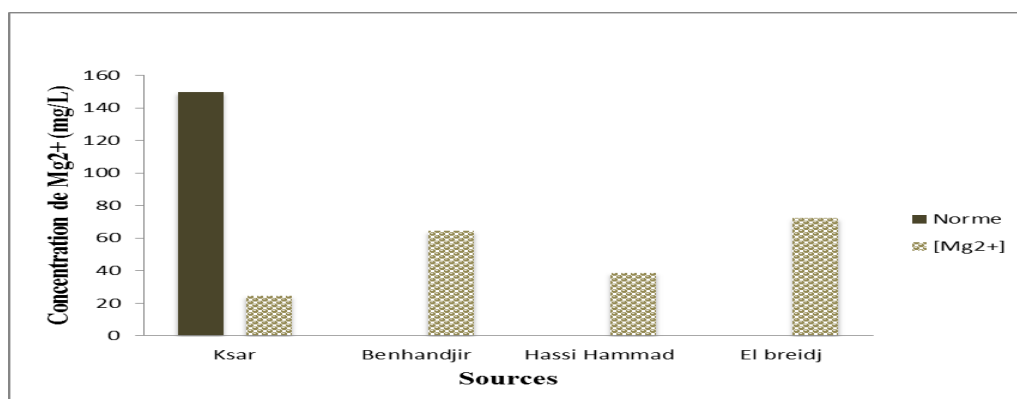


Figure44: Concentrations de Mg^{2+} dans les quatre sources étudiées.

Les valeurs du taux de Mg^{2+} enregistrées et affichées sur la figure 44 pour nos échantillons révèlent des taux inférieurs à la norme ($< 100mg/L$).

➤ Chlorure (Cl^-)

Les chlorures sont très répandus dans la nature généralement sous forme de sels de sodium ($NaCl$), de potassium (KCl) et de calcium ($CaCl_2$) (SEVESC, 2013). L'ion chlorure n'est pas adsorbé par les formations géologiques, reste très mobile et ne se combine pas facilement avec les éléments chimiques. Il constitue un bon indicateur de la pollution (Chaker et Slimani, 2014). Les teneurs en chlorures des eaux extrêmement variées sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de $250 mg.L^{-1}$ surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (Rodier et al., 2005).

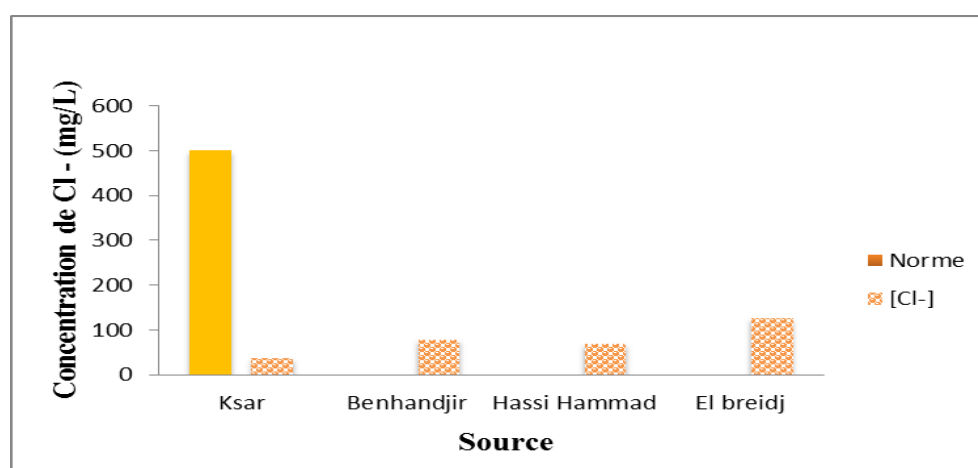


Figure45 : Concentrations de Cl^- dans les quatre sources étudiées.

L'évaluation des chlorures pour nos échantillons révèle des taux inférieurs à la norme préconisée ($500mg/L$), notons que l'échantillon 4 (Elbreidj) a affiché un taux de $127.61 mg/L$.

➤ Sodium (Na^+) et Potassium (K^+)

Le sodium est un élément dont les concentrations dans l'eau varient d'une région à une autre (Bouziani, 2000). Son origine peut être naturelle (mer, terrain sale...); humaine (10 à $15 g Na Cl$ dans les urines /jour) ou industrielle (potasse, industrie pétrolière). Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût désagréable et ne peuvent pas être consommés (Rodier et al., 2005). Le potassium est étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est très répandue dans la nature sous forme de sels. Il joue un rôle important dans l'équilibre électrolytique de l'organisme et règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (Mercier, 2000).

Sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 5 à 10 mg/l (Rodier *et al.*, 2009).

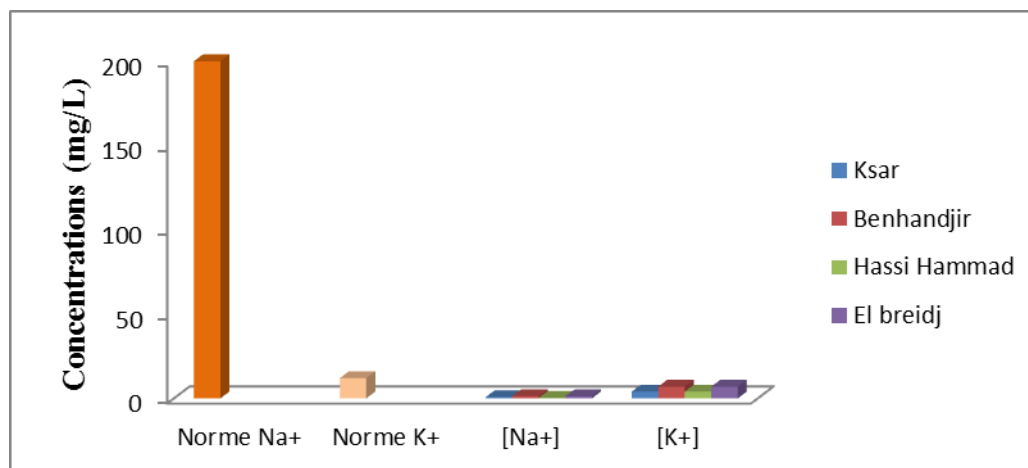


Figure 46: Histogramme de variation de sodium et potassium dans les quatre sources.

Les concentrations de sodium (Na^+) sont relativement très faibles dans les quatre sources avec une valeur maximale de 1.38mg/L dans la source 2 (Benhandjir). Il est aussi noté que les teneurs en potassium (K^+) des sources analysées sont compris entre 4 et 7 mg/L.

➤ Nitrite (NO_2^-) et Nitrate (NO_3^-)

Les nitrites sont répandus dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantités relativement faibles. Ils résultent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates. Ils peuvent aussi provenir de l'étape de traitement des eaux en cas de gestion inadéquate des filtres à sable, des filtres à charbon actif ou des étapes de nitrification-dénitrification biologique.

Toutefois, une eau renfermant une quantité élevée de nitrites est considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de la qualité microbiologique (Bouziyani, 2000; Savary, 2010).

Le nitrate, sel de l'acide nitrique, a pour formule chimique NO_3^- . Pour se former, il a donc besoin d'azote (N) et d'oxygène (O).

Les nitrates sont naturellement présents dans l'eau mais selon les milieux, leur concentration varie de 0,1 à 1 mg.L^{-1} pour l'eau souterraine.

L'apport de nitrates dans le sol, puis dans les eaux, est donc fortement lié à la quantité de matières organiques présente et aux conditions de milieu. Les actions anthropiques sont donc importantes: utilisation d'engrais azotés et de lisier. De même, les rejets de stations d'épuration ou plus simplement de latrines et fosses septiques représentent un apport en matières organiques susceptibles de produire des nitrates (**Demdoum, 2010**).

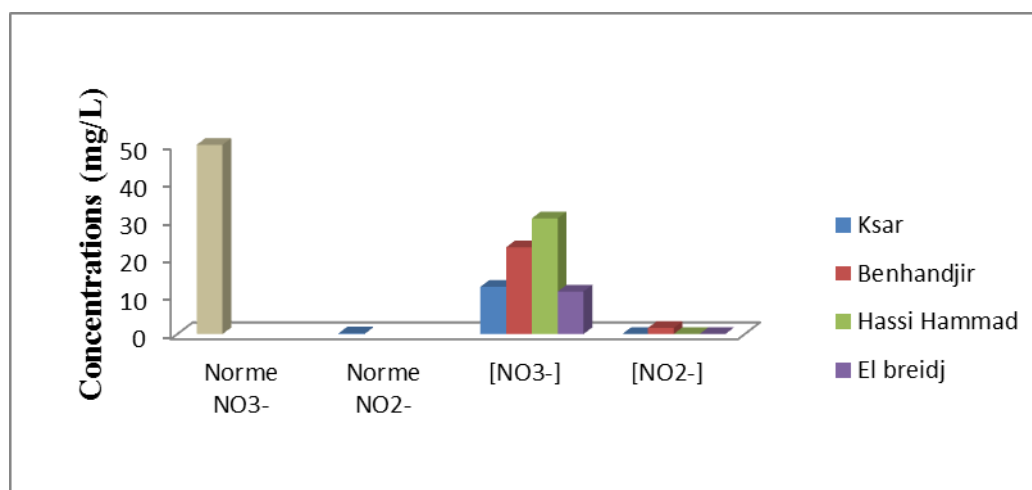


Figure 47 : Histogramme de variation de nitrate et nitrite dans les quatre sources.

A partir de l'histogramme de la **Figure 47**, on remarque que la concentration des nitrates des quatre sources étudiées est comprise entre 11.23 et 30.57mg/L, il faut aussi noter que les concentrations de nitrite sont très faibles avec une valeur maximale de 1.62mg/L.

➤ Ammonium (NH₄⁺)

L'ammonium est la forme d'azote la plus toxique. Sa présence dans l'eau est liée soit aux rejets urbains et industriels, soit à la réduction des formes azotées (nitrates et nitrites) en conditions réduites. **Pourriot et Meybek (1995)** ont considérés que les eaux naturelles présentent une teneur de l'ordre de 0,0015 mg/L en NH₄⁺ mais d'une manière générale une eau bien oxygénée ne contient que des traces d'ammoniaque.

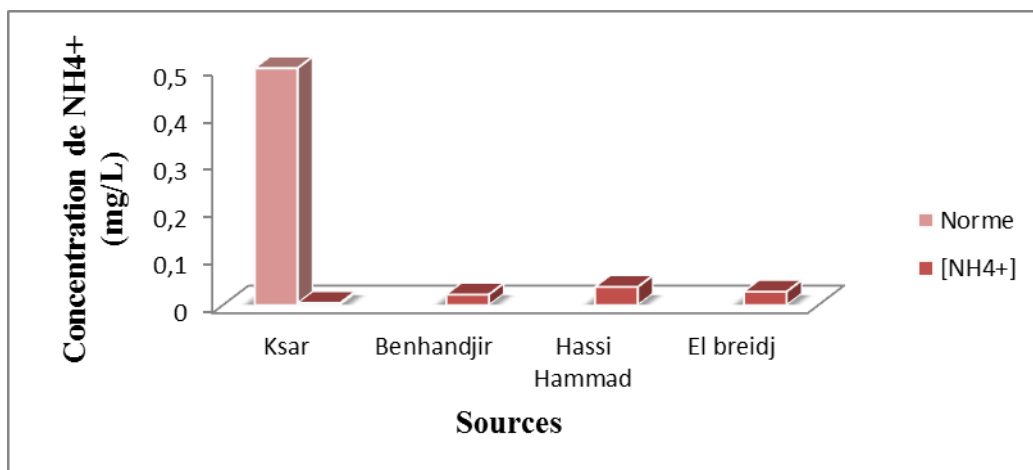


Figure 48: Concentrations de NH_4^+ dans les quatre sources étudiées.

Les valeurs moyennes des teneurs en NH_4^+ enregistrées sur la figure 48 sont très faibles, avec un maximum de 0,038 mg/L est observé au niveau de la source3 (Hassi Hammad).

➤ **Sulfate (SO_4^{-2})**

Les sulfates qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse ou apparait à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux (Beriere, 2000). Selon l'intolérance des consommateurs, l'excès de sulfates dans l'eau peut entrainer des troubles intestinaux. Les concentrations admissibles sont de l'ordre de 400 mg.L⁻¹ (Bouziani, 2000).

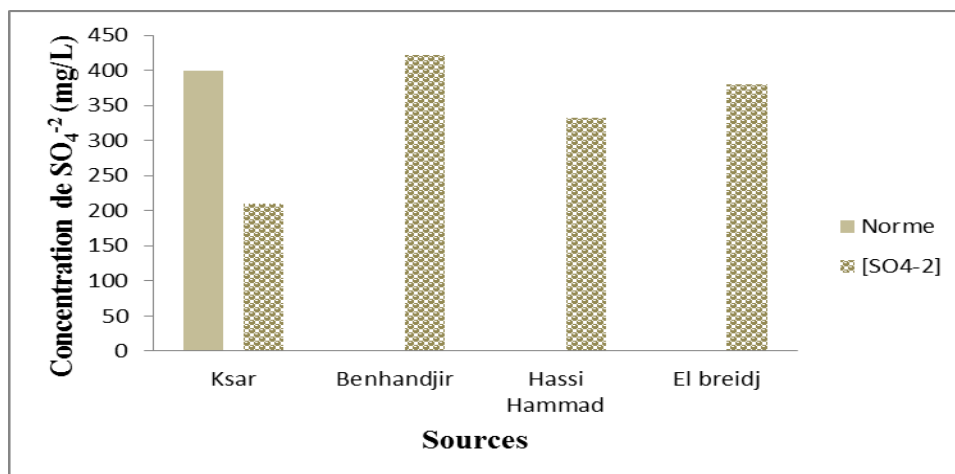


Figure 49: Concentration de SO_4^{-2} dans les quatre sources étudiées.

Les valeurs des sulfates enregistrées au niveau des sources étudiées dépassent 200mg/L, avec un maximum atteint de 421mg/L pour la source2 (Benhandjir).

Eléments mineurs naturels

➤ L'ortho phosphate (PO_4^-)

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

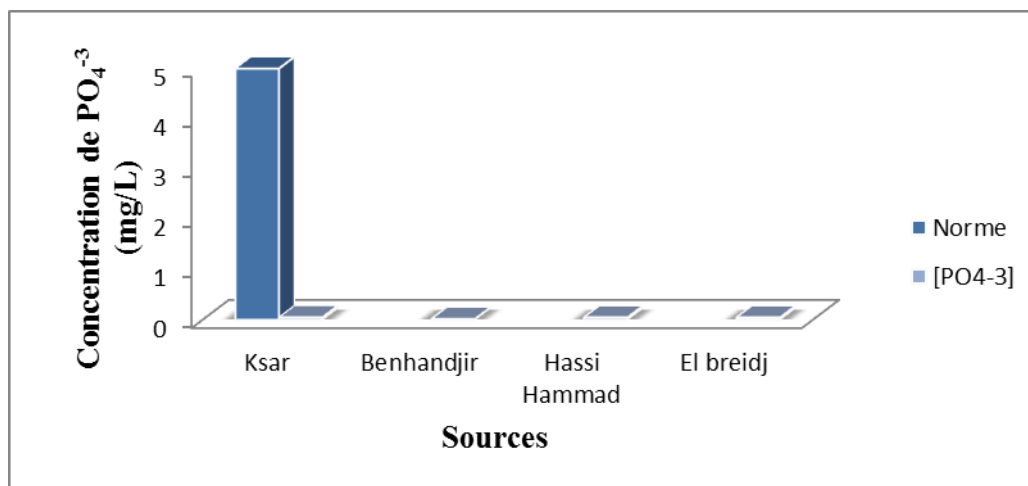


Figure 50: Concentrations de PO_4^{-3} dans les quatre sources étudiées.

Les résultats des orthophosphates (Figure 50) nous montrent des concentrations faibles dans les eaux des sources étudiées. Le maximum de concentration est observé au niveau de la source 1 (Ksar) (0.048 mg/L).

Eléments indésirables

➤ Fer (Fe) et Manganèse (Mn)

Le fer est un métal assez soluble que l'on peut retrouver dans l'eau et qui précipite par oxydation à l'air (Bouziyani, 2000). Ce métal se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/jour mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés (Rodier et al., 2005).

Un excès de fer dans l'eau, se précipite au contact de l'air en formant des flacons rouges qui troublent l'eau et tachent le linge (Bouziyani, 2000).

Le manganèse est un élément chimique naturellement présent dans le sol. Il peut se dissoudre dans les eaux souterraines et les contaminer. Une petite quantité de manganèse est nécessaire à tous les organismes vivants. L'eau potable peut parfois contenir du manganèse, mais cet élément se trouve principalement dans les aliments (Gouvernement du Québec, 2016).

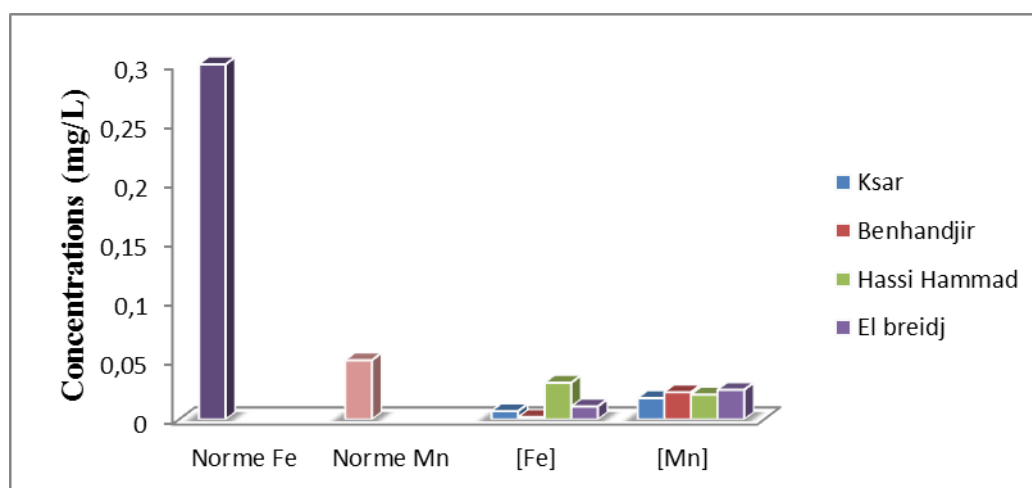


Figure 51: Histogramme de variation de fer et manganèse dans les quatre sources étudiées.

D'après l'histogramme affiché sur la (Figure 51) on remarque des concentrations faibles des ions de fer variaient de 0.002 à 0.031 mg/L dans les quatre sources analysées. Par contre, on constate la présence des teneurs en manganèse très voisines avec une valeur moyenne de 0.025 mg/L.

➤ Baryum (Ba) et Lithium (Li)

Le baryum est un élément chimique naturellement présent dans le sol, souvent en faibles concentrations. Il peut se dissoudre dans les eaux souterraines et les contaminer. Certains aliments peuvent aussi contenir de faibles concentrations de baryum (Gouvernement du Québec, 2016).

Le lithium est un élément naturel que l'on trouve en quantité variable dans les légumes, les céréales, les épices et l'eau potable. Il est présent à l'état de traces dans pratiquement toutes les roches. Il se trouve aussi dans le sol, les eaux souterraines et les eaux stagnantes, et donc dans l'approvisionnement public en eau (Newsletter Creapharma).

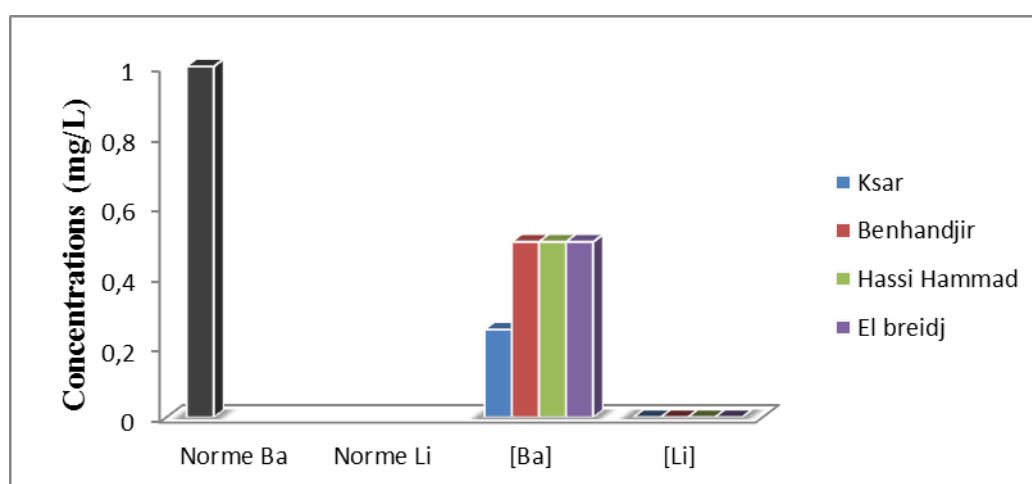


Figure 52: Concentrations de Baryum et Lithium dans les quatre sources étudiées.

La figure ci-dessus affiche des concentrations du Baryum et lithium au niveau de nos échantillons. Ces deux éléments sont présents à l'état de traces (0.5mg/L de Ba), et une absence totale de Li.

5. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Les organismes pathogène sont très variés et ne peuvent donc pas faire l'objet d'une recherche spécifique. De plus leur identification est très courte. Pour ces raisons, il est préalable de rechercher qui sont toujours présents en grand nombre dans la matière fécale des hommes et des animaux, qui se maintiennent plus facilement dans le milieu extérieur qui sont les germes totaux, coliformes totaux et thermotolérants, les streptocoques fécaux de la classe D et les anaérobies sulfite réductrices.

➤ Coliformes totaux

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales (Chevalier, 2003).

La figure 53 montre la présence à des concentrations moyennes des coliformes totaux dans les eaux de source étudiés durant les deux périodes d'observations :

- Pour le mois d'Avril les deux sources Ksar et El breidj, nous avons prélevés des taux de coliformes totaux variaient entre 9 UFC/100 mL et 37 UFC/100 mL.

- Pour le mois de **Mai**, la présence des coliformes totaux a été détectée pour trois échantillons. Le taux le plus élevée a été prélevée au niveau de la source Elbreidj (14UFC/100mL), tandis que la source Hassi Hammad a affiché un taux de (4UFC/100mL).

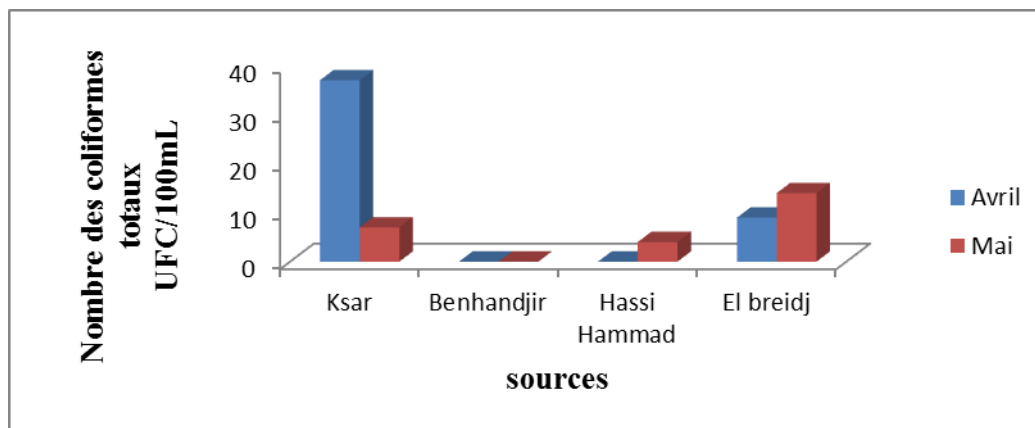


Figure 53 : Variation mensuelle des coliformes totaux dans les sources étudiées.

➤ **Coliformes fécaux**

La présence des coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Richard, 1996; Figarella et Leyral, 2002; Rodier et al., 2009; El Haissoufi et al., 2011). La présence des coliformes fécaux thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Rodier et al.,2009)car ils apparaissent toujours en grande quantité dans les déjections animales et humaines.

Dans la région d'étude, la numération des coliformes fécaux montre une absence totale dans les quatre sources étudiées. Conforme à la norme de potabilité.

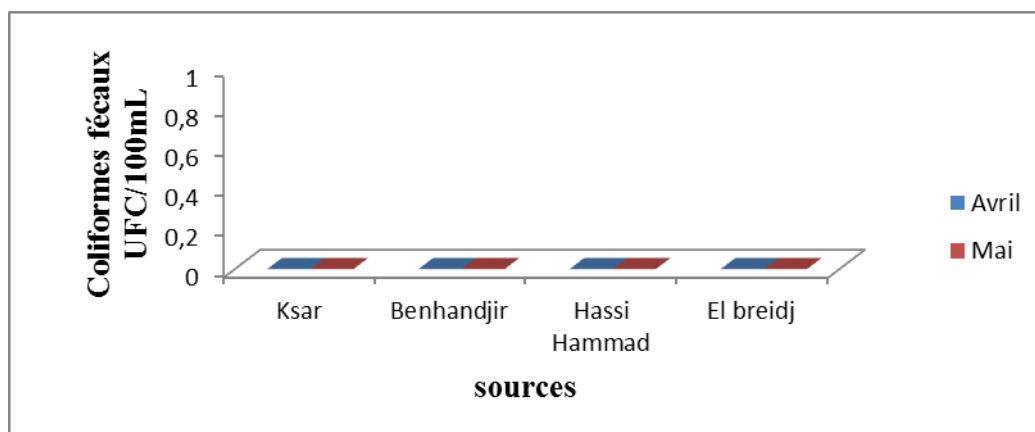


Figure 54 : Variation mensuelle des coliformes fécaux dans les sources étudiées.

➤ Streptocoques fécaux

La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une Contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéro-pathogènes (Chevalier, 2002; Ladjel, 2009). Selon Figarella., Leyral (2002) ; Rodier et al., (2005), la présence des streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation.

Les analyses bactériologiques effectuées sur les échantillons d'eaux de source montrent une absence totale des streptocoques du groupe D.

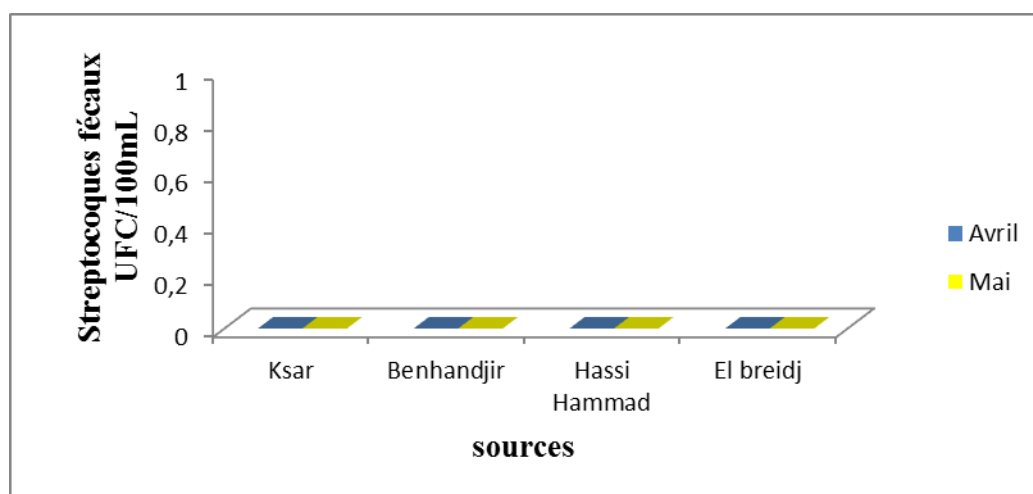


Figure 55: Variation mensuelle des streptocoques fécaux dans les sources étudiées.

➤ Germes totaux

Elles se développent dans les conditions d'aérobiose. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine (Bourgeois et Mesle, 1991). Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines (Rodier et al., 2005).

Les résultats de l'évaluation de la flore aérobie totale affichés sur la figure 56 montre une flore variaient entre 16UFC/mL à 200UFC/mL durant les deux périodes d'étude.

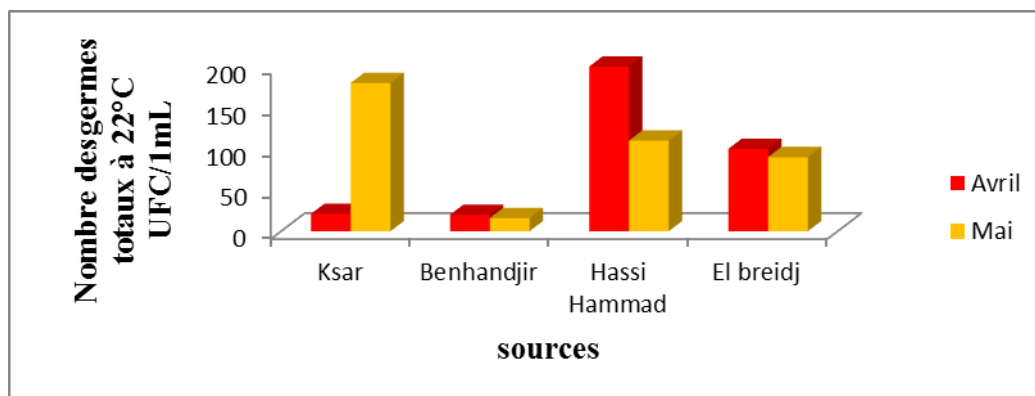


Figure 56 : Variation mensuelle des germes totaux à 22°C dans les sources étudiées.

La Figure 57 montre la présence à des concentrations variables des germes totaux dans les eaux de sources étudiées durant les deux périodes d’observation :

En mois d’Avril, les trois sources montrent une concentration minimale est obtenue au niveau de la source du Ksar (9UFC/1mL), tandis que la concentration maximale au niveau de source la Hassi Hammad (84UFC/1ml) durant les deux périodes d’étude.

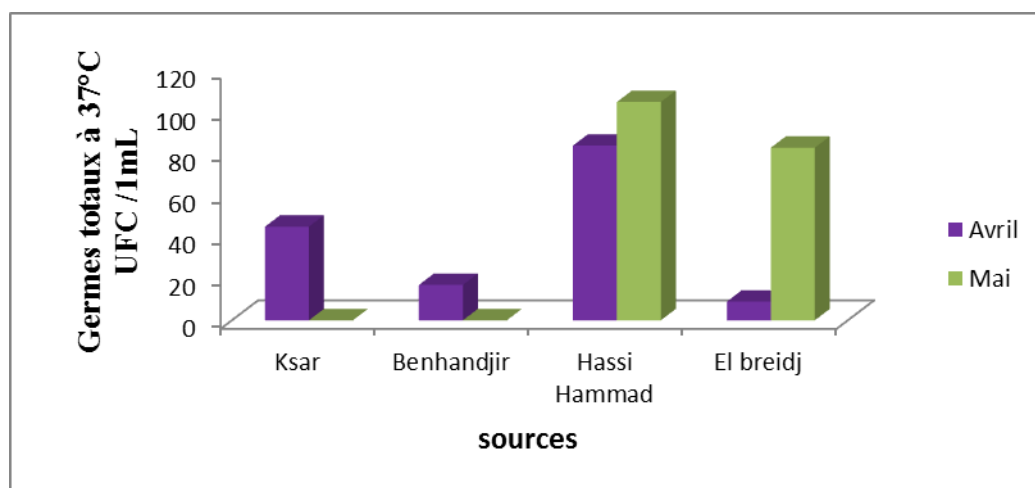


Figure 57 : Variation mensuelle des germes totaux à 37°C dans les sources étudiées.

➤ Clostridium sulfito-réducteurs

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau. Ils sont donc les témoins d'une pollution ancienne. Plus difficilement tués que les coliformes par les désinfectants, ils constituent donc un bon indicateur de l'efficacité de la désinfection (Hamed *et al.*, 2012).

D'après la **Figure 58**, 70% des eaux de puits étudiés sont d'excellente qualité. Par contre, la source qui reste est contaminé par les bactéries anaérobies sulfito-réductrices dont le nombre de 160 UFC/20ml et 8UFC/20ml. Durant les deux périodes d'étude.

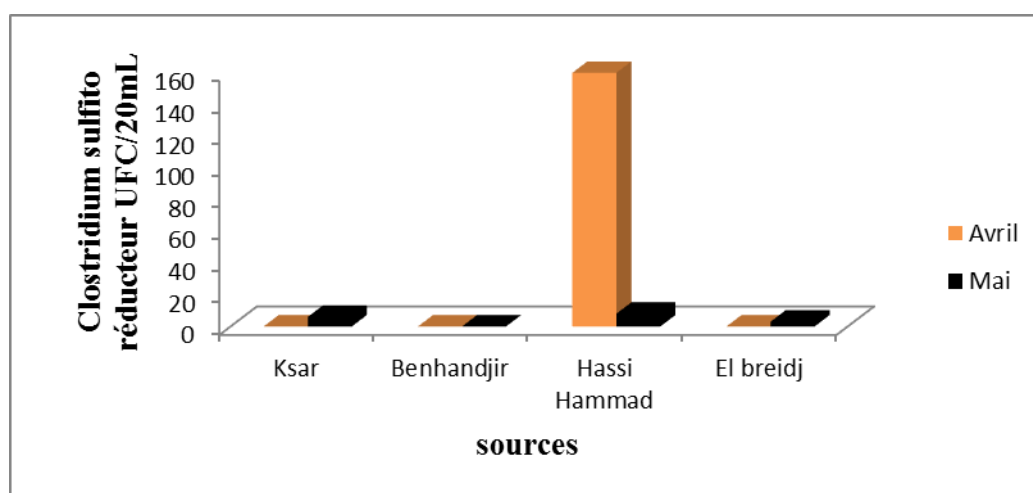


Figure 58 : Variation mensuelle des *Clostridium sulfite* réducteurs dans les sources étudiées.

Chapitre IV

Discussion

Le développement économique en Algérie passe par une articulation des politiques hydraulique, agricole et énergétique. Les défis sociaux (accès à l'eau potable en quantité et en qualité suffisante, tarification sociale, partage de l'eau entre le territoire, etc.) sont les deux indicateurs d'un développement pérenne et leur prise en compte lors de l'élaboration de tout projet dans le secteur de l'eau devrait être acquise.

En Algérie, les ressources en eau proviennent des eaux de surfaces et des eaux souterraines renouvelables et non renouvelable. Il est à noter que ces ressources sont très variables notamment celles qui proviennent des nappes tributaires des aléas climatiques. Parmi les eaux souterraines on trouve l'eau de source fait l'objet de notre étude expérimentale. C'est une eau ayant pour origine une nappe ou un gisement souterraine, aucun traitement ou ajout chimique donc elle est potable à l'état naturel.

L'objectif de notre travail est la caractérisation et la valorisation des eaux de source de la région d'Ain-Sefra, Wilaya de Naama (sud -ouest de l'Algérie), c'est une région steppique à climat plus en moins aride, quatre sources ont été pré-sélectionnées pour notre étude. Cette contribution est une caractérisation des profils physicochimiques et microbiologiques afin de juger de la qualité, les caractéristiques propres à chaque source ainsi que les sels minéraux qu'elles contiennent.

L'exploitation des résultats des analyses physicochimiques effectuée sur les quatre sources d'eau a permis de donner une idée sur la qualité chimique et organoleptique de ces eaux.

D'après les résultats obtenus, on constate que la température des échantillons analysés est directement corrélée avec le climat en effet :

- Les jours pluvieux : de $15 \leq T^{\circ} \leq 18.5$.
- Les jours ensoleille : de $18.5 \leq T^{\circ} \leq 22$.

Tous les prélèvements ont eu des valeurs acceptables et conformes aux normes Algériennes et internationales (25°C une proportion de référence.).

Les eaux analysées ont un pH voisin de la neutralité, ces valeurs sont probablement dues à l'influence de la nature chimique du sol et des roches. Nous avons remarqué que le pH est entre 7.17 à 7.99. Il est un facteur d'investigation de l'acidité ou de l'alcalinité d'une eau. Les valeurs obtenues sont proches entre elles et aux normes qui exigée de l'OMS (pH compris entre 6,5 et 9) pour l'eau potable. En effet, nos échantillons analysés sont de qualité acceptable. Avec un pH > 7,0, les eaux souterraines de cette zone d'étude est alcaline.

Nos résultats montrent aussi que la turbidité varie entre 0.53 NTU et 4.77 NTU. Son taux normal est fixé à 5NTU selon l'OMS. La turbidité affecte beaucoup la potabilité d'une eau de boisson. Les consommateurs ont très souvent des exigences par rapport à ce paramètre. La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspensions finement divisées : argiles, limons, grains de silice, matières organiques.

Pour les résultats de la conductivité électrique on ne remarque pas vraiment une variation des valeurs dans la majorité des prélèvements. Les mesures obtenues pour les quatre sources analysées varient dans un intervalle qui va d'un minimum de 423 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à un maximum de 1907 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette variation est due au changement de la concentration en sels dissous dans ces eaux, la teneur de référence selon OMS est de 2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

L'analyse des prélèvements effectués ont révèle que le titre hydrotimétrique total avoisine de 56 mg/L eau potable par rapport aux normes établies qui est de 500 mg/L. La dureté de l'eau est s'exprimé par le °F (degré français). « 1°F équivalent de 10 mg/L »

- Pour l'eau de robinet, la dureté doit être inférieure à 30°F.
- Les eaux douces moins de 15°F.
- Les eaux dures « de 15° à 35°F ». C'est le cas de la source1 (Ksar).
- Les eaux plus dures sont supérieures à 35°F. C'est le cas des sources 2,3et4.

Nous avons obtenus des résultats de Ca^{2+} conformément aux normes de potabilité Algériennes qui fixent 200 mg/L la valeur maximale. Des quantités élevées de Calcium dans l'eau de la source3 ne posent aucun problème pour la santé risque. Cependant, ils peuvent affecter le goût de l'eau.

Le teneur en magnésium dans les échantillons d'eaux souterraines épanchées est de 24.73 à 72.4 mg/L. Toutes les valeurs de magnésium sont adéquates par rapport aux normes Algériennes (150 mg/L), tandis que 50% (S2, S4) dépassent les normes de consommation stipulée par l'OMS 50 mg/L (**Derdour et al., 2020**).

Le chlorure est un paramètre important utilisé pour estimer la qualité d'eau. La concentration en chlorure de l'eau peut être supérieure ou inférieure selon la géologie des sols et leur exposition à la pollution par les matières organiques animales, massive engrais et eaux usées. La réglementation Algérienne indique une valeur maximale de 500 mg/L. Alors que la teneur en chlorure de nos résultats est comprise entre 37.56 mg/L et 127.61 mg/L. Ces valeurs restent inférieures par rapport à ceux de la norme de potabilité d'eau qui est de 500 mg/L.

La quantité de concentration du sodium dans notre analyse était de 0.32 à 1.38 mg/L. Selon l'OMS et les normes Algériennes, le maximum de concentration dans l'eau potable ne doit pas dépasser, respectivement 150 et 200 mg/l. La source principale des ions sodium dans l'eau provient de la libération de produits sodiques solubles (**Derdour et al., 2020**). Comme d'autres minéraux alcalins, le sodium est présent en grande quantité dans les eaux naturelles.

La concentration moyenne en potassium dans notre étude varie entre 4 mg/L et 7 mg/L. L'analyse spatiale du potassium des échantillons d'eau souterraine montre que la plupart des échantillons avaient une concentration en potassium dans la limite souhaitable de 12 mg/L, stipulée par l'OMS et la norme Algérienne.

Les résultats indiquent la présence des nitrites dans la source 2 (Benhandjir) avec une valeur de 1.62mg/L, cette dernière dépasse la norme internationale qui est de 0.2mg/L. Cette valeur enregistrée est une preuve de la présence d'une pollution liée aux activités humaines (rejets urbains et surtout agricoles et l'élevage intensifs.).

Les résultats ont aussi montré, que la concentration en nitrates de la zone d'étude était de l'ordre de 11.23 mg/L dans la source4 (S4) à 30.57 mg/L dans la source3(S3). Ces résultats sont limites autorisées par l'OMS et Normes Algériennes qu'est de 45 et 50 mg/L, respectivement.

Les nitrates ont un effet toxique sur certains organismes aquatiques lorsque le niveau de concentration est supérieur 100mg/L. Application excessive d'engrais à l'agriculture crée le risque d'une concentration trop élevée de nitrate dans l'eau (**Derdour et al., 2020**).

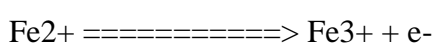
L'ammonium provient des processus de décomposition microbologique des protéines animales et végétales. Il peut être réutilisé directement par les plantes et utilisé dans les engrais commerciaux. Lorsque le pH est élevé l'ammonium se transforme en ammoniac NH_3 toxique (dose létale pour certains poissons 1 mg/l) (Queneau., Habert, 2009).

D'après les valeurs enregistrées, nous pouvons constaté que nos échantillons sont de bonne qualité car elles ne dépassent pas la norme fixée pour ce paramètre 0.5 mg/L.

Les taux de sulfates dans notre zone d'étude variaient de 210 mg/L dans la Source 1(S1) à 421 mg/l dans la source (S2). Donc la majorité des échantillons ne respectent pas la valeur guide de 250 mg/L et 400 mg/L prescrits, respectivement, par l'OMS et les normes Algériennes.

Une quantité élevée en sulfate pourrait causer des effets indésirables sur les humains comme la catharsis, la déshydratation et les troubles gastro-intestinaux irritation due à l'accumulation de grandes quantités de sulfates.

Le fer provient du sous-sol , mais il n'est pas nocif. Le sulfate de fer peut provenir des stations de traitement des eaux où il est utilisé comme flocculant. La présence de fer dans les eaux souterraines à des multiples origines: le fer sous forme de pyrite (FeS_2), est couramment associé aux roches sédimentaires déposées en milieu réducteur (marnes, argiles) et aux roches métamorphiques. Il se retrouve souvent à de fortes concentrations dans les eaux des cuirasses d'altération de socle. Présent sous forme réduite (Fe^{2+}), le fer est oxydé par l'oxygène de l'air et précipite sous forme ferrique lorsque l'eau est pompée.



Les valeurs moyennes du fer de nos prélèvements sont tous inférieurs à la norme Algérienne de l'eau potable fixée à 0,30 mg/L (JORA, 2011).

Le manganèse est toujours associé au fer et ces deux éléments sont parmi les métaux les plus abondants de la croûte terrestre (Iyakare, 2007). Les valeurs obtenues de manganèse sont dans les normes de l'OMS et les normes Algériennes de potabilité.

Enfin, les analyses du Baryum et du Lithium ont démontré des concentrations très faibles dans le cas de baryum (éléments de trace) et l'absence totale de lithium. Ces concentrations restent toujours dans la norme fixée par l'OMS.

L'exploitation des résultats d'analyse microbiologique de l'eau de source a permis de donner une idée sur la charge microbienne présente pour les quatre sources d'eau.

Les coliformes totaux sont d'origine animale et humaine, leur présence dans l'eau indique une contamination récente par les matières fécales (**Chevalier, 2003**).

- Le dénombrement des coliformes totaux sur tergitole a montré une charge microbienne moyenne pour les sources Ksar et Elbreidj avec des valeurs de 37UFC/100mL et 9UFC/100mL, et une absence totale dans les sources Benhandjir et Hassi Hammad durant le mois d'Avril. Ces valeurs ont été presque similaire de **Benchabane & Hamdi(2018)** qui ont présenté une charge de coliformes totaux entre 5UFC/100mL et 37UFC/100mL.
- Le dénombrement des coliformes totaux sur BCPL a montré des concentrations très faibles pour les sources Ksar, HassiHammad et ElBraidj, dont les valeurs varient entre 7UFC/100mL, 4UFC/100mL et 14UFC/100mL., et une absence totale dans la source Benhandjir.

Les résultats du dénombrement des coliformes totaux de nos échantillons sont inférieures à ceux mentionné par **Ayad(2017)** dont la moyenne de dénombrement en coliformes totaux a été entre 1.4×10^3 UFC/100 mL et 2×10^2 UFC/100mL. Cette contamination est causée par les rejets domestiques, par la proximité des puits avec des fosses septiques et par l'infiltration d'eau de surface dans les puits. Ces causes rejoignent celles détectées dans l'étude menée par **El Haissofi et al., (2011)** . La réglementation de notre pays exclue impérativement la présence des coliformes totaux dans 100mL d'eau.

- Les coliformes thermo tolérants ont été absents dans les quatre échantillons de l'eau de source durant toute la période d'analyse. Nos résultats sont presque similaires de **Benchabane & Hamdi(2018)**, **Mekhloufi&Ouanoughi (2017)** et **Ayad(2017)**, **Aouissi(2010)**.
- Les résultats des analyses montrent l'absence totale des streptocoques fécaux pour les quatre sources d'eau analysés, durant de mois d'Avril et Mai. Les mêmes résultats ont été signalés par **Benchabane (2018)** et **Aouissi(2010)**. Ces résultats de nos échantillons reste plus loin à celle mentionné par **Ayad(2017)** qui montre un taux élevé des streptocoques fécaux varie de 1UFC/100mL et 210UFC/100mL.

D'après les travaux de **Youmbi et al., (2013)**, la présence en nombre important de streptocoques fécaux dans les eaux de puits atteste la contamination des eaux par les matières fécales stockées dans les latrines. Ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence dans l'eau de consommation.

- Les analyses bactériologiques effectuées par la filtration membranaire sur les échantillons d'eaux montrent l'absence des ARSs pour les trois sources.

La seule source contenant les ASRs a été la source HassiHammad, avec une charge de 160UFC/100mL pour le prélèvement de mois d'Avril. Nos résultats restent plus loix à celle mentionné par **Benchabane (2018)**, qui n'a déclaré aucun résultat positif.

Pour la méthode d'incorporation en gélose VF, les ARSs ont été absents dans les sources Benhandjir et présents dans Ksar, Hassi Hammad et ElBreidj, avec des valeurs de 6UFC/20mL, 8UFC/20mL et 3UFC/20mL de prélèvement de mois de Mai. Nos résultats presque similaires d'**Ayad (2017)**. Qu'il montre la présence des bactéries anaérobies sulfito-réductrices dont le nombre varie de 6 UFC/20mL à 20 UFC/20mL. Selon **Guessoum et al., (2014)**, la présence des spores des anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale. Elles sont très persistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (**Travel et al., 2006**).

- Le dénombrement des germes aérobie à 22°C sur TGEA a montré une charge microbienne variable moyennement élevée pour les deux sources Hassi Hammad et ElBreidj, avec des valeurs de 200UFC/1mL et 100UFC/1mL et une charge microbienne moyenne dans les sources Ksar et benhandjir, avec des valeurs de 21UFC/1mL, 20UFC/1mL. Les résultats du dénombrement des germes totaux à 22°C ont été supérieur à celle signalé par **Benchabane (2018)** dont la moyenne de dénombrement a été entre 2UFC/1mL à 12UFC/1mL.
- Les germes aérobie à 37°C ont été présents dans les trois sources Ksar, Benhandjir et ElBreidj, avec une charge microbienne moyenne de 45UFC/1mL, 17UFC/1mL et 9UFC/1mL. Le seul échantillon contenant une charge microbienne importante a été la source HassiHammad de valeur 84UFC/1mL, durant de mois d'Avril .Les résultats du dénombrement des germes totaux à 37°C ont été supérieur à celle signalé par **Benchabane (2018)** dont la moyenne de dénombrement a été entre 4UFC/1mL à 10UFC/1mL. Et inférieur à celle mentionné par **Ayad(2017)** qui montre un taux élevé varie entre 60.10²UFC/1mL et 1,2.10³UFC/1mL.

En les comparants par le dénombrement sur PCA qu'il a montré une charge microbienne variable moyennement élevées des germes aérobies à 22°C pour les sources Ksar et HassiHammad, ElBraidj avec des valeurs de 180UFC/1mL ,110 UFC/1mL et 90UFC/1mL, et une charge microbienne faible pour source Benhandjir de valeur 16UFC/1mL. Pour les germes aérobies à 37°C ont été présents dans les deux sources HassiHammad et ElBraidj avec une charge microbienne élevée de 105UFC/1mL, 83UFC/1mL et Pour ce qu'est de Ksar et Benhandjir les germes aérobie à 37°C ont été absents, durant de mois de Mai.

La contamination de ces eaux par les germes totaux pourrait être due à la mauvaise protection des sources, la méconnaissance des règles élémentaire d'hygiène, la pollution avoisinante (élevage de bétails) et l'absence d'un réseau d'assainissement.

Selon **Figarella et Leyral (2002)**, si le nombre des germes totaux augmente de manière importante, en particulier après une forte pluie, cela montre que la ressource est mal protégée se contamine par des eaux d'infiltration.

Conclusion

Ces dernières décennies, l'Algérie souffre d'un manque d'eau sans précédent. Les sécheresses répétées à travers l'ensemble du pays et la croissance de la population dans les grands centres urbains. A cette effet, il est indispensable d'adopté une politique de gestion et protection de ces ressources, pour objet la mise en disponibilité d'une eau propre et potable pour le citoyen.

L'eau non traité ou polluée est responsable des maladies graves chez l'homme, bien souvent la mortalité dans l'Algérie. L'eau véhicule des virus, des bactéries, des parasites, des micro-organismes végétaux ou animaux qui peuvent provoquer des maladies graves, voire mortelle pour l'être humaine, ces maladies liées à l'eau insalubre sont appelés les maladies hydriques.

Cette étude a été menée dans le but de déterminer la qualité microbiologique et physicochimique de l'eau de certaines sources de la région d'Ainsefra (Sud-ouest de l'Algérie). La région obéit à un climat steppique, semi-aride, caractérisée par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre humide et froide.

Du point de vue physico-chimique, une différence notable des taux et des teneurs mesurées de chaque paramètre étudié. Dans la majorité des cas elles répondent aux normes de potabilité alors que des fois elles dépassent les normes, tel: la dureté et les sulfates, qui sont souvent liés à la formation géologique et aux caractéristiques climatiques de la région. Les fluctuations de ces paramètres peuvent être aussi expliquées par l'effet de d'autres facteurs tel que : la pratique agricole.

Du point de vue microbiologique, les résultats d'analyses que nous avons obtenus dans les quatre sources d'eau à travers les dénombrements réalisés durant les mois d'Avril et Mai, nous exposent une contamination fécale par des *Clostridium sulfitoreducteurs* dans les deux sources « Ksar et HassiHammad » en particulier, ce qui rend leur eau impropre à la consommation sur le plan bactériologique, par contre aux autres sources qui ont de bonne qualité microbiologique.

A la lumière de ces résultats, les ressources en eau exploitées de la région d'Ain sefra à travers les sources concernés par notre étude sont de bonne qualité mais ils restent menacés par la pollution engendrée par le développement urbain et agricole. A cet effet, il fallait prendre toutes les mesures susceptibles de garantir la qualité des eaux de ces ressources et la sécurité de l'approvisionnement en eau potable. Ce qui a conduit à établir la mise en place d'un périmètre de protection du champ captant de la nappe de notre région.

Références Bibliographiques

« A »

1. **AhmedKettab., Ratiba Mitiche et Naoual Bennacar., 2008.** De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. *Revue des sciences de l'eau* .248-256p.
2. **AKadi., 1997.** La gestion de l'eau en Algérie, *hydrological sciences journal*, 191-197p.
3. **A Rahmani., A Bouanani., A Kacemi., K Baba Hamed., 2017.** Contribution G.I.S for the survey and the management of water resources in the basin « Benhandjir- Tirkount » (Ainsefra) monts of Ksour- Saharian Atlas- Algeria, *journal of fundamental and applied Sciences*, 830-846p.
4. **A Boudjadja.,M.Messahel and H.Pauc.,2003.** Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Revue des sciences de l'eau*. 286-304p.
5. **AFNOR., (1997).** Qualité de l'eau, Tome1:Terminologie, échantillonnage et évaluationdesméthodes, 3^{ème}édition, Paris,France, 656p.
6. **Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG),, (2012).** Les eaux souterraines, Toulouse,Cedex4, 5p.
7. **Ahonon A.S., (2011).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de surface dans les zones montagneuses du sud-ouest du TOGO : cas du Canton de la vie, Master international, environnement eau et santé, Université de Lome, TOGO, 35p.
8. **Ahoussi K.E., Koffi Y.B., Kouassi A.M., Soro G., Biemi J., (2013).** Evolution spatio-temporelle des teneurs en nitrates des eaux souterraines de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire), *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, Vol 1, N° 3, PP: 45-60.
9. **Aka N., Bamba S.B., Soro G., Soro N., (2013).** Etude hydrochimique et microbiologique des nappes d'altérites sous climat tropical humide : Cas du département d'Abengourou (Sud-Est de la Cote d'Ivoire), *Larhyss Journal*, N°16, PP : 31-52.
10. **Alouane H., (2012).** Evaluation des teneurs en nitrates dans les sols et dans les eaux captées et émergentes en zones à vocation agricole ; Impact des nitrates sur la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Mémoire de Magister, Gestion des déchets : Évaluation et Solutions Environnementales, Université Mentouri Constantine, 49p.
11. **Amadou H., Laouali M.S., Manzola A., (2014).** Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de Tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées, *Larhyss Journal*, N° 20, PP: 25-41.
12. **Amiard-Triquet C., 1989.** Bioaccumulation et nocivité relatives de quelques polluants métalliques à l'égard des espèces marines. *Bull.Ecol.*20 : p 129-151.

13. **Andrews B.F., Campbell D.R., Thomas P., (2009).** Effects of hypertonic magnesium-sulphate enemas on newborn and young lambs, *Lancet* 2, PP: 64-79.
14. **Andriamiradis L., (2005).** Mémento technique de l'eau, 2^{ème} édition, Degremont. P:8.
15. **Anonyme., 2004.** L'accès à l'eau pour tous en Afrique. Forum international, Yamoussoukro.65p.
16. **Anonyme., 2009.** Profil épidémiologique des maladies transmissibles. Organisation mondiale de la Santé. 265p.
17. **Aoudjit N., 2001.** Etude de certains facteurs biologiques de la contamination de la bouge (boops) par les métaux lourds provenant de la baie d'Oran. Magister, Université d'Oran : 120p.
18. **Archibald F., (2000).** The presence of coliform bacteria in Canadian pulp and paper mill water systems - a cause for concern? *Water Qual Res J. Canada*, 35, PP:1-22.
19. **Arif S., Doumani F., (2013).** Coût de la de dégradation des ressources en eau du bassin de la seybouse, Programme de Gestion Intégrée Durable de l'Eau (SWIM-SM), la Commission européenne, 120p.
20. **Arjen V.D.W., (2010).** Connaissances des méthodes de captage des eaux souterraines : Souterraines aux forages manuels, Un manuel d'instruction pour les équipes de forage manuel sur l'hydrogéologie appliquée, l'équipement et le développement des forages, Fondation PRACTICA, Oosteind, P10.
21. **Ayad W., (2017).** Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines. Thèse de doctorat, faculté des sciences, département de biochimie, université Badji Mokhtar- Annaba. 156p.

« B »

22. **Bacha Dj., 1992.** Eléments de prophylaxie des maladies transmissibles. Edition office des publications universitaires. 160p.
23. **Bahmed L., Djebabra M. & Abibsi A., 2004.** Démarche d'intégration du concept qualité – sécurité - environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable. N°03. pp 115-128.
24. **Bekkari H., Touijer H., Berrada S., (2016).** Evaluation de la contamination des eaux utilisées en milieu hospitalier.8 p.

- 25. Benamar N., Mouadib N., Benamar A., (2011).** Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff, Colloque international, Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? .Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p.
- 26. Bendimered N., (2006).** Etude des huiles essentielles de *Pseudocytisus integrifolius* (Salishb) Rehder et *Sinapis arvensis* L. Plantes crucifères de la région ouest d'Algérie, mise en évidence de composés et conséquences nutritives. Thèse de doctorat. Chimie appliquée. Université. Tlemcen, 140 p
- 27. Bengherai A., (2011).** Evolution du phénomène de désertification dans le sud Oranais (Algérie). Thèse de doctorat. Départ d'Agro-Forest. Univ. Tlemcen, 138 p.
- 28. Beriere G., (2000).** Distribution et collecte des eaux, 2^{ème} édition, Ecole polytechnique de Montréal, PP: 3-19.
- 29. Bezzaoucha A., 2004.** Maladies à déclaration obligatoire. Tome1 : Maladies bénéficiant d'un programme de lutte. Office des Publications Universitaires. Vol (213).
- 30. Boeglin J.C., (1998).** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine, réglementation française, décret 89.3 du 3 janvier 1998, Doc. P 4 210, 10p.
- 31. Boeglin J.C., (2009).** Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1, 110p.
- 32. Bouazza M., (1995).** Etude phyto-écologique des steppes à *Stipa tenacissima* L et *Lygeum spartum* L au Sud de Sebdou (Oranie - Algérie). Thèse Doct. Univ. Tlemcen. 153 p.
- 33. Bouderbala M., 1996.** Etat de la pollution marine par les métaux lourds et son impact sur les cétacés dans le bassin algérien. Thèse de Magister, ISN, Université d'Oran : 147p.
- 34. Bouguefda., 2013.** Modélisation de la nappe du crétacé inférieur de la gouttière synclinale d'El Maader (Monts des Ksour- Atlas Saharien occidental).Mémoire de magistère, université Abou Bakr Belkaid –Tlemcen –Algérie.
- 35. Boukhari Y., 2016.** Etude de l'impact des pratiques culturelles sur l'évolution des sols des écosystèmes steppiques de l'Algérie. Thèse doctorat. En sciences biologiques, option : Sciences de la Terre et de l'Univers. Université de Mascara. 181 p.
- 36. Boutiba Z., 2004.** Les derniers Phoques d'Algérie. Edition Dar El Gharb, Oran, Algérie : 228p.

- 37. Bouziani M., (2000).** L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p.
- 38. Bouziani M., 2006.** L'eau dans tous états-source de vie ressource épuisable-maladies hydriques-pollution chimique. Édition Dar el Gharb .P :50.
- 39. Bliefert C et Perraud R., (2001).** Chimie De L'environnement: Air, Eau, Sol, Déchet. De Boeck. 477 p.
- 40. Brasilia., Funasa., 2013.** Manuel pratique d'analyse de l'eau /National Health Foundation 4.ed.
- 41. Bremaude C., Claisse J.R., Leulier F., Thibault J., Ulrich E., (2006).** Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale, Edition Educagri,Dijon, France, PP : 220-221.
- 42. Briere F.G., (2000).** Distribution et collecte des eaux, 2^{ème} édition : École Polytechnique de Montréal, PP : 299-300.

« C »

- 43. Castany G. et Margot T., (1977).** Dictionnaire Français D'hydrogéologie, Géologie Minière.249 p.
- 44. CEAEQ., (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane, Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 25 p.
- 45. Centre d'Information sur l'Eau (CIE)., (2013).** Le cycle naturel de l'eau, le mercredi 7août 2013, 6p.
- 46. Chaker H. K., Slimani A., (2014).** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux d'abreuvements des ruminants dans la zone semi-aride d'Oum El Bouaghi : Nord-est de l'Algérie, Institut des sciences agronomiques, université d'El Tarf, Algérie, 10p.
- 47. Chaoui W., (2007).** Impact De La Pollution Organique Et Chimique Des Eaux De l'Oued Seybouse Et De l'Oued Mellah Sur Les Eaux Souterraines De La Nappe Alluviale De Bouchegouf (Guelma). Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 101p.
- 48. Chaumont M., Paquin C., (1971).** Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle 1/500 000e, 4 feuilles + notice. Soc. Hist Nat. Afrique du Nord, Alger, 25p.
- 49. Chevalier P., (2002).** Entérocoques et streptocoques fécaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine, Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 5 p.
- 50. Chevalier P., (2003).** Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p.

51. CIE., (2005). Centre d'information sur l'eau. www.Cieau.com.

52. Coralie B & Laurent G., 2007. Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'homme par voie orale. Afssa agence française de sécurité sanitaire des aliments. 446p.

« D »

53. Debieche T-H., (2002). Evolution De La Qualité Des Eaux (Salinité, Azote et métaux lourds).

54. Demdoum A., (2010). Etude hydrogéochimique et impact de la pollution sur les eaux de la région d'el Eulma, Doctorat d'état, Faculté des Sciences de la Terre, Université Mentouri Constantine, 205p.

55. Desjardins., 1990. Le traitement des eaux 2^{ème} édition revue. Editions de l'Ecole Polytechnique de Montréal. Vol (303).

56. Desjardins R., (1997). Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 2^{ème} édition, Québec, Canada, PP : 46-112.

57. Derdour et al., (2020). Evaluation of the quality of groundwater for its appropriateness for drinking purposes in the watershed of Naâma, SW of Algeria, by using water quality index (WQI). Springer Nature Switzerland AG 2020, 15p.

58. Detay M., (1993). Le Forage D'eau ; Réalisation, Entretien Et Réhabilitation. *Masson*. 379p.

59. Dib I., (2009). L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien), Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar, Batna, 127 p.

« E »

60. El Haissoufi H., Berrada S., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali lalami A., (2011). Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc, Rev. Microbiol. Ind. San et Environn, Vol 5, N°1, PP: 37-68.

61. El Gamal A., 1990. L'eau et la santé les caractéristiques, les sources et la maîtrise de la pollution de l'eau. Former Senior, Under Secretary Ministère de la Santé. 52p.

62. Emberger L., (1955). Une classification biogéographique des climats. Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Fac. Se. 7(11): 3-43.

« F »

63. Fellah L., 1998. Etudes exploratrices du système de prévention algérien : déterminisme et problématique. Thèse de doctorat. Univ. Alger. 38p.

64. Figarella J., Leyral G., (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

65. Fulvie K Epse Otchoumo 1*, Ossey Bernard Yapo 2, Brou Dibi 3 et

Aya Carole Bonny., 2017. Caractérisation physicochimique et bactériologique des eaux souterraines de Bengerville. International journal of biological and chemical sciences.2496-2509p.

« G »

66. Gaagai A., 2009. Etude hydrologique et hydro chimique du bassin versant du barrage de BABAR sur Oued EL ARAB région Est de l'ALGERIE. Mémoire de magistère en hydraulique, Université de BATNA.

67. Galmier D., 1972. Photogéologie de la région d'Aïn Séfra (Atlas saharien, Algérie). Thèse doctorat d'état. Fasc. Sc. De Paris. 177 p, 9 cartes Etude hydrodynamique et modélisation des écoulements souterrains dans les gouttières synclinales gréseuses du Barrémo-Albo-Aptien d'Aïn Séfra (partie centrale des Monts des Ksour - Atlas Saharien, Nord-Ouest Algérie) Hydrologie. Université de Franche-Comté, 2014.

68. Gaudin T., 2008.The world in 2025, a challenge to raison, Septembre 2008.

69. Gaujour D., (1995). La pollution des milieux aquatiques : Aide-mémoire. 2^{ème} édition, Lavoisier, P49.

70. Ghazali D.1., Zaid A., (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain salama-Jerri (Région de Meknes-Maroc), Larhyss Journal, N° 12, Janvier 2013, PP : 25-36.

71. Goita A., 2014. Les bactéries pathogènes d'origine hydrique de l'épidémiologie à la prévention. Thèse de doctorat, Univ. Mohamed -Soussi faculté de médecine et de pharmacie-rabat. 134p.

72. Gouvernement du Québec., (2004). Etude du risque de gastro-entérite chez les familles utilisant l'eau d'un puits domestique, Direction risques biologiques, environnementaux et occupationnels, Institut national de santé publique, Québec, p08.

73. Gouvernement du Québec., (2016). Contamination de l'eau potable d'un puits.

74. Greco J. (1966). L'érosion, la défense et la restauration des sols, le Reboisement en Algérie. Publication Univ. Agr. Révolution Agraire. Algérie.

75. Gregorio C., Pierre-Marie B., (2007). Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés, Presses Univ. Franche-Comté, 356 p.

« **H** »

76. Hakmi A., (2006). Traitement de l'eau de source Bousfer Oran, Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie, Oran, 48 p.

77. Halitim A., (1988). Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U, Alger, P384.

78. Hamed M., Guettache A., Bouamer L., (2012). Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf- Torba (Béchar), Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Contrôle de qualité et d'Analyse, faculté des sciences et technologies, Département des sciences, Université de Béchar, 134p.

79. Henri L., (2012). L'eau Potable, Édition réimprimée, 190 p.

« **I** »

80. Ider K, Iamranene N., 2008. Evolution des maladies à transmission hydrique au niveau de Bejaia. Mém. DEUA Eco-biologie. Univ. Béjaia. 25p.

81. ISO., (1994). Qualité de l'eau, Dosage des nitrites, Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire, NA 1657, ISO 6777, Ed. INAPI, Edition et diffusion, Alger, 4 p.

82. ISO 6058., 1984. Qualité de l'eau -Dosage du calcium- Méthode titrimétrique à l'EDTA.

83. ISO 6059., 1984. Qualité de l'eau-Dosage de la somme du calcium et du magnésium- Méthode titrimétrique à l'EDTA.

84. ISO 6222., 1999. Water quality-Enumeration of culturable microorganisms-Colony count by inoculation in a nutrient agar culture medium.

85. ISO 6777. Water quality-Determination of nitrite-molecular absorption spectrometric method.

86. ISO 6878., 1998. Qualité de l'eau-Dosage du phosphore-méthode spectrométrique au molybdate d'aluminium.

87. ISO 7027., 1994. Qualité de l'eau- Détermination de la turbidité.

88. ISO 7150., 1984. Qualité de l'eau-Dosage du l'ammonium.

89. ISO 7393., 1985. Qualité de l'eau-Dosage du chlore libre et de chlore total.

90. ISO 7899., 2000. Qualité de l'eau- Recherché et dénombrement des entérocoques intestinaux.

91. ISO 9297.,1989. Water quality- Determination of chloride-Silver nitrate titration with chromate indicator.

92. ISO 9305 .,1989. Seamless steel tubes for pressure purposes-Full peripheral ultrasonic testing for the detection of transverse imperfections.

93. ISO 9308., 1990. Qualité de l'eau –Détermination des Escherichia coli et des bactéries coliformes.

« J »

94. Jacquet S., 2000. Dynamique des populations picoplanctoniques marines, Thèse de doctorat .Es-Sciences de l'Université Pierre et Marie Curie. Paris 6 : 138p.

95. Jean L.C., (2002). La dégradation de la qualité de l'eau dans le réseau, Edition. Ministère de l'agriculture et de la pêche, Direction de l'espace rural et de la forêt, 22p.

96. Journal Officiel de la République Algérienne (JORA)., (2011). Décret exécutif n° 11- 125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif, qualité de l'eau de consommation humaine, Imprimerie Officielle, Les Vergers: Bir-Mourad Raïs, Alger, Algérie, PP: 7-25.

97. Journal Officiel de la République Algérienne (JORA)., (2014). Décret exécutif n°14-96 du 2 Joumada El Oula 1435 correspondant au 4 mars 2014 modifiant et complétant le décret exécutif n° 11-125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif à la qualité de l'eau de consommation humaine.

« K »

98. Kambalala A., 2003. Hygiène - Eau et assainissement -Prévention sanitaire. Module de Formation à destination des populations bénéficiaires des programmes de Sécurité Alimentaire d'Action contre la Faim Elaboré par les départements Santé et Watsan, Malemba Nkulu. 17p.

99. Kettab A., (1992). Traitement des eaux, Les eaux potables, Edition: Office des Publications Universitaires, Alger, PP : 111-123.

100. Khalili M., Hebbar Z & Sebiane S., 2014. La fièvre typhoïde. Mém. fin d'études. Univ. Aboubaker Belkaid. Telmcen .Algérie. 60p.

101. Khiati M., 1998. Guide des maladies infectieuses et parasitaires. Office des publications universitaires. Vol (251).

102. Khiati M., 2009. L'agriculture Algérienne de l'air précolonial au reforme libérales actuelle.

103. Kirkpatrick K., Fleming E ., (2008). La qualité de l'eau, ROSS TECH 07/47, 12p.

« L »

- 104. Ladjel S.,(2009).** Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, Les cahiers techniques du stage T 7, Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.
- 105. Larpent J. P., (1997).** Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.
- 106. Lassus P., Chgotd., Miossec L., Borcque G., Truquet P., 1990.**Toxicité sublétales du tetrachloroéthylène sur la crevette des marais Palaemonetes varians. Rapport interne IFREMER, DERO-90-01-MR : 15p.
- 107. Ledler., 1986. In Haoussa N., (2013).** Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra .Eau de Droh. Mémoire de master 2.Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra : Faculté des sciences et de technologie,25 p.
- 108. Le Houerou.,(1995).** Informe de viaje à Chile.9 pp. Multigr., IADIZA, Mendoza.
- 109. Leyral G., Joffin J-N., (1998).** Microbiologie Technique. Centre régional de documentation pédagogique (CRPD) d'Aquitaine, 2^{ème}édition. 249-297.
- 110. Lieutaud., 2003.**Une mer entre trois continents, la Méditerranée. ELLIPES – éd .Marketing S.A : 272p.

« M »

- 111. Mahmoudi S., (2014).** Caractérisation et évaluation des systèmes de culture dans la wilaya de Nâama. Département d'agronomie Faculté des Sciences. Thèse de Magister. Université. Abou Bakr Belkaïd. Tlemcen. 129p.
- 112. Mansour., (2007).** Hydrogéologie du continental intercalaire et du complexe terminal en domaine aride. Exemple des monts des ksour (Atlas Saharien Occidental).
- 113. Mercier J., (2000).** Le grand livre de l'eau, Edition: La reconnaissance du livre, Collecte art de vivre, P 91.
- 114. Miossec L., Bocquene G., Truquet P., 1988 .**Toxicité aigüe du tetrachloroéthylène sur la crevette des marais Palaemonetes varians. Rapport interne IFREMER, DERO-88-05-MR : 12p.
- 115. Mouhouche B., Lani S., 2011.** The strategic importance of cereal virtual water in Algeria : Report and perspectives. Journal of Agricultural Science and Technology. Volume 5, N° 1. 121 – 125.

« N »

- 116. Nanfack N A., Carine F F., Anyangwe., V.K.P., Katte B., Fogoh J M., (2014)** .Eaux non conventionnelles : un risque ou une solution aux problèmes d'eau pour les classes pauvres, Université de Dschang, Cameroun.
- 117. Normes Algériennes., (1992).** NA. 6360, 1^{ère} édition, Ed EX. INAPI. IANOR, PP: 5-7.

« O »

- 118. OMS., (1986).** Directive Pour La Qualité De L'eau De Boisson. Volume 1 (Recommandations). Organisation Mondiale De La Santé. 2^{ème} édition. 211p.
- 119. OMS., (1994).** Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 1, recommandations, Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 202 p.
- 120. OMS., (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2, critères d'hygiène et documentation à l'appui, 2^{ème} édition, 1050 p.
- 121. OMS., (2004).** Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3^{ème} édition, Vol 1. Directives, Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.
- 122. OMS., (2005).** Célébration de la décennie internationale d'action : L'eau source de vie 2005-2015, Journal mondial de l'eau 2005, Guide de sensibilisation, Genève, Suisse, 34p.
- 123. OMS., (2007).** Combattre les maladies véhiculées par l'eau a la mai-son ; Le réseau international pour le traitement et la bonne conservation de l'eau à domicile.36p.
- 124. OMS., (2012).** Prévention et lutte contre l'hépatite virale, Organisation mondiale de la Santé, Gèneve, P04.
- 125. Ouahdi A., 1995.** Les maladies à transmission hydrique : 45p.
- 126. Ould-kada M., 2010.** Recueil de texte réglementaire sur la prévention. 1816p.

« P »

- 127. Pacary V., Barré Y., Plasari E., 2008.** Modeling and comparison of continuous and semi-continuous processes for simulating decontamination of liquid nuclear wastes by the coprecipitation of strontium ions with barium sulfate. Int. J. Chem. Reactor Eng. 6, A32.
- 128. Philip P., 1996.** Pollutions et nuisances in « fragile Méditerranée à la reconquête d'un équilibre écologique » ; éd. EDISUD : 250p.
- 129. Potelon J-L ., Zyman K., (1998).** Le guide des analyses d'eau potable, la lettre du cadre territorial.
- 130. Pourriot R & Meybeck M., (1995).** Limnologie générale, Masson, Paris.

131. Pradyt., Patnaik .Dean's Analytical Chemistry Handbook (McGraw-Hill Handbooks). Second edition. 1114 p.

« Q »

132. Queneau P., Hubert J., (2009). Place des eaux minérales dans l'alimentation, Rapport de l'académie national de médecine, Société française de l'hydrologie et climatologie médicale, France, PP : 175-220.

« R »

133. Ramade F., (1982). Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère. 2^{ième} édition. Masson. Paris. 422 p.

134. Ramade F., 2000. Encyclopédique de la pollution .Edition internationale. Paris. 755p.

135. Ramade F., 2010. Eléments d'écologie: Ecologie appliquée.7^{ème} édition DUNOD, Paris.754p.

136. Remini B., (2010). La problématique de l'eau en Algérie, Larhyss Journal, N° 08, PP : 27-46.

137. Rejsek F., (2002). Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et technique.

138. Revue des sciences de l'eau., 2008. Volume 21, Numéro 2, 2008, p. 107–109.

139. Richard C., (1996). Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux, Ed. Scientifiqueset Médicales, Elsevier, Paris, 115 p.

140. Rodier J., Bazin C., Broutin J. P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L., (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

141. Rodier J., 2006. L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8^{ème} Edition. Paris.

142. Rodier J., Legube B., Merlet N., (2009). L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Ed. Dunod, 1579p.

« S »

143. Saadali B., (2007). Etude de la qualité des eaux de sources issues du massif dunaire de Bouteldja (Algérie extrême Nord oriental), Mémoire de magister en géologie, Géosciences, faculté des sciences de la terre, département de géologie Université Badji Mokhtar-Annaba, 110p.

144. Sahnouni F., 2003. Surveillance de la qualité des eaux marines du littoral oranais Cas des baies de Cap Falcon, des Andalouses et de Maddagh. Mémoire de Magister, Dépt de Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Oran : 149p.

- 145. Savary P., (2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau, territorial édition, Voiron, PP : 10-179.
- 146. Sedrati N., (2011).** Origines et caractéristiques physico-chimiques des eaux de la wilaya de Biskra-sud est Algérien, thèse de doctorat en géologie, Hydrogéologie, faculté des sciences de la terre, département de géologie, Université Badji Mokhtar-Annaba, 252p.
- 147. Seltzer P., (1946).** Le climat de l'Algérie. Institut de météorologie et physique du globe, Alger, Algérie, 219p.
- 148. Service de l'Eau (SEVESC), (2013).** Qualité de l'eau potable en sortie de l'usine de traitement d'eau potable de Versailles et Saint Cloud, 11p.
- 149. Simonet S., 2011.** Les cahiers du plan bleu 10. Adaptation au changement climatique dans le secteur de l'eau en méditerranée : situation et perspective, 67p.
- 150. Stewart TH., (1974).** Un nouveau climagramme pour l'Algérie et son application au barrage vert. Extr.de la Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord, 65, 239-252.

« T »

- 151. Taleb M., 2006.** État de l'assainissement d'une zone côtière Analyses et perspectives d'aménagement Cas: Commune d'Aïn El Turck. Mémoire de Magister. Université d'Oran. 158p.
- 152. Tazi O., Fahde A., El Younoussi S., (2001).** Impact de la pollution sur l'unique réseau hydrographique de Casablanca (Maroc), Sécheresse, PP : 129-134.
- 153. Thierrin J., Steffen P., Cornaz S., Vualaz F-D., Balderer W., Looser M., Zpbrit J et Zumstein J., (2001).** Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie. 57p.
- 154. Travel A., (2006).** Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov., N° 121, PP : 21-23.

« W »

- 155. W Kherifi, F Bekiri., 2016.** Les maladies à transmission hydriques en Algérie .journal Algérien des régions Arides (JARA) 74-83p.

« Y »

- 156. Youmbi J.G.T., Feumba R., Njitat V.T., Marsily G., Ekodeck G.E., (2013).** Pollution de l'eau souterraine et risques sanitaires à Yaoundé au Cameroun, Colloque panafricain (Dakar 2012), Comptes Rendus Biologies, Elsevier Masson SAS., PP : 310–316.

« **Z** »

157. Zair M., (2011). Bilan écologique et socio-économique des reboisements dans la wilaya de Nâama. Thèse Magister. Université de Tlemcen. 236p.

158. Zeddouri A., (2003). Contribution à L'étude Hydrogéologique Et Hydro-chimique De La Plaine Alluviale De Guelma (Essai De Modélisation), Guelma, NE Algérien. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, Annaba. 107 p.

159. Zumstein J., (2001). Guide Pratique De L'échantillonnage Des Eaux Souterraines. Société Suisse D'Hydrogéologie. 57p.

Annesses

1. Milieux de cultures

Recherche des Germes totaux (TGEA: Tryptone Glucose Extrait Agar)

- Gélose à l'extrait de levure tryptone 6 g
- Extrait de levure déshydraté 3 g
- Agar 15 g
- Eau déionisée *q.s.p.* 1 000 ml.

Recherche des Germes totaux (PCA : Plate Count Agar)

- Peptone de caséine 5,00
- Extrait de levure 2,50
- Glucose 1,00
- Agar 15,00 0,2±
- pH final à 25°C : 7,0 ± 0,2.

Recherche des Coliformes totaux (tergitole TTC7)

- Peptone 10,00
- Extrait de levure 6,00
- Extrait de viande 5,00
- Lactose 20,00 Tergitol® 7 0,10
- Bleu de bromothymol 0,05 Agar 15,00
- pH 7,2 ± 0,2 à 25°C

Recherche des Coliformes totaux (Bouillon lactosé au bromocrésol pourpre BCPL milieu simple et double concentrations) en g/l d'eau distillée

	Milieu S/C	Milieu D/C
➤ Peptone.....	5.....	10
➤ Extrait de Viande.....	2.....	4
➤ Lactose.....	5.....	10
➤ Pourpre de bromocrésol.....	0,025.....	0,05

pH final : 6,9 ± 0,2

Recherche des Coliformes fécaux (Bouillon de Schubert) en g/l d'eau distillée

- Tryptophane.....0,2
- Acide glutamique.....0,2
- Sulfate de magnésium.....0,7
- Citrate de sodium.....0,5
- Sulfate d'ammonium.....0,4
- Chlorure de Sodium..... 2
- Peptone.....10
- Mannitol.....7,5
- Phosphate disodique.....4
- Phosphate monopotassique.....0,6

pH final : $7,4 \pm 0,2$

Réactif de Kovacs

- Paradiméthylaminobenzaldehyde.....5 g
- Alcool iso-amylque.....75 ml
- Acide chlorhydrique.....25 ml

La gélose Tryptone-Soja (TSA)

- Peptone de caséine 15,00
- Peptone de soja 5,00
- Chlorure de sodium 5,00
- Agar 15,00

pH final à 25°C : $7,3 \pm 0,2$

Recherche des Streptocoques fécaux (Milieu Slanetz et Bertley)

- Tryptose 20,00
- Extrait de levure 5,00
- Glucose 2,00
- Phosphate dipotassique 4,00
- Azide de sodium 0,40
- Agar 12,00.

$0,2 \pm \text{pH final à } 25^\circ\text{C} : 7,0 \pm 0,2.$

Test confirmatif : La gélose Bile-Esculine-Azide (B.E.A.) est un milieu d'isolement et de différenciation des Streptocoques du groupe D

- Goldberg et Sampson (2).
- Tryptone 17
- Peptone 3
- Extrait de levure 5
- Bile de bœuf déshydratée 10
- Chlorure de sodium 5
- Esculine 1
- Citrate de fer et d'ammonium 0,5
- Azoture de sodium (NaN₃) 0,15
- Agar 15 pH final 7,1 ± 0,2

Recherche des Streptocoques fécaux (Milieu de ROTHE : milieu simple et double concentrations) en g/l d'eau distillée

Milieu S/C Milieu D/C

- Hydrolysats tryptique de caséine.....12,6.....25,2
- Peptone bactériologique.....8.....16
- Glucose.....5.....10
- Chlorure de sodium.....5.....10
- Phosphate dipotassique.....2,7.....5,4
- Phosphate monopotassique.....2,7.....5,4
- Azide de sodium.....0,2.....0,4

pH final : 6,8 ± 0,2

Test confirmatif (Milieu EVA Litsky) en g/l d'eau distillée

- Peptone20
- Glucose.....5
- Chlorure de sodium.....5
- Phosphate dipotassique.....2,7
- Phosphate monopotassique.....2,7
- Azohydrate de sodium.....0,3
- Ethyl-violet.....0,0005 pH final : 6,8 ± 0,2

Recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs: Gélose viande-foie en g/l d'eau distillée

- Base viande-foie.....30
- Glucose.....2
- Amidon.....2
- Agar.....11

pH final : $7,6 \pm 0,2$

Recherche des *Clostridium* sulfito-réducteurs: TSC (Tryptone Sulfite Neomycine)

- Tryptone 15,00
- Sulfate de néomycine 0,05
- Extrait de levure 10,00
- Sulfate de polymyxine B 0,02
- Sulfite de sodium 1,00
- Agar 13,50
- Citrate ferrique ammoniacal 0,50

pH $7,3 \pm 0,2$ à 25°C

2. Tableaux

Tableau 12 : Table de Mac Grady.

Nombre de tubes donnant une réponse positive			Indice NPP
3 tubes de 10ml	3 tubes de 1 ml	3 tubes de 0.1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	0	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	29
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	0	93
3	2	1	190
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100
3	3	3	1400

Tableau 13 : Normes algériennes 2014 des paramètres physicochimique pour l'eau potable.

Groupe de paramètres	Paramètres	Unité	Valeurs indicative
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur à 25°C	Taux de dilution	4
	Saveur à 25°C	Taux de dilution	4
Paramètres physico chimique en relation avec la structure naturelle des eaux	Alcalinité	mg/l CaCO ₃	65 pour les eaux dessalées et déminéralisées (valeur minimale)
	Calcium	mg/l	200
	Chlorure	mg/l	500
	Concentration en ions d'hydrogène	Unité de PH	≥ 6,5 et ≤ 9
	Conductivité	µS/cm	2800
	Dureté (TH)	mg/l en CaCO ₃	500
	Fer total	mg/l	0,3
	Manganèse	µg/l	50
	Phosphore	mg/l	5
	Potassium	mg/l	12
	Sodium	mg/l	200
	Sulfate	mg/l	400
	Température	°C	25
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Nitrate	mg/l	50
	Nitrite	mg/l	0,2

Tableau 14 : Résultats d'analyses physicochimiques des eaux des quatre sources étudiées.

Normes	Paramètres /(Unités)	Source1: Ksar			Moyenne	Source2: Benhandjir			Moyenne	Source3: Hassi Hamrad			Moyenne	Source4: El breidj			Moyenne
25	Température (°C)	21,2	21	21	21,066667	20,7	20,7	20,8	20,733333	20,9	21	20,7	20,866667	19,5	20,9	21,2	20,533333
≥ 6,5 et ≤ 9	Potentiel Hydrogène (pH)	7,85	7,94	7,99	7,926667	7,55	7,49	7,45	7,496667	7,89	7,59	7,84	7,773333	7,17	7,38	7,38	7,31
5	Turbidité (NTU)	0,534	0,803	0,731	0,689333	0,571	0,633	0,602	0,602	1,15	2,23	4,77	2,716667	0,634	1,36	0,867	0,953667
2800	Conductivité électrique (µS/cm)	423	423	424	423,3333	1883	1899	1901	1894,3333	807	829	811	815,6667	1905	1907	1907	1906,3333
200	Ca ²⁺ (Mg/L)	76,95	76,96	76,97	76,96	89,77	89,79	89,8	89,786667	120,24	120,26	120,29	120,26333	105	104,9	105,1	105
150	Mg ²⁺ (Mg/L)	24,78	24,7	24,72	24,733333	64,63	64,59	64,6	64,606667	38,88	38,84	38,8	38,84	72,41	72,4	72,39	72,4
200	Na ⁺ (Mg/L)				0,78				1,38				0,32				1,28
12	K ⁺ (Mg/L)				4				7				4				7
0,3	Fe ⁺ (Mg/L)	0,007	0,008	0,006	0,007	0,001	0,003	0,002	0,002	0,03	0,032	0,03	0,030667	0,01	0,012	0,011	0,011
500	Cl ⁻ (Mg/L)	37,58	37,5	37,61	37,563333	78,7	78,77	78,75	78,74	69,48	69,44	69,47	69,463333	127,63	127,61	127,6	127,61333
50	NO ₃ ⁻ (Mg/L)	12	12,4	13	12,466667	23	22,8	23	22,933333	30	31	30,7	30,566667	11	10,7	12	11,233333
0,2	NO ₂ ⁻ (Mg/L)	0,004	0,005	0,0042	0,0044	1,605	1,61	1,63	1,615	0,042	0,046	0,05	0,046	0,004	0,0038	0,004	0,0039333
400	SO ₄ ⁻² (Mg/L)	210	210,2	209	209,73333	422	421	420	421	333	330	334	332,33333	380	380,1	380	380,03333
5	PO ₄ ⁻³ (Mg/L)	0,046	0,05	0,049	0,0483333	0,015	0,017	0,014	0,0153333	0,045	0,05	0,044	0,0463333	0,048	0,045	0,043	0,0453333
0,5	NH ₄ ⁺ (Mg/L)	0,004	0,0042	0,0045	0,0042333	0,022	0,025	0,02	0,0223333	0,038	0,039	0,036	0,0376667	0,028	0,025	0,03	0,0276667
0,05	Mn ⁺ (Mg/L)	0,019	0,02	0,015	0,018	0,024	0,022	0,023	0,023	0,022	0,02	0,021	0,021	0,025	0,021	0,03	0,0253333
50	Dureté TH (°F)	29,4	29,15	29,41	29,32	49	49,2	49	49,066667	46,1	46	46,3	46,133333	56	55,9	56,1	56
1	Ba (Mg/L)				0,25				0,5				0,5				0,5
	Li (Mg/L)				0				0				0				0

3. Figures

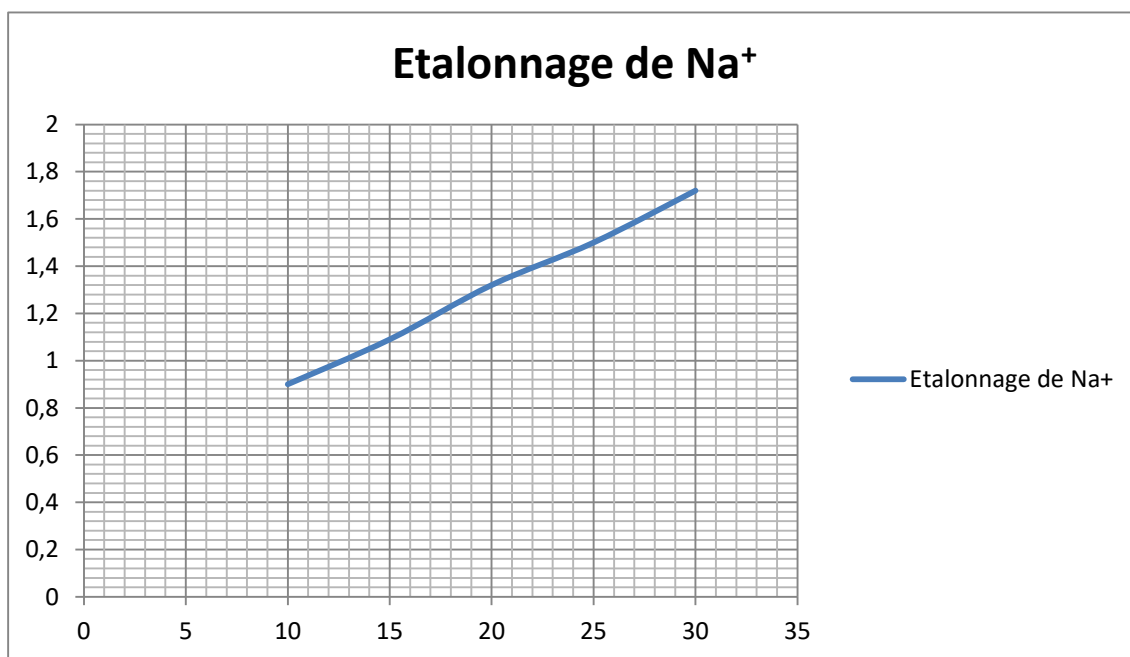


Figure 59 : Courbe d'étalonnage des ions de Sodium.

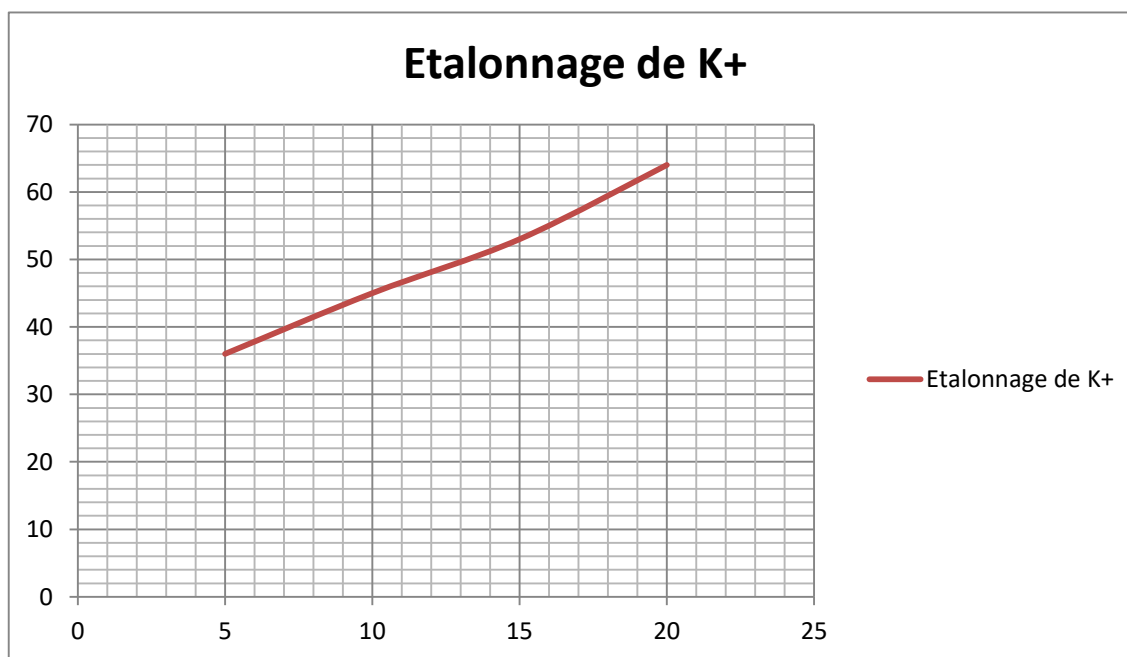


Figure 60 : Courbe d'étalonnage des ions de Potassium.

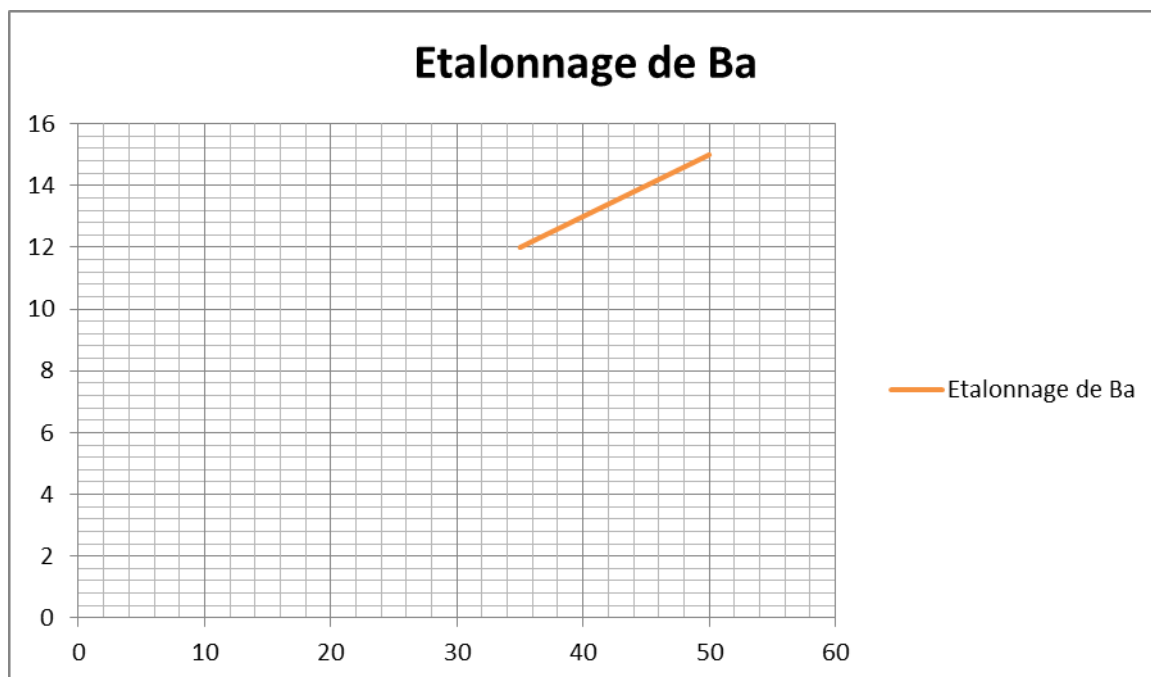


Figure 61: Courbe d'étalonnage des ions de Baryum.

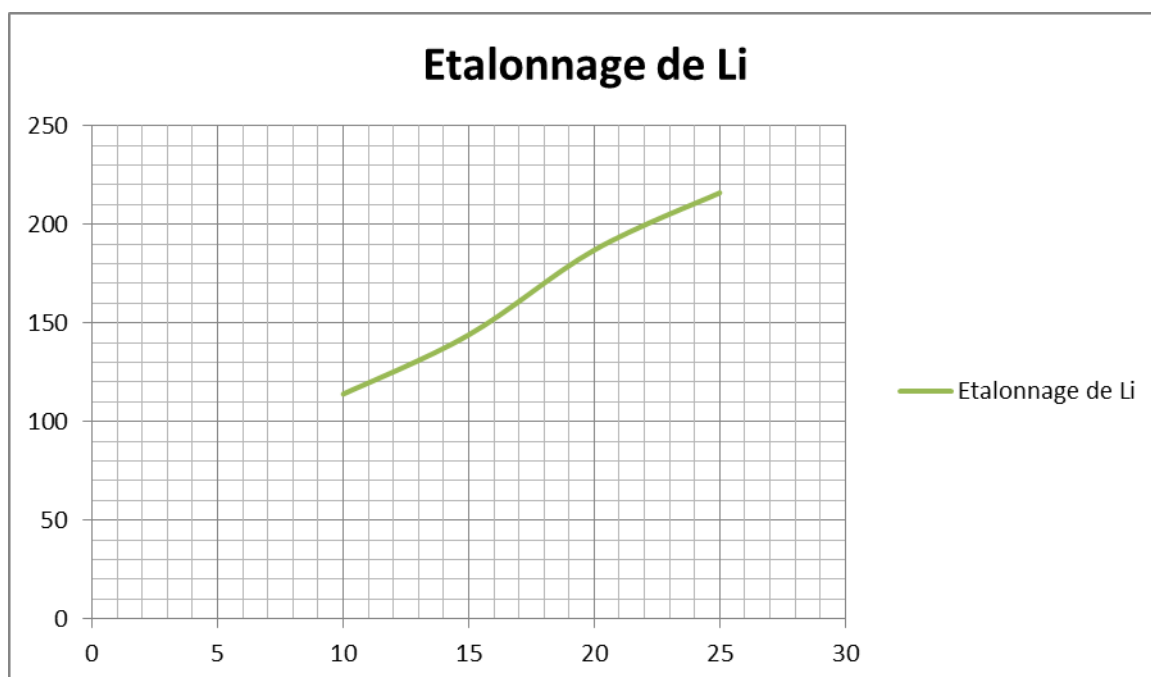


Figure 62 : Courbe d'étalonnage des ions de Lithium.