



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université de Blida - 1 –

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biologie et
Physiologie Cellulaire

Laboratoire de Recherche Biotechnologies ,Environnement et Santé

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de Diplôme de Master en Biologie

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Sciences Biologiques Marines et Continentales

Spécialité : Ecosystème aquatique.

Thème :

**Etude de la qualité physico – chimique et
bactériologique des eaux des deux barrages
Deurder (Ain defla) et Boukourdane (Tipaza).**

Soutenu par : M^{elle} : SEBSI AICHA
M^{elle} : HAMEK FATMA ZOHRA

Le : 30 /06/2018



- Devant le jury composé de:

M ^{me} : Med MAHMOUD F .	MCB UB 1	Présidente
M ^{me} : KHTTER S .	MAA UB 1	Examinatrice
M ^{me} : CHAICHI W.	MCB UB 1	Promotrice
M ^{me} : CHAOUA M .	Chef de Section (A.N.R.H)	Co-promotrice

Année universitaire 2017 -2018



REMERCIEMENTS

Nos remerciements avant tout au Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé, le courage et la patience qu'il nous a donnés pour pouvoir arriver à ce niveau afin de réaliser ce modeste travail.

*Au **PROPHÈTE MOHAMED** paix et salut sur lui*

A nos parents qui n'ont pas cessé à tout moment de nous protéger et de veiller à notre instruction.

*A notre promotrice **Mme : CHAICHI W.** pour avoir assuré notre encadrement, pour leur aide, pour leurs efforts et leurs précieux conseils.*

*Ma profonde gratitude s'adresse tout particulièrement et j'adresse l'expression de ma vive reconnaissance à mon co-promotrice **M^{elle} CHAOUA Malika**, Chef de Section des Ressources Hydrauliques, la Direction Régionale Centrale. Blida., qui a dirigé ce travail, pour son soutien, sa patience, sa gentillesse tout le long de mon travail et elle m'a fait partager son expérience enrichissante dans le domaine .*

*Nous adressons nos sincères remerciements à **Mme Mohamed Mahmoud** de nous avoir fait l'honneur de présider ce travail.*

*Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à **Mme Khetter .S** pour l'honneur d'examiner ce travail.*

*Je remercie vivement le directeur **Mr H. Rabhaoui**, et le chef service **M^{elle} F.Khemici** de l'Agence National en Ressources Hydrauliques de m'avoir accueilli dans ce laboratoire durant mes mois de préparation de rapport.*

Et à tout le personnel de laboratoire de chimie des eaux de la Direction Régionale Central Soumaa. Blida qui par leur gentillesse, leur modestie, leur aide, leur conseil et leur encouragement .

*Nous adressons également notre reconnaissance à Mr. **TEFAHI** qui nous a acceptés faire notre stage pratique au niveau de laboratoire. Malgré ses innombrables occupations au laboratoire comme ailleurs, il nous a consacré énormément de temps, il nous a transmis une partie de son savoir avec beaucoup de patience et de rigueur.*

Nos sincères remerciements s'adressent également à : A tous nos enseignants qui nous ont initié aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect et d'un profond amour !!!

Et à tous ceux qui nous ont enseigné tout au long de notre vie scolaire Nous n'oublions pas bien évidemment nos collègues de promotion «Science de la nature et de la vie» en les saluant chaleureusement pour les agréables moments passés ensemble !



A Toutes et à tous, on vous dit Merci

DEDICACE



*Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été la source de l'amour, de la tendresse, et du courage **A mes très chers parents MAHFOUD ET GHANIA** En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi*

*A ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir : Mes adorables sœurs **FATIMA ET KHADIDJA** ; et mes beaux frères **KAMEL ET YOUGHOURTA**.*

*A mon petit ange **MOUHAMED EL AMINE***

*A ma grande mère **BAYA** et à tous les membres de ma famille, petits et grands.*

*A ma binôme **FATMA ZOHRRA** je te remercie pour ta patience, ta gentillesse et ton courage durant cette expérience.*

A mes chers collègues Et à mes chères ami(e)s ; en témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail .

A mes professeurs, qui doivent voir dans ce travail le fruit d'un savoir

Bien acquis

A Mr Teffahi



M^{elle} : SEBSI Aicha

DEDICACE



*Je dédie ce mémoire en premier lieu à ceux qui m'ont donné la vie, qui m'ont été la source de l'amour, de la tendresse, et du courage **A mes très chers parents RABAH ET HAMIDA** En priant Dieu jour et nuit qu'il les garde et les protège pour moi*

*A ceux qui n'ont jamais cessé de me chérir et me soutenir : Mes adorables sœurs **FATIHA ET NASSIMA ET ZINEB** ; et mes beaux-frères **YOUCEF ET MOURAD ET YOUNES ET OUTMEN**
A ma grande mère **FATMA ZOÛRA** et ma grand père **RABAH** à tous les membres de ma famille, petits et grands, et je remercie ma belle-sœur **FATIMA** et son conjoint **YOUGHOURTA***

*A ma binôme **AICHA** je te remercie pour ta patience, ta gentillesse et ton courage durant cette expérience*

*A mes chers collègues Et à mes chères ami(e)s ; en témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail
A mes professeurs, qui doivent voir dans ce travail le fruit d'un savoir bien acquis*

A Mr Teffahí.



M^{elle} : HAMEK Fatma Zohra

Les changements climatiques de ces dernières décennies ont engendré un stress hydrique qui s'est répercuté négativement sur la végétation mais sur le niveau des barrages et les retenues collinaires. A cette situation, s'ajoute la qualité de l'eau qui se trouve bien dégradée suite aux multiples facteurs de pollution aussi bien domestiques qu'industrielle.

L'objectif du présent travail est d'évaluer le niveau de la pollution des eaux des deux barrages de Deurdeur et de Boukerdene situés respectivement à la willaya de Tipaza et d'Ain Defla. Nous avons procédé à la détermination des paramètres physicochimiques telle que la température, le pH, la salinité, la conductivité, l'oxygène dissous, la transparence, la DBO5, la DCO, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+} .Ainsi bactériologiques telle que des coliformes totaux et fécaux ainsi que les streptocoques fécaux, salmonelle, vibron dans une période de 04 mois allant de février au mai 2018.

- Notre étude a révélé une bonne qualité physicochimiques des eaux à l'exception éléments nutritifs (NO_2) et une mauvaise qualité bactériologiques par la présence des coliformes totaux et fécaux .

Afin de préserver la qualité des eaux des deux barrages, il est nécessaire d'instaurer un programme de contrôle et de surveillance continu des différentes sources de pollution.

Mots clé : Eau, Barrage, Deurdeur, Boukerdene , qualité physicochimique, qualité bactériologique.

The climate changes of recent decades have led to water stress which impacted negatively on vegetation but on the level of dams and small dams. This situation is added the water quality which is much deteriorated following multiple factors for both domestic and industrial pollution.

Water is a limited and vulnerable resource, essential for life, development and the environment. We proceeded to the determination of revealing parameters of organic and inorganic pollution and bacteriology in each of the two dams and compare their evolution over time during 4 months, from February to May 2018 at the two wilaya laboratories of Blida (ANRH and lab) hygiene).

The objective of this work is to evaluate the level of the physicochemical and bacteriological quality of the two Deurdeur and Boukerdene dams located respectively in Tipaza and Ain Defla . physicochemical parameters have been analyzed including temperature, the pH, the salinity, the conductivity, the dissolved oxygen, the transparency, the BOD5, the COD, NO₃, NO₂, NH₄⁺, PO₄³⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻, Cl⁻, Fe²⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ . Concerning the bacteriological parameters, it's the research of total and fecal coliforms, in addition to fecal streptococcus . in each of the two dams and compare their evolution over time during 4 months, from February to May 2018 .

The results of the physicochemical analysis reveal a good quality of the studied water except for nutrients (NO₂) . and total coliform levels exceeded the standards for poor quality . In order to preserve the water quality of the two dams, it is necessary to establish a program of control and continuous monitoring of the different sources of pollution.

Key words: « Deurdeur and Boukerdene » dams, physical quality, bacteriological quality. , water.

لقد أدى تغير المناخ في العقود الاخيرة الى الاجهاد المائي الذي اثر على الغطاء النباتي و لكن على مستوى السدود الصغيرة يضاف لهذا الوضع نوعية المياه التي تدهورت كثيرا هذه التالية اتت من عوامل متعددة للتلوث سواء المنزلية او الصناعية.

يهدف هذا العمل الى دراسة المعايير الفزيوكيميائية و البيولوجية لمياه كل من سدي دردر وبوكردان الذان يقعان في ولايتي تيبازة و عين الدفلى على الترتيب.

تم تحليل معايير فزيوكيميائية متمثلة في الحرارة, درجة الحموضة, الناقلية الاكسجين المذاب, الشفافية, طلب الاكسجين الكميائي (ط ا ك) , طلب الاكسجين البيوكميائي (ط ا ب) ,

NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Fe^{2+} , Ca^{2+} , Mg^{2+}

ام بالنسبة للمعايير الجرثومية الهدف هو البحث عن الكوليفورم الكلي , السبحية البرازية. ولقد اظهرت هذه الدراسة جودة عالية للمياه من حيث المعايير الفزيوكيميائية باستثناء النتريت مع النوعية الرديئة من حيث المعايير البكتريولوجية نتيجة وجود الكوليفرم الكلي والجزئي.

الكلمات المفتاحية: سد "دردر وبوكردان" ، الجودة الفيزيائية الكيميائية ، الجودة البكتريولوجي . المياه.

Liste d'abréviation

A.E.P : Alimentation en Eau Potable

ANDI : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

ANBT : Agence Nationale des barrages transferts

BCPL : Bouillon pourpre de bromocresol

BGN : bacilles gram négatifs

CGP : cocci à Gram positif

CT : Coliformes Totaux

CF : Coliformes Fécaux

CPA: concentrations maximales admissibles.

DCO : La demande chimique en oxygène.

DBO : La demande biochimique en oxygène.

EPA : Eau Peptonée Alcaline

ETM : élément en trace métallique

GNAB : Gélose Nutritive Alcaline Biliée

NPP : nombre le plus probable

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

MES : Matière En Suspension.

SFB : bouillon sélénite –cystéine

SEAL : société des eaux et de assainissement d'algie

Introduction.....	01
-------------------	----

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Généralité	
1. Diversité des milieux aquatiques.....	03
1.1. Les eaux stagnantes	03
1.1.1 Les eaux des lacs.	03
1.2. les eaux courantes	04
1.3 les eaux souterraines	04
2. Paramètres physico-chimiques	05
2.1. Température	05
2.2. Turbidité	05
2.3. Matières en suspensions.....	06
2.4. PH.....	06
2.5. Solides Totaux Dissous.....	06
2.6. Conductivité électrique	06
2.7. Minéralisation globale.....	06
2.8. Résistivité électrique.....	06
2.9. Résidu sec.....	07
2.10. Calcium.....	07
2.11. Magnésium	07
2.12. Sodium et potassium.....	08
2.13. Chlorures.....	08
2.14. Bicarbonates.....	08
2.15. Sulfates	08
2.16. Azote ammoniacal.....	09
2.17. Nitrites	09
2.18. Nitrates.....	09
2.19. Phosphates	09
2.20. Matières organiques dissoutes.....	10

2.21. Oxygène dissous	10
2.22. Demande biochimique en oxygène.....	10
2.23. Demande chimique en oxygène.....	11
2.24. Carbone organique total.....	12
2.25. Azote.....	12
2.26. Matières organiques.....	13
2.27. Sulfures.....	13
2.28. Dioxyde de carbone libre.....	13
2.29. Silices	13
2.30. Titre hydrotimétrique.....	13
2.31. Titre Alcalimétrique et Titre alcalimétrique complète.....	14
2.32. Equilibre ionique.....	14
2.2. Micropolluants.....	15
3. Paramètres microbiologiques.....	16
3.1. coliformes totaux	
3.2. Coliformes Thermo-tolérants	
3.3. Streptocoques fécaux (37°C)	
3.4. Salmonelles	
3.5. Vibrions Cholériques	
4. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable.....	17
4.1. Système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau).....	18
4.1. 1.Normes et classes de la qualité des eaux naturelles	
4.1.1.1. Normes des eaux superficielles et souterraines	
4.1.1.2. Méthodologie de cartographie de la qualité de l'eau	
5. Modélisation des paramètres de la qualité des eaux par les méthodes d'analyse de la statistique.....	21
5.1. Diagrammes en boîtes.....	22
5.2. Analyse en Composantes Principales (A.C.P.).....	22
5.3. Une analyse de variance à un facteur (One-Way ANOVA)	22
Chapitre II : Matériel et Méthodes	
1. Présentation de la zone d'étude:.....	23
1.1. Site d'étude sur le barrage de Deurdeur.....	23
2.1. Site d'étude sur le barrage de Boukerdane.....	27

3. Méthodologie utilisée	33
3.1. Méthodologie d'échantillonnage des eaux de barrage	33
4. Méthodologie de travail.....	37
5. Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux des deux barrages.....	36
5.1. Mesures in situ.....	36
5.2. Analyses au laboratoire.....	36
5.3. Analyses bactériologiques	52
6. Interprétation les paramètres physico-chimiques et bactériologie...	64
6.1. Les paramètres physiques	65
6.2. Les éléments minéraux.....	66
6.4. La dureté totale et l'alcalinité.....	68
6.5. Les matières oxydables	69
6.6. Qualité bactériologique des eaux étudiée.....	70
7. Grille de la classification les eaux de barrage « Deurdur et Boukerdene »	72
8. Application des tests statistiques aux données hydrochimiques des eaux superficielles.....	73
8.1. Analyse statistique en Composantes Principales (A.C.P.).....	73
8.2. Analyse statistique en Diagramme en boîtes à moustaches.....	78
8.3. Comparaison quantitative des paramètres physico-chimique et bactériologiques.....	81
8.3.1. Comparaison quantitative des paramètres physico-chimique des eaux de barrage de « Deurdur et Boukerdene ».....	81
8.3.2. Comparaison quantitative des paramètres bactériologique eaux de barrage de « Deurdur et Boukerdene ».....	84
Conclusion.....	85
Perspective et recommandation	
Références Bibliographiques.	
Annexe	

A teal vertical bar is positioned on the left side of the page. From the bottom of this bar, several thin, curved teal lines extend upwards and outwards, creating an abstract, grass-like or reed-like pattern.

Introduction

L'eau est une ressource limitée et vulnérable, vitale pour l'homme : sa survie, son alimentation, ses activités agricoles, économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle universel de tout type de pollution (**Benayache, N.2013**)

Les études menées par le plan bleu pour l'environnement et le développement de la méditerranée, sous l'égide du programme des nations unies pour l'environnement, indiquent que les régions méditerranéennes, et notamment l'Algérie, seront confrontées à l'horizon 2050 à une forte diminution et à une importantes pollution des ressources en eau induites par la pression anthropique (agriculture, industrialisation, urbanisation, tourisme...) (**Khodir, 2002**) et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs (**Makhoukh et al, 2011**).

Effectivement ; malgré que l'Algérie soit un pays ayant de grandes ressources en eaux. Les eaux susceptibles d'être utilisées comme eaux potables sont les eaux superficielles ; mais malheureusement ces eaux sont de plus en plus polluées. Ceci exige ; afin de les rendre potables, des traitements longs et coûteux.

Les diverses études en Algérie ont porté sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement (**Kahoul M, Touhami M. 2014**).

La wilaya de Tipasa et d'Ain Defla qui sont l'une des grandes villes d'Algérie possède d'énormes réserves d'eau superficielles et souterraines et la quasi-totalité de sa population est raccordée au réseau de distribution en eau potable.

Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation au niveau de ces villes, nous avons réalisé une étude qui a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes de deux barrages « Boukerdane » et « Deurdeur » et ce, en mesurant d'abord selon les techniques d'analyse décrites par Rodier et *al.*, (2009) sur plusieurs échantillons mensuelles prélevés étiqueté (la date ; le nom ...) durant un période du 04 mois (Février à Mai) sur le site et en comparant les résultats aux normes OMS de potabilité de l'eau de manière à déterminer la qualité des eaux de deux barrages .

La surveillance bactériologique et la surveillance physico-chimique des eaux sont considérées comme des outils complémentaires et sont reconnus comme des composantes essentielles des programmes de surveillance de la qualité de l'eau. En effet, la surveillance

bactériologique mesure les effets des perturbations sur les communautés biologiques en place tandis que la surveillance physicochimique mesure les agents polluants.

l'objectif de notre travail consiste à déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux des deux barrages et à évaluer leur qualité bactériologiques en se basant sur les normes d'OMS et en utilisant un Classification et statistique multivariable (diagrammes en boîtes, Analyse en Composantes Principales, le test Tukey et diagrammes ternaire) .

Ce Thème nous a amené à diviser notre travail en trois chapitres:

Chapitre I: Recherche bibliographique : une synthèse bibliographique sur les eaux en général superficiels, et les paramètres de qualité;

Chapitre II:

Présentation de la zone d'étude : la présentation des principales conditions géologiques, climatiques ainsi que la description du barrage et ces ouvrages;

Matériels et Méthodes : expose les matériels et méthodes utilisées pour évaluer la qualité physico- chimique et bactériologique des eaux des deux barrages « Deurdeur et Boukerdene).

Chapitre III: Résultats et interprétation : ce chapitre est consacré aux différents résultats et discussions. Le dernier se concentre sur l'utilisation des méthodes statistiques pour la caractérisation et la classification des eaux des deux barrages des régions d'étude.

Conclusion : Et enfin une conclusion générale dans laquelle nous exposerons les résultats obtenus et proposer quelques recommandations.

I. Généralités :

1. Diversité des milieux aquatiques :

la notion du milieu aquatique englobe, dans le domaine continentale, des types très variés d'écosystème qui comprennent aussi bien des eaux courantes (sources, ruisseaux, torrent, rivières, fleuves et canaux) que des zones humides (marais, tourbières) et des dites stagnantes (mares, étangs, gravières, ballastières, lacs,.....)(**Grosclaude. G, 1999**).

1.1. Les eaux stagnantes :

Il existe un continuum entre les cours d'eau typique, à courant plus ou moins rapide selon la pente des terrains, et les eaux dites stagnantes résultant de l'accumulation de l'eau dans les dépressions naturelles ou artificielles (mares, étangs, lacs et retenues).

Le temps de séjour des eaux, caractéristique fondamentale des eaux stagnantes, est extrêmement variable, dépendant de l'importance des apports annuels par rapport au volume de la cuvette. Ce paramètre essentiel représente le temps durant lequel l'eau subit l'influence des facteurs qui vont conditionner son évolution physico-chimique et biologique (**Grosclaude. G, 1999**).

1.1.1. Les eaux des lacs :

Elles sont caractérisées par un courant de vitesse nulle, ou quasi nulle. Elles sont souvent des eaux moins pures (**Ben Abdarrezzak . A, 2010**). Elles se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et chimique. Les lacs doivent faire l'objet de grandes précautions à prendre : il faut placer la prise d'eau en amont d'une ville pour éviter la pollution par les égouts se déversant dans le lac. On doit en outre craindre les possibilités de courants de retour, dus à certains vents, qui peuvent ramener l'affluent des égouts vers la prise d'eau d'alimentation (**Bouziane. M, 2000**).

1.2. les eaux courantes :

Les eaux courantes comprennent les ruisselets, ruisseaux, rivières et les fleuves. Il s'agit d'écosystèmes où l'eau est en mouvement plus ou moins rapide en fonction du débit, de la déclivité - c'est-à-dire du relief, de la surface de friction et de la rugosité du fond du cours d'eau. Les petits ruisselets proches des sources, étroits, de température toujours froide, au courant rapide dévalant une pente souvent prononcée, se jettent dans des ruisseaux et rivières plus larges et plus profonds, au débit plus important au fur et à mesure des différentes confluences et de la contribution des affluents. A la différence des eaux courantes, les eaux stagnantes sont des zones où la sédimentation intense va progressivement oblitérer la cuvette. (**Ben Abdarrezzak. A, 2010**).

1.3. les eaux souterraines :

Les eaux souterraines résultent de l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique. Elles se ruissellent vers les nappes. Il existe plusieurs types. La nappe libre est directement alimentée par les eaux de ruissellement. Elle est très sensible à la pollution (**Ben Abdarrezzak. A, 2010**).

Les eaux souterraines alimentent un grand nombre de petites municipalités. Elles ont des caractères très diversifiés. Elles sont généralement limpides, incolores, peu minéralisées et ne contiennent pas de microorganismes dangereux. Elles sont potables variable, selon la nature du sous-sol, et la profondeur du puits (**Degremont ,1997**).

2. Paramètres physico-chimiques

2.1. Température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. Selon leurs températures, les eaux naturelles sont classées comme suit ; hypothermies, hyperthermies (**Mokeddem K et al , 2005**).

2.2. Turbidité

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (**Jean -Claude. B, 1983**).

2.3. Matières en suspensions

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés et de la saison des rejets. Elles caractérisent la teneur en gramme/litre des éléments non dissous de diverses granulométries transportées par l'eau. Ces matières peuvent être minérales et inertes ou plus ou moins actives vis à vis de l'oxygène.

Cependant des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies (**Hamed, M.et al 2012**).

2.4. PH

L'eau naturelle pure est neutre c'est à dire pH égal à 7.

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH dépend de l'équilibre calco –carbonique :



Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7. Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau. (Djermakoye, H.2004).

2.5. Solides Totaux Dissous

Ils sont constitués essentiellement par les produits minéraux dissous. Ces corps dissous ont pour origine :

- le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes ;
- l'apport des eaux usées des villes et unités industrielles. (Djermakoye , H .2004)

2.6. Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau.

La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S/cm}$. L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante, dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres (Merabet, S.2010).

Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation (Mens et Derouane , 2000).

Tableau 1 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (Merabet, S.2010).

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 $\mu\text{s/cm}$	minéralisation très faible
100 < C.E < 200 $\mu\text{s/cm}$	minéralisation faible
200 < C.E < 333 $\mu\text{s/cm}$	minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 < C.E < 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation importante
C.E > 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation élevée

Du point de vue qualité de l'eau, on a le classement suivant :

Tableau 2: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique (Merabet, S.2010).

Conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Qualité de l'eau
50 à 400	excellente
400 à 750	bonne qualité
750 à 1500	médiocre mais eau utilisable
> à 1500	minéralisation excessive

2.7. Minéralisation globale

La minéralisation globale correspond à la concentration en sels minéraux dissous. (Degremont G., 1990).

La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. D'une façon générale, elle est plus élevée dans les eaux souterraines que dans les eaux superficielles (Hamed, M. et al 2012).

Les eaux très minéralisées, du fait de leur teneur en sels dissous, semblent bien contribuer à l'homéostasie de l'homme et surtout de l'enfant; cependant, elles peuvent poser des problèmes endocriniens très complexes (Rodier J., 2005).

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (Rodier J., 2009).

Tableau 3: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité (Rodier J., 2009).

Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Minéralisation
Conductivité < 50	1,365079 * Conductivité à 20°C
50 < Conductivité < 166	0,947658 * Conductivité à 20°C
166 < Conductivité < 333	0,769574 * Conductivité à 20°C
333 < Conductivité < 833	0,71592 * Conductivité à 20°C
833 < Conductivité < 1000	0,458544 * Conductivité à 20°C
Conductivité > 1000	0,850432 * Conductivité à 20°C

2.8. Résistivité électrique

En raison des sels qu'elle renferme, l'eau constitue un électrolyte très étendu. La résistivité électrique d'une eau peut donc mesurer sa minéralisation globale (Duponta, 1974).

L'unité de la résistivité est l'ohmcentimètre ($\Omega\text{-cm}$). La conductivité est l'inverse de la Résistivité. On obtient la résistivité à partir de la conductivité par la formule suivante (Hamed, M. et al 2012).

$$\text{Résistivité } (\mu\text{S/cm}) = 1000\ 000 / \text{Conductivité}$$

2.9. Résidu sec

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, non volatiles, obtenues après une évaporation d'eau (Rodier J., 2005). Une eau dont la teneur en résidu sec est extrêmement faible peut être inacceptable à la consommation en raison de son goût plat et insipide (WHO., 1994).

Tableau 4: Potabilité en fonction des résidus secs (Rodier J. 2005).

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

2.10. Calcium

Le calcium est le cinquième élément le plus abondant dans la nature. C'est un élément alcalinoterreux, il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate (CaCO_3). Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$), qui sont facilement solubles (George et al , 1963). Il est le composant majeur de la dureté de l'eau et l'élément dominant des eaux naturelles. La concentration du calcium dans l'eau dépend du temps de séjour de l'eau dans des formations géologiques riches en calcium (Beaudry et al , 1984). Lorsque sa teneur dans l'eau dépasse la norme, il provoque l'entartrage dans les canalisations. (Mekaoussi, N. (2014).

2.11. Magnésium

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants dans la nature. Il constitue 2,5% de la croûte terrestre et forme généralement des roches comme la giobertite ("magnésite"), la dolomie, l'olivine, la serpentine, le talc et l'amiante (Ministère de l'environnement de l'Ontario, 1976). Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires (George et al , 1963). C'est aussi un élément de la dureté de l'eau dont la teneur dépend des terrains traversés.

Les concentrations de magnésium ne sont pas tellement dépendantes des activités humaines, donc le magnésium n'est pas utilisé comme indicateur de stress lié à la pollution (Mekaoussi, N. (2014)

2.12. Sodium et potassium

Le sodium et le potassium, 6ème et 7ème éléments les plus abondants à l'état naturel, sont en proportions très variables. On peut également signaler que le sodium joue un rôle important en agriculture, pour l'irrigation, du fait de son action sur la perméabilité des sols. Le sodium provient du lessivage des formations riches en NaCl, des formations argileuses, argilo-marneuses et des rejets des eaux usées d'origine domestique (Beaudry et al, 1984).

Le potassium beaucoup moins abondant que le sodium et rarement présent dans l'eau à des teneurs supérieures à 20 mg/l. Il ne représente aucun inconvénient particulier bien que le K soit une des sources possibles de radioactivité de l'eau (Potelon et al 1998).

2.13. Chlorures

L'eau contient toujours des chlorures en proportion très variable, les eaux provenant des régions granitiques sont pauvres en chlorure alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent davantage (Beaudry et Henry, 1984). Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines et sont liés principalement à la dissolution des terrains salifères. La dissolution de ces sels étant très faciles d'où leurs présences en fortes concentrations dans les eaux ayant traversées les formations argilo-sableuses ou argileuses (Beaudry et al, 1984).

2.14. Bicarbonates

Sel dérivé de l'acide carbonique à teneur réduite en hydrogène et contenant deux fois plus d'acide que le carbonate. La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire, dolomie ...) par des eaux chargées en gaz carbonique (CO₂) (Belhadj, 2006).

2.15. Sulfates

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportion très variables. Leurs présences résultent de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les roches (les pyrites). La forte concentration en sulfates provoque de troubles gastro-intestinaux; aussi elles peuvent donner un goût désagréable (Beaudry et al , 1984)

2.16. Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale des cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible. En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne (**Brmenond et al. 1973**).

L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, qui est un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0,1 mg NH_3^+ /l (**Barkat, K. (2016)**).

2.17. Nitrites

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés ; ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniac et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (par voie chimique et bactérienne). Des concentrations élevées en nitrites, témoignent souvent de la présence de matières toxiques. Les nitrites sont surtout nuisibles pour les jeunes poissons. On considère que la situation est très critique à partir d'une concentration de plus de 3 mg NO_2^- /l (**Barkat, K. (2016)**).

2.18. Nitrates

L'azote des nitrates, comme celui des nitrites et de l'ammoniac, est un des éléments nutritifs des plantes et à ce titre il a donné lieu, au même titre qu'au phosphore, à des études intensives sur le terrain. Les nitrates présents naturellement dans les eaux, proviennent en grande partie de ruissellement des eaux sur le sol constituant le bassin versant (**Bremond et al., 1973**). Les eaux naturelles non polluées contiennent généralement peu de nitrates. Les nitrates présents dans l'eau peuvent provenir de sources indirectes ou directes.

Dans les effluents riches en azote organique (protéines, acides aminés, urée...), Les molécules sont tout d'abord transformées en ammonium (NH_4^+) qui est ensuite oxydé en nitrites puis en nitrates sous l'action de bactéries nitrifiantes. Ces processus d'oxydation, également appelés «nitrification », sont très sensibles à la présence de substances toxiques (métaux, pesticides) et aux faibles températures (**Barkat, K. (2016)**).

2.19. Phosphates

Les phosphates peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière vivante, lessivage de minéraux) mais, à l'heure actuelle, leurs présences dans les eaux sont plutôt d'origine artificielle (engrais, polyphosphates des formulations détergentes, eaux traités aux

phosphates, industrie chimique...) (**Brmenond et al. 1973**). Le contenu en phosphore total comprend non seulement les orthophosphates mais également les polyphosphates et les phosphates organiques. L'eutrophisation peut se manifester à des concentrations relativement basses en phosphates (50 µg P/l) (**Barkat, K. (2016)**).

2.20. Matières organiques dissoutes

Dans les eaux naturelles, elles représentent plusieurs familles de composés parmi lesquelles on peut citer les acides humiques, les acides carboxyliques et les acides hydrates de carbone. Elles sont caractérisables globalement par l'oxydabilité au permanganate ou le carbone organique total.

On distingue deux origines de ces matières : les matières organiques acides d'origines animales et les matières organiques basiques d'origines végétales. Elles constituent une source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne. Ces matières réagissent avec le chlore et affectent le goût et l'odeur. (**Hamed, M. et al, 2012**).

2.21. Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en

oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (**Beaupoil et al, 1997**)

2.22. Demande biochimique en oxygène

La demande biochimique en oxygène (DBO), représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries, pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau. L'indicateur utilisé est généralement la DBO₅ qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée. Plus la DBO₅ est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée.

L'analyse de la DBO_5 est surtout intéressante pour l'appréciation de la qualité des eaux brutes (Merabet, S. 2010).

Le tableau 6 suivant, classe les eaux du point de vue qualité selon les valeurs de DBO_5

Tableau 5: Qualité de l'eau en fonction de la DBO_5 (Merabet, S. 2010).

DBO_5 (mgO ₂ /l)	Qualification de l'eau
$DBO_5 < 1$ mg/l	Excellente qualité
$DBO_5 = 2$ mg/l	Bonne qualité
$DBO_5 = 3$ mg/l	Qualité moyenne
$DBO_5 = 5$ mg/l	Eau moyennement polluée
$DBO_5 > 10$ mg/l	Eau polluée

2.23. Demande chimique en oxygène

La demande chimique en oxygène traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques contenant dans l'effluent. La mesure de la DCO se fait par l'aide d'un oxydant énergétique bichromate de potassium, en milieu acide, et à chaud pendant deux heures. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que les sels minéraux oxydable. Elle donne une idée de la charge polluante. Il convient toutefois de rester prudent quant à son interprétation car certains composés ne sont pas oxydés lors de l'essai normalise (hydrocarbure par faunique et cycle par faunique, sels ammoniacaux, urée par exemple....) (Badi, H. 2013).

➤ Relation entre la DBO, la DCO et DBO_5

Rapport DCO/ DBO_5

La valeur du rapport DCO/ DBO_5 indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent (Suschka et Ferreira, 1986). La biodégradabilité traduit l'aptitude d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes qui interviennent dans le processus d'épuration biologique des eaux [SEAL] :

-Si $DCO/DBO_5 \leq 1,5$: cela signifie que les matières oxydables sont constituées en grande partie de matières fortement biodégradable ;

-Si $1,5 < DCO/DBO_5 < 2,5$: cela signifie que les matières oxydables sont moyennement biodégradables.

-Si $2,5 < DCO/DBO_5 < 3$: les matières oxydables sont peu biodégradables.

-Si $DCO/DBO_5 > 3$: les matières oxydables sont non biodégradables.

- Rapport DCO/DBO :

-Considérons en premier lieu un composé totalement biodégradable dans ce cas $DCO/DBO \approx 0.9$

Dans le cas où le composé ne serait pas biodégradable $DCO/DBO \approx 0$

-Et pour le composé partiellement biodégradable $DCO/DBO \approx 0.2 - 0.4$

-Si $DCO/DBO \geq 0.6$ les substances sont dites biodégradables.

Pendant le traitement biologique, la diminution du rapport **DBO/DCO** est due au fait que la teneur en matière non dégradable représente une fraction plus importante de la DCO dans l'eau traitée que dans l'eau brute. La valeur de ce rapport pour des eaux domestiques non traitées varie de 0.4 à 0.8 [SEAL].

2.24. Carbone organique total

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation, dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Ces fractions sont caractérisées par la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biologique en oxygène (DBO). Certaines matières organiques échappent à ces mesures ; dans ce cas, le dosage du COT est mieux adapté. Il est indépendant de l'état d'oxydation de la matière organique et ne mesure pas les éléments inorganiques tels que l'azote et l'hydrogène qui peuvent être pris en compte par la DCO et la DBO (Zeghoud, M.S. 2013).

2.25. Azote

Dans les eaux usées domestiques, l'azote est sous forme organique et ammoniacale, on le dose par mesure du N-NTK (Azote Totale Kjeldahl) et la mesure du N-NH₄.

$$\text{Azote Kjeldahl} = \text{Azote ammoniacal} + \text{Azote organique}$$

L'azote organique, composant majeur des protéines, est recyclé en continu par les plantes et les animaux (Zeghoud, M.S. 2013)

2.26. Matières organiques

Les matières organiques susceptibles d'être rencontrées dans les eaux sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes. L'inconvénient des matières organiques est de favoriser l'apparition de mauvais goût qui pourra être augmentés par la chloration. (Berne, F, Jean. C 1991).

Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique. Leur teneur est appréciée, le plus souvent, par des tests tels que la réduction du permanganate de potassium en milieu acide et en milieu alcalin. Les eaux très pures ont généralement une consommation en oxygène inférieur à 1 mg/l (Berne, F, Jean. C 1991).

2.27. Sulfures

Les sulfures y compris le sulfure d'hydrogène peuvent provenir soit d'eaux usées soit de pollutions industrielles (usines chimiques, papeteries ; tanneries etc.) Dans les eaux bien aérées et oxygénées, les sulfures se transforment rapidement en sulfates (**Djermakoye, H. 2004**).

2.28. Dioxyde de carbone libre

Le gaz carbonique CO₂ joue un rôle important dans la chimie des eaux. Le CO₂ combiné à l'eau, possède effectivement des propriétés acides, ce qui donne naissance notamment aux carbonates et bicarbonates de calcium et de magnésium (**Dupont A., 1974**).

2.29. Silices

Sur terre, le silicium est le deuxième élément en abondance après l'oxygène. Il se présente principalement sous forme d'oxydes dans les minéraux. Les silicates sont faiblement solubles dans l'eau et proviennent de la dégradation des minéraux silicatés. Dans l'eau, on les trouve sous forme colloïdale ou soluble, et leur concentration varie normalement entre 5 et 25 mg/l. Dans les eaux salées, le silicium est essentiel à la croissance des diatomées et du plancton, à la base de la chaîne alimentaire (**Agence de l'eau, loir-bretagne, 2006**).

2.30. Titre hydrotimétrique

C'est une qualité particulière de l'eau due à la présence des bicarbonates, des chlorures et des sulfates de calcium et de magnésium, détectée principalement par le fait qu'elle empêche plus ou moins l'eau savonneuse de mousser (**Marcel F.R., 1986**).

Elle est mesurée par la somme des concentrations en degré de calcium et de magnésium et s'exprime par le titre hydrométrique (TH). L'unité du titre hydrométrique est le milliéquivalent par litre (ou le degré français °F). (**WHO., 1994**).

Le TH peut subdiviser en T_{Ca} (titre calcique) et T_{Mg} (titre magnésien) :

$$[\text{TH}] \text{ méq/l ou } ^\circ\text{F} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] \quad (\text{Berne F. et Cordonnier J., 1991})$$

En fonction de leur dureté totale, les eaux peuvent être classées suivant les indicateurs du tableau 7 suivant :

Tableau 6: Classification de l'eau selon la dureté totale (Berne F. et Cordonnier J., 1991)

TH en degrés français (°F)	Spécificité de l'eau
0 à 6	Eau très douce
6 à 15	Eau douce
15 à 30	Eau moyennement dure
30 à plus	Eau très dure

Le tableau 8 montre la qualification de l'eau en fonction des valeurs de la dureté.

Tableau 7: Qualité de l'eau en fonction de la dureté (Merabet, S. 2010).

Dureté (mg/l CaCO ₃)	Qualification de l'eau
0-30	Très douce
31-60	Douce
61-120	Moyennement douce
121-180	Dure
>180	Très dure

2.31. Titre Alcalimétrique et Titre alcalimétrique complète

Le titre alcalimétrique ou TA mesure la teneur de l'eau en ions hydroxydes « OH⁻ » et une valence de carbonates (Sari, H. 2013).

Le titre alcalimétrique complète ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalins libres, carbonates et hydrogénocarbonates (Berne F. et al, 1991).

On distingue deux types d'alcalinité (Sari, H. 2013) :

- a).Alcalinité totale (ou titre alcalimétrique totale complet) : $TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$
 b).Alcalinité composite (ou titre alcalimétrique) : $TA = [OH^-] + (1/2) [CO_3^{2-}]$.

2.32. Equilibre ionique

La somme des milliéquivalents des cations doit être égale à la somme correspondante des anions. Si la comparaison montre que l'on s'écarte trop de l'équilibre, cela veut dire que les résultats de l'analyse pèchent quelques erreurs.

Les analyses peuvent être contrôlées par la formule suivante (Rodier, 2009):

$$BI (\%) = \frac{[\Sigma (\text{anions-cations})]}{[\Sigma (\text{anions+cations})]} * 100 \text{ (meq/L).}$$

BI: Balance ionique (%),

Avec :

* **BI** ≤ 2% : Très bonne analyse.

* 2% > **BI** > 5% : Analyse acceptable.

* **BI** > 5% : Mauvaise analyse.

2.2. Micropolluants

2.2.1. Micropolluants minéraux

Un métal est un élément chimique faisant partie de la composition de l'écorce terrestre. On le rencontre généralement sous forme de minerais, associés entre eux sous forme d'alliages ayant des propriétés métalliques : éclat métallique, bonne conductivité thermique et électrique (Aries, 2003). C'est en raison de ces caractéristiques que les métaux en fait l'objet de plusieurs utilisations tel que (les nouvelles technologies métallurgique et électroniques). On distingue ainsi (Chaoui, M.2013) :

2.2.1.1. Eléments traces essentiels: ce sont les oligo-éléments nécessaires à la vie, mais en faible dose. Ils peuvent cependant se révéler très nocifs en quantités trop importantes. C'est le cas du fer (Fe), cuivre (Cu), zinc (Zn), cobalt (Co), manganèse (Mn), chrome (Cr), nickel (Ni), Vanadium (V), Titane (Ti), Arsenic (As) (Chaoui, M. 2013).

2.2.1.2. Eléments traces non essentiels: Ils ne sont pas nécessaires à la vie, ils sont toxiques même en faible quantité, comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb). Les métaux lourds s'accumulent dans les organismes vivants et engendrent des effets toxiques à court et long terme. Certains, comme le cadmium, le chrome et le plomb, sont cancérigènes (Chaoui, M. 2013).

Tableau 8: Principaux effets associés aux métaux lourds (Sparks, 1998 ; Ewers & Schilpkoter, 1991 ; in Fella, 2010).

ELEMENT	EFFETS
Arsenic (As)	Toxique, possible cancérigène.
Cadmium(Cd)	Hypertension, dommages sur le foie, Affections respiratoires, troubles rénaux.
Chrome (Cr)	Cancérigène sous forme de Cr (VI), troubles dermatologiques, anémie.
Cuivre (Cu)	Peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés.
Mercure (Hg)	Toxicité chronique et aiguë, Troubles du système nerveux.
Nickel (Ni)	Maladies respiratoires, asthme, malformations congénitales, cancérigène.

Plomb (Pb)	Toxique, troubles du système nerveux et cardiovasculaire, fatigue, cancérigène, affection du foie et des reins.
Sélénium (Se)	Essentiel à faibles doses, toxique à doses élevées.
Zinc (Zn)	Toxique pour les végétaux à de fortes teneurs.

2.2.2. Micropolluants organiques

2.2.2.1. Hydrocarbures : Susceptibles de polluer l'eau ; ils ont pour source les rejets pétroliers, d'huiles de vidanges d'effluents de différents d'industries. Leur nuisance est l'apparition de goûts

et d'odeurs pour des seuils extrêmement variables (**Sari, H. 2013**) .La toxicité serait à craindre dans les eaux de boisson pour des doses supérieures aux seuils d'apparition de goûts et odeurs.

On a constaté des affections cutanées dues à des produits d'additions du mazout (**Degremont D, 2005**).

2.2.2.2. Pesticides ou herbicides: D'origine agricole, ils sont destinés à la protection, à l'amélioration de la production végétale et à la préservation des récoltes. Ils sont entraînés par les eaux de pluie ou de ruissellements. Ce sont des produits toxiques et peuvent affecter le goût et l'odeur à une certaine dose. (**Alpha sidiki,M , 2005**).

2.2.2.3. Phénols et dérivés: Ils sont l'indice d'une pollution industrielle. Leur nuisance la plus marquante est le goût du chlorophénol qui apparaît dans l'eau en présence de chlore pour des teneurs extrêmement faibles (**Degremont D, 2005**).

2.2.2.4. Détergents : Sont des composés tensioactifs synthétiques dont la présence dans les eaux est due aux rejets d'effluent urbains et industriels. Les nuisances engendrées par l'utilisation des détergents sont :

- L'apparition de goût de savon.
- La formation de mousse qui freine le processus d'épuration naturelle ou artificielle.
- Le ralentissement du transfert et de la dissolution de l'oxygène dans l'eau (**Zeghoud, M. 2013**).

3. Paramètres microbiologiques

L'analyse microbiologique a pour objectif la recherche des micro-organismes dangereux dans l'eau. En effet, l'origine des contaminations par les bactéries pathogènes sont essentiellement fécale et ces organismes sont par conséquent des indicateurs de contamination fécale. Les principaux germes indicateurs de ce type de contamination sont :

3.1. coliformes totaux : Selon l'organisation internationale de standardisation, il s'agit de bacilles gram négatifs (BGN) non sporulés oxydase négative aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une

température comprise entre 36°C et 37°C (**Hamed, M. (2012)**). Elles existent dans les matières fécales mais se développent également dans les milieux naturels (**Leyral .G, et al, 2002**).

3.2. Coliformes Thermo-tolérants : Il s'agit des coliformes possédant les mêmes caractéristiques que les coliformes mais à 44°C, ils remplacent dans la majorité des cas l'appellation : (coliformes fécaux) on cite là l'exemple de *E. coli* qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, fermente le lactose ou le mannitol avec production d'acide et de gaz. Elle

ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente (**Leyral .G, et al, 2002**).

3.3. Streptocoques fécaux (37°C) : Il s'agit de cocci à Gram positif (CGP) de forme sphérique ou ovoïde, se présentant en chainettes plus ou moins longues, non sporulées aéro-anaérobies facultatives, ne possédant ni catalase ni oxydase, ce sont des hôtes normaux d'homme, et ne sont pas considérés comme pathogène (**Berne. F, 1972**).

3.4. Salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*. Ce sont des bacilles à Gram négative, non sporulés, généralement mobiles par des flagelles. Ces germes sont des parasites intestinaux de l'homme et des animaux et sont éliminés dans les matières fécales. La présence de ces germes dans les eaux usées est liée à l'existence dans les populations riveraines d'individus infectés, des malades et porteur apparemment sains (**Kourradi, 2007**).

3.5. Vibrions Cholériques

Appartiennent à la famille des *Vibrionaceae*, bactéries à Gram négatif, aéro-anaérobie facultatif, de forme incurvé ou droit, mobiles par ciliature polaire, non sporulés, dégradent les glucides par voie fermentaire, catalase positive, indole positive (**Gelinas, 1995**).

4. Normes de la qualité bactériologique de l'eau potable

Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux, l'objectif visé et l'absence de coliforme dans 100 ml d'eau, mais si cet objectif n'est pas atteint le règlement sur l'eau potable a proposé les limites maximales suivantes. (**Berne. F, 1972**) :

Tableau 9 : Recommandation pour la qualité bactériologique de l'eau potable (Berne. F, 1972),

Paramètres bactériologiques	Unités	Recommandation (OMS)
Germes totaux	Germe/ml	100
Coliformes fécaux	Germe /100ml	0
Streptocoques fécaux	Germe /100ml	0
Clostridium sulfito-réducteurs	Germe /20ml	0

4.1. Système d'évaluation de la qualité (SEQ-Eau)

Le Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau, permet d'évaluer la qualité de l'eau et son aptitude à assurer certaines fonctionnalités. Les évaluations sont réalisées au moyen de plusieurs paramètres physico-chimiques, le SEQ eau, permet un diagnostic précis de la qualité de l'eau et contribue à définir les actions de correction nécessaires pour son amélioration en fonction des utilisations souhaitées (Barkat, K.2016).

4.1. 1. Normes et classes de la qualité des eaux naturelles

4.1.1.1. Normes des eaux superficielles et souterraines: La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un lac, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des lacs, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages des lac. L'ABH est SEQ eau pour classer les eaux superficielles. Cette classification repose sur une grille de la qualité des eaux superficielles. (Barkat, K.2016).

Tableau 10 : Normes de la qualité des eaux superficielles JORA, 2011:

Paramètres physico-chimiques	Normes
Température (°C) eau	25
Température (°C) air	25
Turbidité (NTU)	2800
Conductivité électrique (µS/cm)	2800
Résidu Sec (mg/l)	2000
MES à 150°C (mg/l)	25
MES à 550°C (mg/l)	25
Ph	6.5-8.5

Bicarbonates(HCO_3^-) (mg/l)	350
Carbonate(CO_3^{2-}) (mg/l)	-
Hydroxyle (OH^-) (mg/l)	-
Titre alcalimétrique complet (TAC) (°F)	500
Titre alcalimétrique (TAC) (°F)	
Calcium (Ca^{2+}) (mg/l)	200
Magnesium (Mg^{2+}) (mg/l)	150
Titre hydrométrique (TH) (°F)	50
Sodium (Na^+) (mg/l)	200
Potassium (K^+)(mg/l)	20
Chlorures (Cl^-) (mg/l)	500
Sulfates (SO_4^{2-})(mg/l)	400
Demande chimique en oxygène (DCO) (mgO_2/l)	< 30
Demande biochimique en oxygène (DBO_5) (mgO_2/l)	< 7
Oxygène dissous (O_2) (mgO_2/l)	<8.18
Saturation d'oxygène dissous(%)	100
Matière organique (MO) (mg/l) (mgO_2/l)	< 3.5
Nitrates (NO_3^-) (mg/l)	50
Nitrites (NO_2^-) (mg/l)	0.1
Azote ammoniacal (NH_4^+) (mg/l)	0.5
Phosphates PO_4 (mg/l)	0.5
Silice(SiO_2) (mg/l)	25

4.1.1.2. Méthodologie de cartographie de la qualité des eaux

Définition des quatre classes de qualité (ANRH ; 2009):

- ✚ **Classe I** : Eau de bonne qualité, utilisée sans exigence particulière ; Elle est représentée graphiquement par la couleur bleue.
- ✚ **Classe II** : Eau de qualité moyenne, utilisée après un simple traitement. Elle est représentée en vert.
- ✚ **Classe III** : Eau de mauvaise qualité, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé. Elle est représentée en jaune.
- ✚ **Classe IV** : Pollution excessive, ne peut être utilisée qu'après traitements spécifiques et très onéreux. Elle est représentée en rouge.

Tableau 11: Grille pour estimer la qualité générale de l'eau (ANRH ;2009).

Paramètres physico-chimiques	Unité	C1	C2	C3	C4
Ph		6,5-8,5	6,5-5,5	8,5-9	9 -5,5
Matières en suspension	mg/l	≤30	30 -75	75-100	>100
Température de l'eau	°C	≤25	25-30	30-35	>35
Résidu Sec	mg/l	≤300	300 -1200	1200-1600	>1600
Calciums	mg/l	≤100	100- 200	200-300	>300
Magnésiums	mg/l	≤30	30 -100	100 -150	>150
Sodiums	mg/l	≤100	100-200	200-500	>500
Chlorures	mg/l	≤150	150-300	300-500	>500
Sulfates	mg/l	≤200	200-300	300-400	>400
Oxygène dissout	(mgO ₂ /l)	>90	90-50	50-30	<30
Demande Chimique d'oxygène	(mgO ₂ /l)	≤20	20-40	>40 ≤50	>50
Demande Biologique d'oxygène	(mgO ₂ /l)	≤5	5-10	>10 ≤15	>15
Matières organiques	(mgO ₂ /l)	≤5	5-10	>10 ≤15	>15
Ammonium	mg/l	≤0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	>0,3
Nitrites	mg/l	≤0,01	0,01-0,1	0,1-0,3	>0,3
Nitrate	mg/l	≤10	10-20	20-40	>40
Phosphates	mg/l	≤0,01	0,01-0,1	0,1 -0,3	>0,3

5. Modélisation des paramètres de la qualité des eaux par les méthodes d'analyse de la statistique

L'utilisation de la statistique pour le traitement des données hydro chimiques est devenue fondamentale pour l'étude des échantillons d'eau. Les exigences de l'assurance qualité rendent désormais obligatoires la connaissance d'un certain nombre de notions statistiques simples. (Cherif, H .2017) :

- Définir les paramètres statistiques d'une série de données par l'utilisation des diagrammes en boîtes et des diagrammes en ternaires ;
- Faire une analyse de variance à un facteur (one-way ANOVA) des données par un test Tukey,
- Utiliser une analyse en composantes principales (A.C.P.),
- Faire une modélisation permettant de mieux cerner cette qualité d'eau.

5.1. Diagrammes en boîtes

Une boîte à moustaches est un récapitulatif graphique de la distribution d'un échantillon, dont il indique la forme, la tendance centrale et la variabilité. Les boîtes à moustaches permettent de comprendre et comparer la distribution des données. Elle résume seulement quelques caractéristiques de position du caractère étudié : (médiane, quartiles, minimum, maximum ou déciles). Il s'agit de tracer un rectangle allant du premier quartile au troisième quartile et coupé par la médiane. On ajoute alors des segments aux extrémités. Une "boîte" qui est un rectangle dont la longueur s'étend du premier quartile au troisième quartile, coupé par un trait vertical à hauteur de la médiane, de cette boîte partent deux traits horizontaux : l'un va du premier quartile à la valeur minimale de la série, l'autre du troisième quartile à la valeur maximale (**Cherif, H .2017**).

5.2. Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)

L'Analyse en Composantes Principales (A.C.P) est l'une des méthodes d'analyse de données multi-variées les plus utilisées. Dès lors que l'on dispose d'un tableau de données quantitatives (continues ou discrètes) dans lequel n observations (des individus, des produits, ...) sont décrites par p variables (des descripteurs, attributs, mesures, ...), si p est assez élevé, il est impossible d'appréhender la structure des données et la proximité entre les observations en se contentant d'analyser des statistiques descriptives multi-variées ou même une matrice de corrélation. (**Kouani A., et al ; 2007**) .

Une analyse en composantes principales a été réalisée en utilisant les données hydro-chimiques des eaux de barrage des échantillons du Logiciel Statistic one way ANOVA.

Les Variables sont : les cations et les anions. L'approche est basée sur l'établissement de corrélation entre l'ensemble de ces variables à partir d'une analyse statistique. L'A.C.P est en fait utilisée pour les études englobant plusieurs paramètres dont les interprétations sont déterminantes pour la compréhension de certains phénomènes. Cette méthode permet de mettre en évidence les liens éventuels que présenteraient ces variables au cours de leur évolution (**Cherif, H .2017**).

La méthode d'A.C.P utilisée pour cette étude est basée sur l'interprétation des différents facteurs de même que la matrice de corrélation obtenue à la suite du traitement des données. Le nuage de points résultant de ce traitement a été projeté dans les différents plans factoriels qui sont déterminés dans l'espace des variables et dans celui des unités statistiques. Le choix des axes principaux tient compte de la réduction du nombre de facteurs. Ce nombre est tel que

La somme cumulée des contributions est importante (75 % qui représente les trois quarts de l'inertie totale). En effet, deux variables sont corrélées lorsque leur coefficient de corrélation est supérieur ou égal à 0,7. De plus au niveau des plans factoriels, des variables ne sont représentatives que lorsqu'elles sont proches de l'extrémité de ces facteurs. Lorsque deux variables sont corrélées, la variation de l'une entraîne celle de l'autre.

Le coefficient de corrélation exprime le niveau de corrélation (linéaire) entre les variables : plus il est proche de 1, plus les variables sont corrélées positivement, plus il est proche de -1, plus elles sont corrélées négativement. Un coefficient de corrélation nul indique l'absence de corrélation linéaire (Cherif, H. 2017).

5.3. Analyse de variance à un facteur (one-way ANOVA)

L'analyse de variance à un facteur est utilisée afin de vérifier l'hypothèse H_0 : les moyennes d'échantillons différents sont toutes égales. Lorsqu'on a des données indépendantes normalement distribuées et de même variance, Une analyse de variance à un facteur (*one-way*

ANOVA) peut être utilisée. Ce test compare la variance entre les échantillons avec les variances à l'intérieur des échantillons (Ouarda. 2005).

Si les analyses de variance (paramétriques ou non paramétriques) déterminent qu'il existe une inégalité dans les moyennes, on cherche alors à déterminer quels échantillons sont différents des autres en calculant des intervalles de confiance à l'aide de la procédure de Tukey-Kramer (Montgomery, 2001) qui ajuste la longueur de l'intervalle de confiance en fonction du seuil choisi et du nombre d'observations. Plus on a d'échantillons, plus les intervalles sont grands pour compenser l'étendue des échantillons. Ces intervalles sont calculés sur les rangs moyens (Ouarda. 2005).

5.4. Diagramme ternaire

Un diagramme ternaire permet de représenter à l'intérieur d'un triangle des points ayant leurs coordonnées dans un espace à trois dimensions, avec comme contrainte que la somme des coordonnées est constante

1. Présentation de la zone d'étude

1.1. Site d'étude sur le barrage de Deurdeur

1.1.1. Présentation générale de La région hydrographique « Cheliff-Zahrez »

La région hydrographique « Cheliff-Zahrez » s'étend sur une superficie de 54000 km², elle regroupe trois bassins hydrographiques : le côtier Dahra (3201 Km²) le bassin endoréique du Zahrez (8989 Km²) et le Cheliff (43 750 km²) (.ANBT 2008).

Les bassins versants du Cheliff sont classiquement subdivisés en trois grands ensembles :

- Les bassins versants du bas Chélif.
- Les bassins versants du moyen Chélif.
- Les bassins versants du haut Chélif auxquels appartient la région étudiée.

1.1.2. Situation géographique de bassin du haut Cheliff

Le bassin du haut Cheliff occupe une superficie totale de 4745,44km², il est situé entre 35°,70' et 36°,30' de latitude Nord, 2 et 3°,25' de longitude Est. Au point de vue administratif, le bassin du haut Cheliff s'étend sur la quasi- totalité de la superficie de la wilaya de Ain Defla (.ANBT 2008).

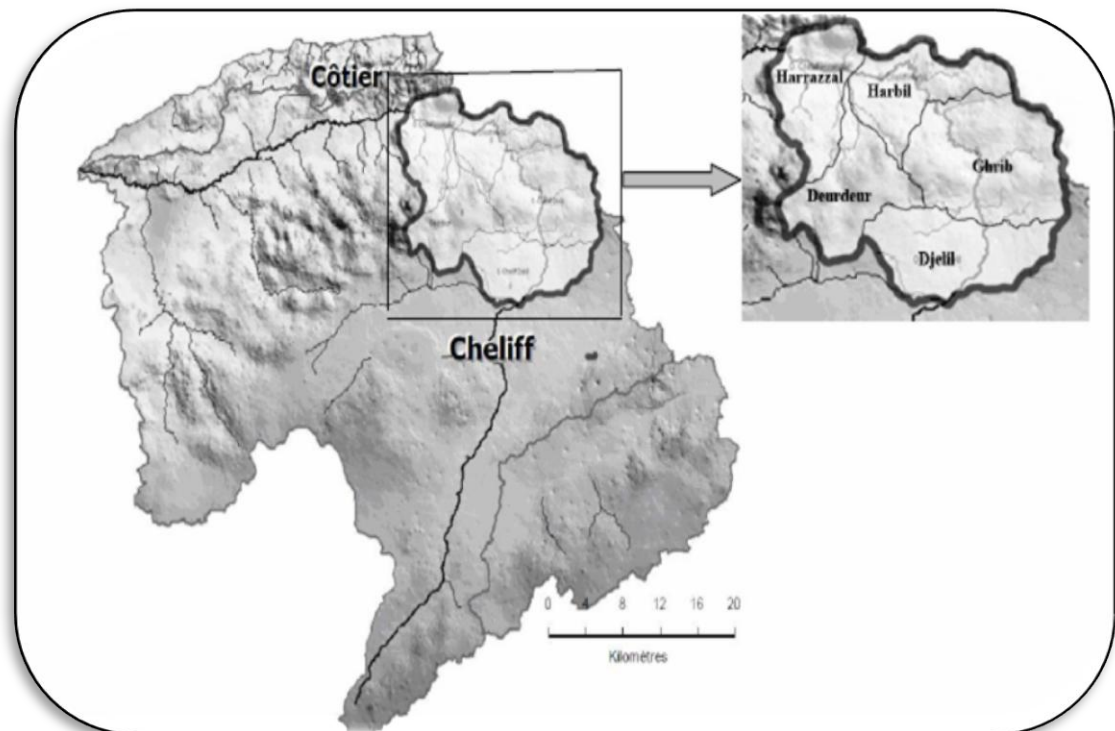


Figure 1: Situation de la zone d'étude (ANBT, 2008).

1.1.3. Caractéristiques physiques des bassins du haut Cheliff

A partir de la base nord-occidental de l'Atlas saharien, l'oued Cheliff s'encaisse et se rétrécit à la hauteur de l'Atlas du tell, site où se trouve le barrage de **Deurdeur**. (.ANBT 2008).

1.1.3.1. Bassin de Deurdeur : avec une superficie de 506km² un bassin bien plus ramassé autour de son conduit d'écoulement principal. Mais pour ce bassin 63% de la surface est au-dessus de 1000 m, ces vallées est profonde certes, mais beaucoup moins large que dans des formations marneuses. (.ANBT 2008).

Près de la moitié du bassin est occupé par un plateau grésocalcaire (crétacé du djrhles et djechoun) culminant à 1000-1500m d'altitude, aux couches sub-horizontales, couvert d'une forêt bien conservée. Des vallées profondes mais étroites l'entaillent, en majorité fossiles ou ne coulant que lors de crues exceptionnelles. (.ANBT 2008).

Le rôle de Deurdeur est de compléter l'action de Ghrib qui doit exercer sur les irrégularités et les diminutions des fournitures. Il agit à la fois par sa capacité et les apports qu'il reçoit. (.ANBT 2008).

L'oued Deurdeur, à son arrivée dans la plaine de Cheliff, a un bassin versant et un régime hydrologique très semblable à ceux de L'Oued Fodda. (.ANBT 2008).

1.1.3.2. Caractéristiques géologiques: La géologie fait partie des caractéristiques les plus décisives du réseau de drainage, de la capacité de stockage de ses couches phréatiques et des processus érosifs qui s'y déroulent, et elle est déterminante des conditions et des caractéristiques du territoire pour modéliser un bilan hydrique le plus précis possible du bassin. (ANBT 2008).

Le bassin du haut Cheliff est situé dans le domaine du tell septentrional et correspond à un sillon intramontagnieux subsidier, localisé entre le massif de Boumaad et le contrefort de Louersnis (Messelmi 2005) du point de vue litho stratigraphique, la dépression du haut Cheliff est constituée dans son ensemble par des terrains d'âge mioplio quaternaire. (.ANBT 2008) .

Les terrains quaternaires sont essentiellement représentés par des dépôts alluvionnaires de O. Cheliff la dépression du haut Cheliff est constituée essentiellement d'alluvions récentes d'âge MIO-PLIO quaternaire d'une épaisseur moyenne environ 150m. on note des alluvions anciennes de nature très diverse mais a fort pourcentage argileux en général. enfin une carapace formée de tufs blanchâtre, compact et pulvérulent et particulièrement développée au sud de la plaine. (ANBT 2008).

1.1.3.3. Caractéristiques hydrogéologiques : La recherche et l'exploitation des eaux souterraines est aussi ancienne que l'activité humaine. Mais l'hydrogéologie est née véritablement au XIXE siècle avec la géologie dont elle a bénéficié des progrès (ANBT 2008).

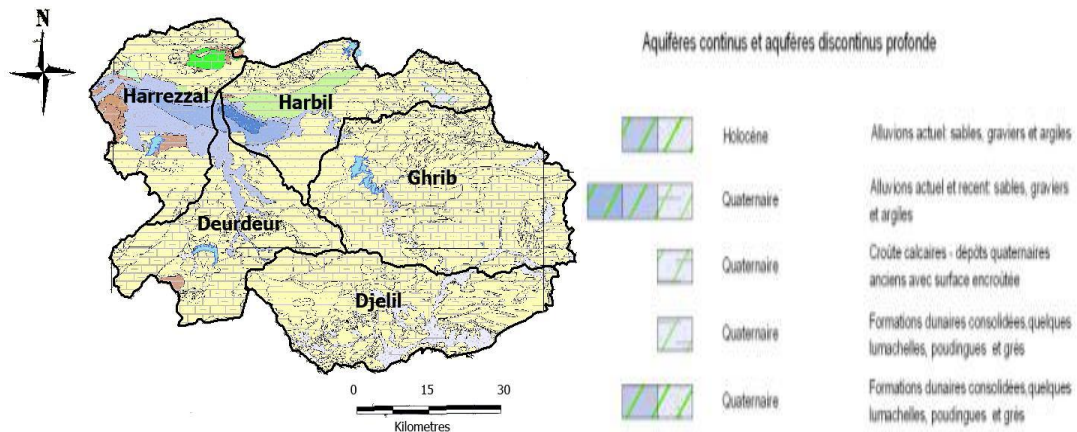


Figure 2: carte hydrogéologique de la zone d'étude (source A.N.R.H 2008)

La cartographie hydrogéologique donne quelques informations de la distribution spatiale des matériaux hydrogéologiques. (ANBT 2008). De l'observation de cette carte, on met en évidence l'existence de matériaux de grande perméabilité concentrés principalement sur le secteur méridional de la région, cohérente avec les petites valeurs de coefficient d'écoulement observées de cette aire. Les matériaux moins perméables se concentrent dans le secteur septentrional. (ANBT 2008). Il convient d'indiquer que l'étude des apports souterrains devrait être menée pour les bassins situés en amont et sans barrages et avec des débits (ou apports) journaliers, afin de permettre d'obtenir une quantification plus précise de leur contribution à l'apport annuel. (ANBT 2008).

1.1.3.4. Caractéristiques litho stratigraphiques: La stratigraphie de la zone d'étude est dominée par les matériaux paléozoïques avec différents degrés de métamorphisme, qui sont composés de mica schisteux, de gneiss, de grès et de quartzite. Sur ceux-ci, une puissante série de matériaux sédimentaires se développe. Les grands dépôts marins du Cheliff se forment pendant le Pliocène, tandis que les dépôts quaternaires sont d'origine continentale (ANRH 2007)

1.2. Barrage de Deurdeur

1.2.1. Situation géographique : Le barrage de Deurdeur est situé sur l'oued Zemmour, affluent rive gauche de l'oued Cheliff. Le barrage est situé dans la wilaya de Ain Defla. L'agglomération la plus proche est la ville de El Khemis, située à une trentaine de kilomètres. (ANBT 2008).

1.2.2. Description générale: Le barrage de Deurdeur est un barrage en remblai dont la construction s'est étalée entre 1974 et 1985. La hauteur maximale au-dessus du talweg est de 56 mètres. La longueur en crête est de 380 mètres. La cote de retenue normale est égale à 605,00 NGA. La cote de crête est de 612,00 NGA. (ANBT 2008).



Figure 3: Vue général du barrage de Deurdeur (ANBT 2008) .

Tableau 12: Quelques caractéristiques du barrage de Deurdeur (Aouda, S. 2011).

Nom de Barrage	Deurdeur	Année de service	1985
Code	BG0106	X	462489
Code de subdivision	0116	Y	306366
Code de commune	4421	Type	Terre
Capacité initiale	115	Capacité totale	110 ,2

1.2.3. Hydrologie des crues: La superficie du bassin versant contrôlé par le barrage est de 468km². D'après la monographie établie par (B. COUBA), le débit de pointe de la crue de projet de période de retour 10 000 ans est de 4200 m³ /s l'hydrogramme de crues a un temps de montée de 8 heures, et une durée total de l'ordre de 24 heures (Aouda, S. 2011).

Pour la crue de projet, le niveau atteint par la retenue est de 610,00 et le débit maximal évacué de 3600 m³ /s .Il est indiqué par ailleurs dans la monographie que l'évacuateur a une capacité de 4200m³ /s sous la cote de crête de la digue. (ANBT 2008) .

1.2.4. Conditions géologiques: Dans la zone du site, les formations rencontrées sont de marnes et de grès, ainsi que de dépôts alluviaux en fond de la vallée .La digue est fondée sur des grès durs en rive droite, des marn-calcaires et des marnes en fond de vallée et enfin des alternances marno-calcaire en rive gauche. (ANBT 2008).

1.2.5. Digue: La digue est un remblai à noyau central constitué de limons argileux. Le volume total de matériaux constituant la digue principal est de 1500 000 m³. La cote de crête est fixée à 612,00NGA. (ANBT 2008) .

1.2.6. Capacité de la retenue: La figure suivante indique la courbe hauteur –capacité de la retenue. Elle correspond au dernier levé bathymétrique effectué par hydro-dragage en 2005 .

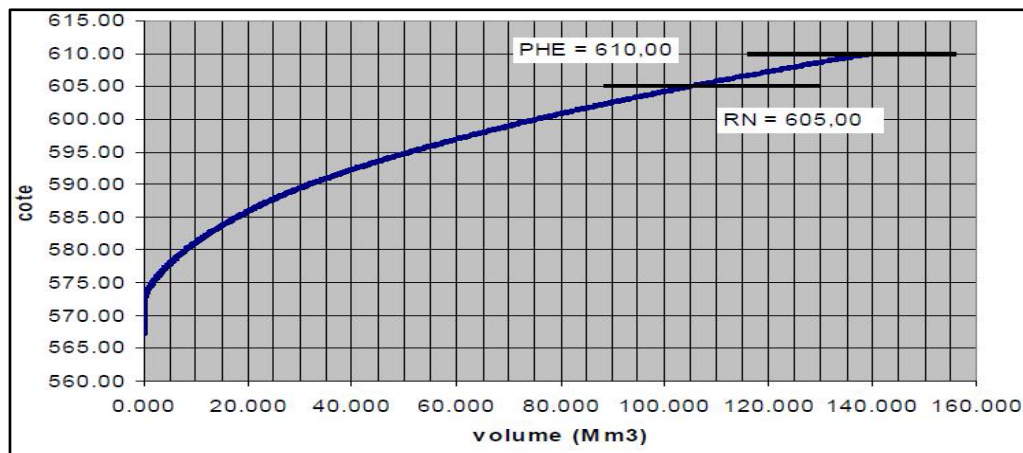


Figure 4: Deurdeur –courbe hauteur –capacité (ANBT 2008) .

Sous la cote de retenue normale, la capacité actuelle est de 105,12Mm³. sous la cote théorique des PHE, la capacité est de 140,02Mm³.

1.2.7. Objectifs de gestion

- la destination initiale de ce barrage était de renforcer l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff avec un volume affecté de 18 Hm³ /an. Durant la période 1987-2003, le barrage de Deurdeur a fait des lâchés pour l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff avec un volume moyen de 27 Hm³, soit une superficie moyenne irriguée de l'ordre de 1464 ha.

- Il dessert actuellement, en première phase, l'alimentation en eau potable des deux localités Theniet El Had et Youssoufia d'une population de 29 854 habitants à travers une adduction de 29 Km de long et cela depuis avril 2002. (Aouda, S. 2011).

- En somme, le volume total pour l'AEP du couloir Deurdeur – Theniet El Had – Khemisti est de 18000 m³ /j soit 6,56 Hm³ /an. (ABH 2007).

2.1. Site d'étude sur le barrage de Boukerdane

2.1. 1. Situation géographique de bassin versant de l'oued EL-Hachem

La qualité des eaux d'un hydro système dépend de nombreux facteurs et processus environnementaux .En effet les changements saisonniers de la composition chimique de l'eau durant un cycle annuel dépendent essentiellement des conditions hydro climatiques,

Tendus que les changements à long terme sont associés au stade de développement du réservoir, accompagnant les transformations au niveau de son bassin versant et de sa morphologie (Doughoum, S .2008)

Le bassin versant de l'oued EL-Hachem s'étend depuis la montagne de Bou-Maad au sud jusqu' à la mer méditerranée au nord. Le bassin à une superficie de 177Km² et un périmètre de 58Km et une altitude moyenne de 420 m. La longueur de l'oued est de 34Km avec une pente longitudinale de 6,4% (ANBT 94). (Doughoum, S .2008)

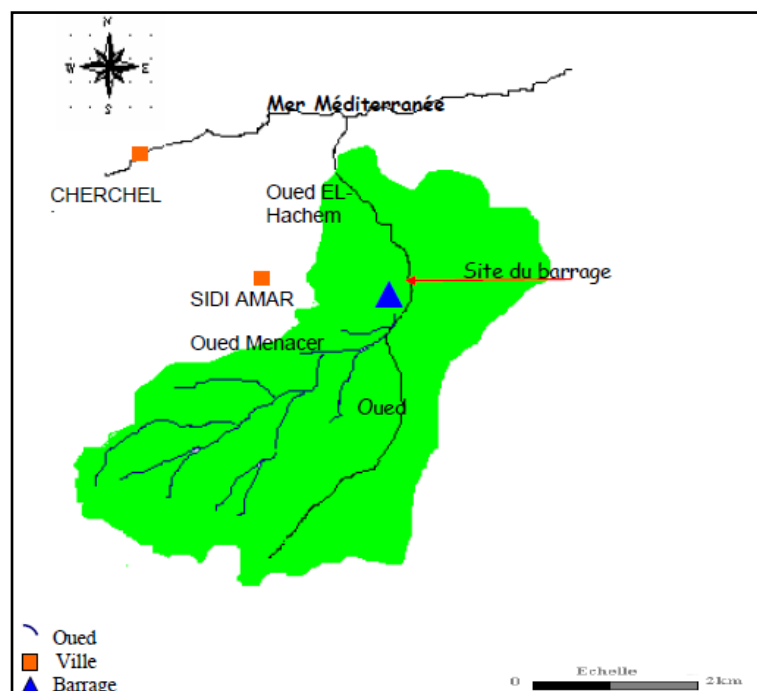


Figure 5 : Localisation géographique du bassin versant du site du barrage de Boukerdane (A.N.B.T, 1994).

2.1.2. Barrage de Boukerdane

Le barrage de Boukerdane est implanté sur Oued El Hachem dans la wilaya de Tipaza à 1km au sud de la ville de Sidi Amar, la construction a débuté en 1986 pour s'achever en 1992. C'est un barrage en terre de 74,41m de hauteur et de 609,98m de longueur, il reçoit les eaux du bassin d'oued El Hachem en plus des eaux d'Oued Nador à partir d'une prise d'eau, qui peut transférer 20 Hm³ en période de crues. Il est destiné à l'AEP des villes de Cherchell Tipaza et Alger en plus de l'irrigation du périmètre Mitidja Ouest (Doughoum, S .2008).



Figure 6: Barrage de Boukerdane (ANBT 2008).

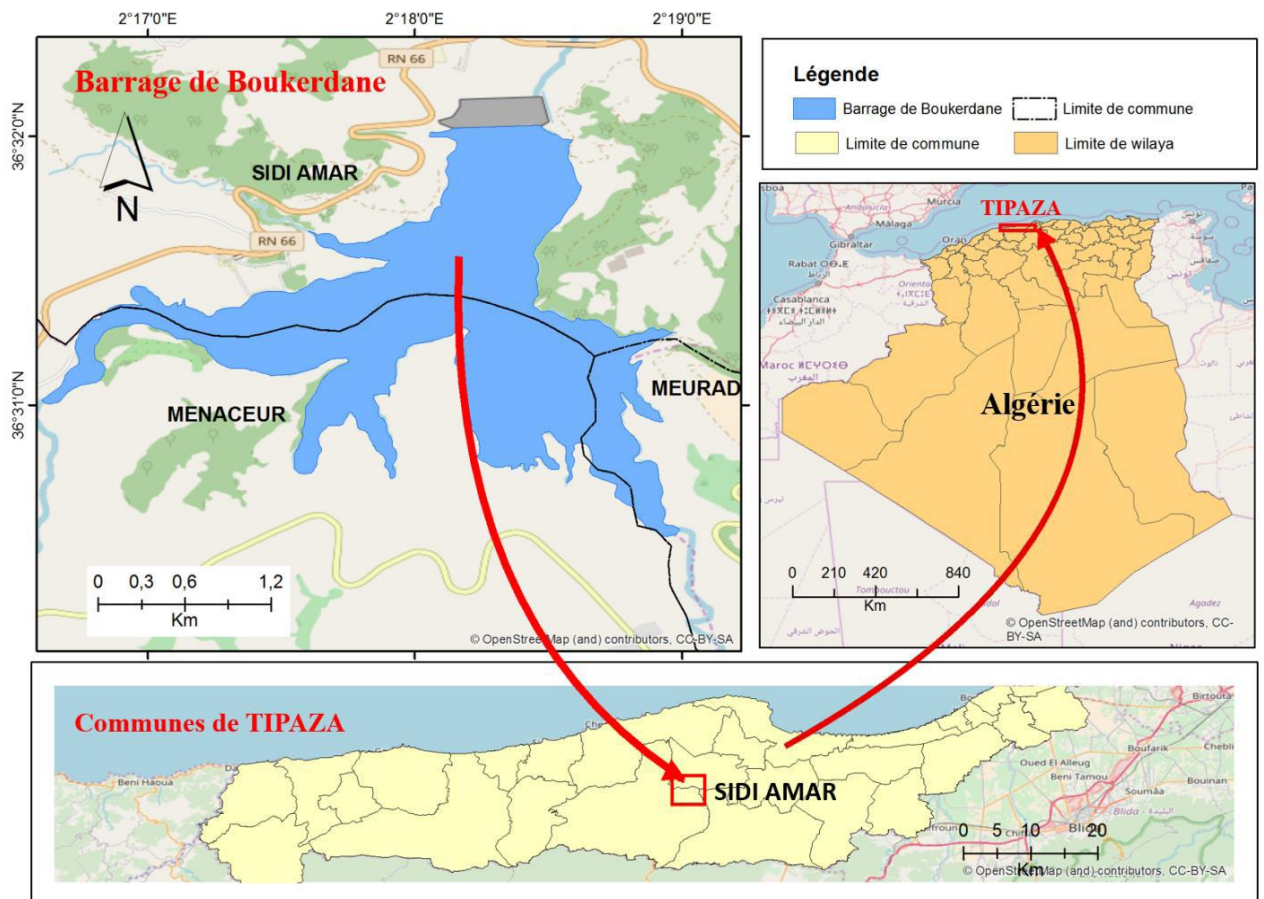


Figure 7: Situation géographique du barrage de Boukerdane (Boutahraoui, I.2016)

3.1.3. Caractéristiques principales du barrage de Boukerdane.

Les principales caractéristiques du barrage sont

- Type : Terre zoné
 - Côte du niveau normale de la retenue : 119,50 m.
 - Cote du niveau de plus hautes eaux : 123,00 m.
 - Aire de la retenue au niveau normale : 536ha
 - Aire de la retenue au niveau exceptionnel : 600ha
 - Capacité totale de la retenue : 97 Mm³
 - Réserve d'envasement : 10,8 Mm³
 - Volume régularisé : 49 Mm³
 - Apports moyens annuels : 2 Mm³
 - Hauteur : 22m
 - Hauteur : 609,7m
 - Largeur en crête : 10m
 - Largeur au niveau du terrain naturel : 367,62m
- Capacité initiale : 97 Hm³.
- Capacité au dernier levé (2004) : 104,99 Hm³.
 - Apport moyen annuel : 35 Hm³.
 - Envasement moyen annuel : 0,21 Hm³/an.
 - Surface du bassin versant : 156 km². (ANBT, 2008).

Le barrage de Boukerdane permet :

1. l'alimentation en eau potable des populations de Tipaza, Nador, Hadjout, Sidi Amar, Cherchell, sidi Ghilés et Hadjret Ennous (ANBT, 1994).
2. l'irrigation de la vallée de l'oued El Hachem, des terrains de la partie ouest de la Mitidja, des régions de Hadjout et de sahel (ANBT, 2002).
3. activités sportives (aviron) pour l'année 2007.
4. Construction d'un centre nautique sur une superficie de 2,5 hectares, dont les services de la pêche ont lancé en 2006.
5. le baignade et loisir. (ANBT, 2008)

2.1.4. Bioclimat de la région

Le barrage de Boukerdane est situé dans une zone subhumide où les hautes barrières montagneuses qui limitent le domaine oriental vers l'ouest privent la région des apports de pluies et réduisent la pluviométrie de cette région à 190 mm/an en moyenne. Il bénéficie d'un climat humide à subhumide. Sous l'influence du climat méditerranéen, l'année est divisée en deux saisons ; la saison des pluies qui se caractérise par le froid et l'humidité et la saison sèche qui se caractérise par la chaleur et la sécheresse. Au niveau du bassin versant, les pluies sont abondantes, la précipitation annuelle s'élève à 780 mm. Les pluies fortes précipitations apparaissent du mois de Novembre au mois de Mai (**Doughoum, S .2008**).

2.1.5. Nature des terrains

Dans le bassin versant le long de la vallée sont déposées des alluvions anciennes et récentes, on y trouve des terres provenant d'altération des roches sédimentaires et des roches ignées. A l'intérieur du bassin la couverture végétale est faible, cela est défavorable à la conservation des terres et des eaux. D'ailleurs plus en remonte plus la pente du lit de l'oued est importante, ce qui aggrave davantage l'affouillement et l'érosion du sol (**Doughoum, S .2008**).

2.1.5.1. Topographie, Géologie et dépôts de surface : Le barrage de Boukerdane est fondé sur les alluvions du lit de l'oued El-Hachem, mais il est construit en terre et en enrochement avec un noyau d'argile basé directement sur la roche de fondation. Les formations géologiques du site du barrage sont divisées en trois groupes (**Doughoum, S .2008**) :

1. les roches ignées basiques et leur altération actuelle in situ.
2. les roches sédimentaires tertiaires et les terrains d'altération qui s'y développent
3. les dépôts quaternaires, alluvions de l'oued et déjections torrentielles la région de notre étude est caractérisée par la présence d'anciennes terrasses fluviales dans les vallées de l'oued Messelmoune et l'oued El-Hachem offrant quelques petits affleurements difficiles à séparer des alluvions actuelles du fond de la vallée.

2.1.5.2. Approvisionnement en eau potable : A partir de 2002 le barrage de Boukerdane participe au renforcement du réseau d'alimentation en eau potable dans le cadre du projet sécurisation d'alimentation d'Alger en eau potable (**Doughoum, S .2008**).

3.2.5.3. Prélèvements agricoles : L'eau de barrage est beaucoup plus destinée à l'irrigation qu'à l'alimentation en eau potable. Le barrage est conçu pour l'irrigation de la Mitidja ouest, selon le programme défini dans l'avant-projet (**ANBT, 1994**). Le volume d'eau

régularisé par le barrage est de 49 Mm³ par année, dont 8 Mm³ d'eau potable et 41 Mm³ d'eau d'irrigation (Doughoum, S .2008).

2.1.5.4. Ensemencement du barrage : Une quantité de 6400 000 alevins a été importée de la Hongrie. Cette opération nationale, qui a débuté le 15 juin 2006 au barrage, s'est achevée le 27 juillet 2006. Les lots d'alevins importés de la Hongrie arrivent à l'aérodrome militaire de Boufarik et font l'objet immédiatement du dispatching. Une quantité de 200 000 alevins de carpes argentées et à grandes bouches a été déversée au barrage. Cette campagne d'ensemencement ciblera 36 sites implantés à travers 30 wilayas du pays. Les vétérinaires qui se trouvent sur le site de Boukerdane, après l'inspection, avaient affirmé que les alevins sont en bon état. Il y a lieu de signaler que de nombreux citoyens viennent au barrage pour pêcher du poisson, notamment du mulot et de la carpe (Doughoum, S .2008).

2.1.5.5. Faune et flore du barrage

2.1.5.5.1. Flore : La région du barrage de Boukerdane est couverte de lentisque, de palmiers nains, d'oliviers sauvages et de toutes sortes de broussailles. Sur les rives du barrage de Boukerdane se trouve une faible couverture végétale, des pelouses et des terrains agricoles (des céréales et des cultures maraîchères) (Doughoum, S .2008).

2.1.5.5.2. Faune aquatique : Le barrage est caractérisé par une faune ichthyologique importante dominée par le genre *Barbus*. C'est aussi un milieu d'accueil de plusieurs espèces d'oiseaux tels que ; les canards souchets, corbeaux noir, etc..., (Doughoum, S .2008).

2.1.5.6. Rives du barrage : Au niveau des rives du barrage se pratiquent des activités agricoles ainsi que le pâturage qui est considéré un facteur anthropique. C'est un facteur de déséquilibre qui, à la longue entraîne la destruction des milieux naturels (Doughoum, S .2008).

2.1.5.6.1. Activités agricoles : Depuis longtemps, les activités agricoles réalisées au niveau du barrage, permettent d'assurer la nourriture et le commerce pour les riverains. Les agriculteurs utilisent des engrais riches en nitrates trois fois par an. Par contre, les pesticides sont utilisés une fois par an. La nature des cultures pratiquées est la céréaliculture et le maraîchage (des tomates au mois d'août, des pommes de terre, ail et oignon au mois de Mai). Selon Bouchard (2000), ces activités agricoles peuvent être la cause de l'apparition des perturbations environnementales, cas de modification des caractéristiques naturelle, qui peut engendrer une pollution agricole (Doughoum, S .2008).

Aujourd'hui, la pollution de l'eau par les activités agricoles présente quatre formes principales : les matières en suspensions, les éléments nutritifs, les pesticides et les contaminations bactériennes. Par ailleurs, l'agriculture entraîne par l'effet du ruissellement des modifications physiques du territoire qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la faune et la flore du bassin versant (**Doughoum, S .2008**).

2.1.5.6.2. Pâturage : Nous avons remarqué que les agriculteurs et les habitants du barrage pratiquent aussi l'élevage des bovins et des ovins. Cette activité influe sur la qualité des eaux de barrage par une contamination fécale. Lorsque les troupeaux sont présents sur le barrage, la fréquence des pollutions fécales Contribuent à l'augmentation de l'effectif des bactéries (**Doughoum, S .2008**).

2.1.5.6.3. Activités nautiques: Au cours de nos visites, nous avons remarqué la présence d'embarcations sportives durant la période estivale. C'est une activité qui s'étale presque sur toute l'année. Cette activité peut présenter l'un des facteurs contribuant à l'altération de la qualité des eaux de barrage et à une perturbation de fonctionnement du milieu naturel (**Doughoum, S .2008**).

3. Méthodologie utilisée

3.2. Méthodologie d'échantillonnage des eaux de barrage

Les erreurs dues à l'échantillonnage sont, en général, plus importantes que celles imputables aux analyses de laboratoire. Le prélèvement d'un échantillon d'eau, qu'il est en outre impossible de refaire, est donc une opération délicate à laquelle il faut apporter le plus grand soin, car il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée (**Hamed, M. 2012**).

3.2.1. Matériels de prélèvement

La nature du matériau du récipient de prélèvement est importante. Ce dernier ne doit pas entrer en réaction avec l'eau à analyser. Le verre et le Pyrex peuvent être employés sans problème pour le dosage des ions majeurs. Le polyéthylène est souvent recommandé pour tout échantillonnage (**Chaoua M. 2013**).

3.2.3. Choix des points de prélèvement

Le choix des points de prélèvement ainsi que l'échantillonnage dépendent principalement des variations spatiale et temporelle de la qualité de l'eau. Dans tous les cas, ils conditionnent la représentativité de la population échantillonnée, et donc des conclusions tirées des résultats analytiques. Un échantillonnage a été aussi réalisé en aval de la digue (**Chaoua, M. 2013**) :



Figure 8: Echantillonnage d'eau du barrage (Djermakoye H ,2004).

3.2.4. Précautions particulières de prélèvement

Toujours laisser un espace d'air d'au moins 0,5 m entre la surface du liquide et le bouchon du flacon. Ce qui facilite l'homogénéisation de l'échantillon au moment de son analyse. Les bouteilles à large ouverture doivent être remplies jusqu'à l'épaule, en laissant un espace d'air d'au moins 2,5 cm et le bouchon doit être remis immédiatement après le prélèvement (**Chaoua M. 2013**).

3.2.5. Prélèvement pour analyse bactériologique

Dans le cas de prélèvements pour analyse bactériologique, l'agent préleveur devra toujours requérir et suivre les indications du laboratoire chargé des analyses. La plupart du temps, les laboratoires d'analyse fournissent des flacons en verre stériles à usage unique. (**Hamed, M. 2012**).

Dans la mesure où les micro-organismes sont présents partout dans l'air, sur le sol, sur le matériel de prélèvement et sur l'agent préleveur lui-même, il est indispensable d'éviter l'introduction de germes ne provenant pas de l'eau à analyser. Durant toute la phase de prélèvement, il conviendra d'éviter toute contamination du flacon et du bouchon (éviter de mettre les doigts dans le flacon ou sur la face interne du bouchon...).

Le flacon d'échantillonnage ne sera pas rempli complètement pour des questions de commodité d'analyse. Du fait de la relative hétérogénéité dans la répartition des micro-organismes dans l'eau, il semble souhaitable, comme pour les MES, de réaliser plusieurs prélèvements d'eau le long d'une transversale. (Hamed, M. 2012).

3.2.6. Conservation des échantillons

En général, les flacons en polyéthylène sont conservés à la température au-dessous de 2 à 4 °C (utilisation des glacières et des agents réfrigérants). Le délai d'analyse peut varier de 24 heures à plusieurs semaines, selon le paramètre considéré (Chaoua M. 2013).

3.2.7. Transport des échantillons

Une grande attention doit être portée au transport des récipients vides sur le lieu de prélèvement et au retour de ces récipients remplis au laboratoire d'analyse. Les caisses de transport peuvent être constituées de matériaux divers (mousses plastiques, cartons ondulés...) de façon à préserver l'intégrité de l'échantillon et à minimiser les dommages éventuels durant le transport. Le couvercle de la caisse d'emballage peut être constitué de matériau protecteur, afin de maintenir une légère pression sur les bouchons des récipients. Afin d'éviter toute ambiguïté lors de la remise des échantillons au laboratoire d'analyses imputable à la perte d'une désignation d'un flacon, il est fortement recommandé de rassembler les échantillons correspondant à une même station d'étude dans une même caisse d'emballage (Hamed, M. 2012).

4. Méthodologie de travail

Pour atteindre notre objectif nous avons opté la méthodologie présentée sur la figure 13 dans laquelle nous avons commencé par une prospection du terrain dont le but est le choix des sites de prélèvement d'eau. Les échantillons d'eau sont prélevés des deux barrages « Deurdeur et Boukerdene », quatre prélèvements ont été effectués du mois de Février au mois de Mai de l'an 2018. Les échantillons d'eau ont été l'objet des différentes analyses physiques et chimiques et bactériologiques. Les résultats des analyses sont traités ensuite pour tirer des conclusions.

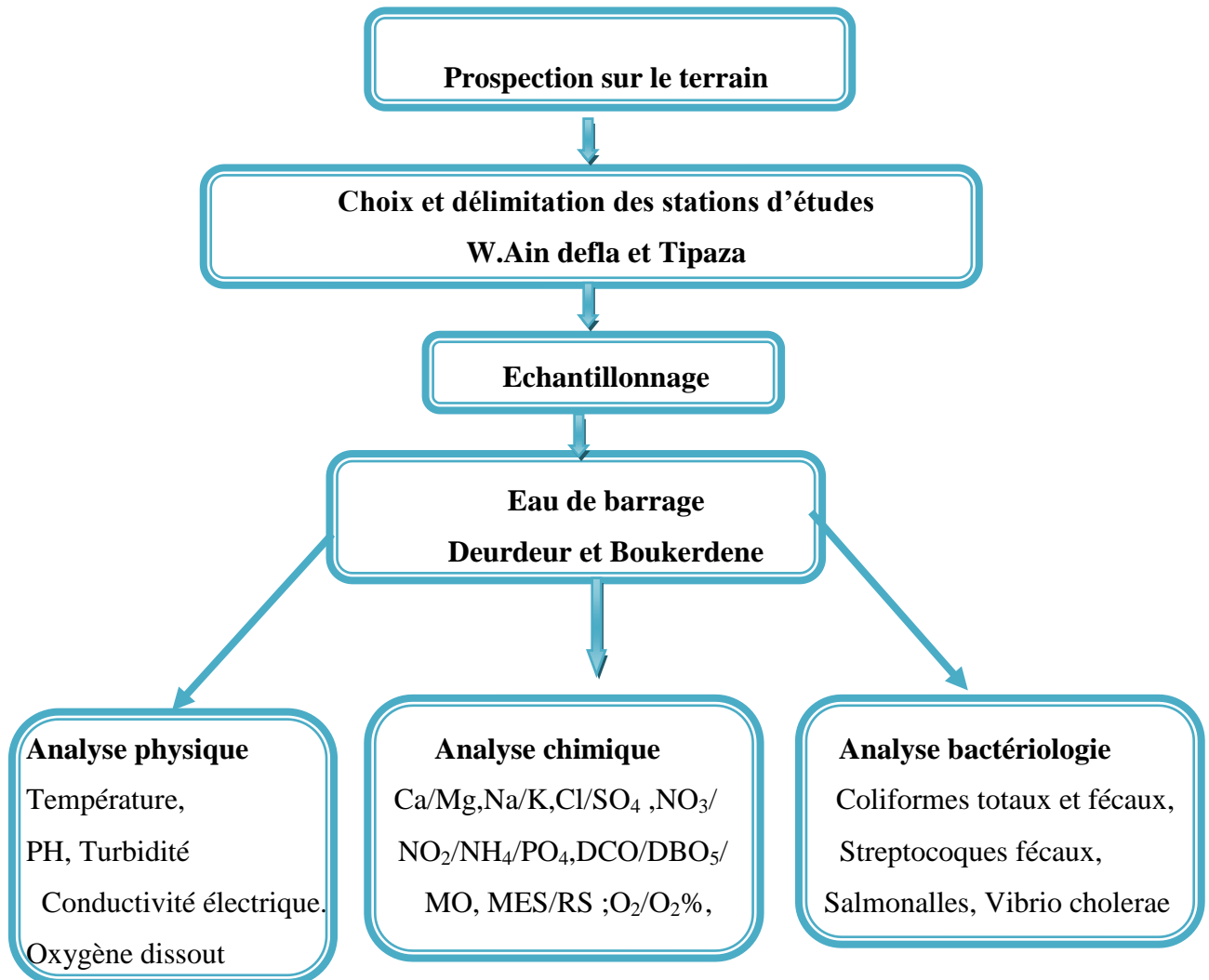


Figure 9: Méthodologie de travail.

5. Analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux des deux barrages

5.1. Mesures in situ

La température, le pH, la conductivité, l'alcalinité et l'oxygène dissous, doivent être mesurés in situ. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptibles de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.

5.1.1. Température de l'eau et l'air

Principe

La mesure de la température a été effectuée sur le terrain, en utilisant un thermomètre gradué au 1/10^{ème} en respectant les consignes de **Rodier et al. (2009)**.

Mode opératoire

La température de l'eau sera prise au niveau même du prélèvement de l'échantillon. L'immersion dans le milieu à étudier devra être d'une durée suffisante pour que la valeur

affichée soit stabilisée. En cas d'impossibilité de mesure au sein même de barrage, on prélèvera l'eau dans un seau de 5 à 10 litres de capacité et on y plongera immédiatement (l'eau se réchauffe très vite dans un seau l'été) l'appareil de mesure soigneusement étalonné. On procédera à la lecture de la température, dès que la stabilisation est observée, en laissant la un thermomètre à mercure dans l'eau (**Hamed, M. 2012**).

La température de l'air sera mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure muni d'une cordelette de 0,8 m de longueur. Le thermomètre étant rigoureusement sec, le faire tourner face au vent et à l'ombre durant une à deux minutes. Faire rapidement deux mesures successives qui ne différeront pas de plus de 0,2 °C. Prendre la moyenne des deux mesures (**Hamed, M. 2012**).

5.1.2. Potentiel d'hydrogène

Principe

Le pH est l'inverse du logarithme de l'activité de l'ion hydrogène : $\text{pH} = -\log_{10} a_{\text{H}^+}$

Il est mesuré à l'aide d'une électrode de verre, dont le potentiel varie en fonction de la concentration des ions hydrogènes suivant l'équation de Nernst. Ce potentiel est mesuré par rapport à une électrode de référence à l'aide d'un potentiomètre à haute impédance communément appelé pH-mètre.

Mode opératoire

Un pH-mètre est composé d'une électrode de verre, d'une électrode de référence au calomel-KCl saturé et d'un dispositif potentiométrique. Indépendamment du dispositif potentiométrique dont les caractéristiques techniques peuvent varier, il existe un très grand nombre d'électrodes dont les spécificités sont propres à chaque constructeur et à chaque domaine d'utilisation (**Hachemaoui B. 2014**).

Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode de pH combinée (pH Mètre WTW).

- L'étalonnage étant réalisé et l'appareil ayant acquis son régime de marche (laisser chauffer l'appareil), l'électrode est plongée dans la solution à mesurer. La lecture est effectuée après stabilisation du pH-mètre ce qui peut prendre plusieurs minutes. Veiller à ce que la température de l'échantillon ne varie pas pendant la mesure.
- En cas de panne d'appareil, il conviendra de prendre un échantillon d'eau dans un flacon bouché hermétiquement en ayant pris soin de n'introduire aucune bulle d'air. Conservé à l'obscurité et au froid, le pH sera mesuré dès le retour au laboratoire.

- Puis noter le pH.
- Les résultats sont exprimés en unités de pH, à la température de mesure qui doit être indiquée, sous la forme : pH à XX°C = XX, XX. (Hamed, M. 2012).

5.1.3. Conductivité électrique (NF T90-031)

Principe

La conductivité d'une solution est la mesure de la capacité des ions à transporter le courant électrique. Ce passage du courant électrique s'effectue par la migration des ions dans un champ électrique produit par un courant alternatif. Plus l'électrolyte est dilué, plus la conductivité diminue, car il y a moins d'ions par volume de solution pour assurer le transport du courant.

Mode opératoire

Quelles que soient les caractéristiques techniques du conductimètre (type de courant débité), la plupart des appareils actuellement commercialisés sont équipés d'un dispositif de compensation de température, commandé manuellement ou à action automatique, qui permet par lecture directe d'obtenir une bonne appréciation de la conductivité (ou de la résistivité) à la température de référence. L'intervalle de température pour lequel la compensation est réalisée automatiquement est normalement précisé par le constructeur.

Le conductimètre est mesuré à l'aide d'une électrode de conductivité électrique combinée de marque WTW et nous avons procédé de la manière suivant :

- Avant d'effectuer la mesure de conductivité, la sonde (propre) doit être rincée à plusieurs reprises avec de l'eau déminéralisée puis deux fois au moins avec l'eau à examiner.
- La sonde du conductimètre est agitée dans l'échantillon d'eau brute 3 jusqu'à stabilisation de la conductivité. Sur de l'eau très chargée, il semble que la stabilisation soit assez difficile à obtenir compte tenu de l'influence des particules solides plus ou moins conductrices. Il faut veiller à ce qu'il n'y ait pas de bulles de gaz emprisonnées dans la sonde, notamment en contact avec les électrodes.
- En cas de panne d'appareil, il conviendra de prendre un échantillon d'eau dans un flacon bouché hermétiquement en ayant pris soin de n'introduire aucune bulle d'air. Conservé à l'obscurité et au froid, la conductivité sera mesurée dès le retour au laboratoire.
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner, faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.

- En précisant la température à laquelle a été effectuée la mesure, il faut indiquer la conductivité à 25 °C exprimée en siemens par centimètre en $\mu\text{S}/\text{cm}$. (Hamed, M. 2012).

5.1.4. Turbidité

Principe

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'une néphélométrie. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident.

Mode opératoire

- La mesure de la turbidité doit être réalisée sur eau brute bien homogénéisée. Cette opération doit être assez rapide. Il faut vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure.
- Les cellules optiques doivent être fréquemment nettoyées.
- Remplir la cellule de mesure avec l'échantillon ;
- Essuyer le tube de mesure ;
- Introduire le tube de mesure dans la chambre ;
- Fermer la chambre ;
- Le signal délivré par les turbidimètres optiques dépend très fortement du type de matières en suspension (organique ou minéral), du spectre en
- tailles de MES et du bruit de fond (coloration) des eaux.
- Résultat est donné directement en NTU.

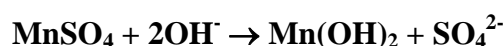
5.1.5. Oxygène dissous

Principe

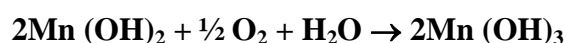
Le principe du dosage est de former un précipité de manganèse (Mn II) et de l'oxyder par l'oxygène dissous (Mn III et Mn IV). En milieu acide et en présence d'iodure, le manganèse est réduit, ce qui libère de l'iode. L'iode est alors titré par le thiosulfate.

Les réactions intervenant dans le dosage sont :

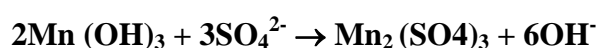
(1) Formation du précipité de Mn (II) par la soude



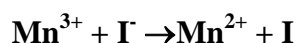
(2) Oxydation du Mn (II) par l'oxygène.



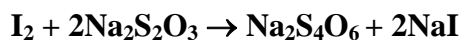
(3) En milieu acide, l'hydroxyde manganique donne un sel manganique



Qui oxyde l'iodure de potassium en iode :



(4) Dosage de l'iode par le thiosulfate



Le point équivalent du dosage peut être mis en évidence par plusieurs méthodes. Nous utiliserons un indicateur coloré d'oxydo-réduction par l'amidon.

Mode opératoire

- Remplir complètement avec de l'eau à analyser un flacon de 125ml à col rodé,
- Ajouter rapidement à l'aide d'une pipette plongeant sous la surface du liquide 1ml de sulfate manganéux et 1ml de réactif à l'iodure de potassium,
- Reboucher sans emprisonner de bulles d'air et agiter,
- Quand le précipité formé s'est déposé, introduire de la même manière 2ml d'acide sulfurique dilué au 1/2, agiter,
- Quand tout le précipité s'est dissous, prélever 103ml de la solution (3ml pour tenir compte du volume déplacé par les réactifs) et les mettre dans un erlen Meyer,
- Doser l'iode formé par la solution de thiosulfate de sodium de titre à T=0,0125N,
- Ajouter d'abord le thiosulfate jusqu'à obtention d'une couleur jaune clair, puis ajouter 5ml d'indicateur à l'empois d'amidon. Continuer le titrage jusqu'à décoloration complète,

Calcul

$$\text{Soit : } \quad \text{Titre de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{\text{Titre du KIO}_3 \times \text{Volume de KIO}_3}{\text{Volume de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$$

$$V \text{ (mgO}_2\text{/l)} = 80.V.T.$$

5.2. Analyses au laboratoire

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) à Soumâa selon des protocoles élaborés par cette agence et ceux de **RODIER et al. 2009** :

5.2.1. Résidu Sec (NF T 90-029)

Principe

Le dosage des solides totaux est effectué sur une portion d'échantillon qui est évaporée dans un creuset de porcelaine préalablement pesé. Lorsque l'évaporation est terminée, le résidu est séché à 105 °C et pesé de nouveau. La quantité de solides totaux est obtenue par différence des poids.

Mode opératoire

- Tarer une capsule préalablement lavé, rincée à l'eau distillée et desséchée,
- Prélever V=100ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule,
- Porter cette dernière à l'étuve à 105°C pendant 24heures,
- Peser immédiatement et rapidement.

Calcul :

La teneur en mg/l de matières sèche est donnée par l'expression :

$$(P_p - P_v) \cdot 10 \cdot 1000 / V \text{ (mg/l)}$$

P_p : le poids plein de la capsule.

P_v : le poids vide de la capsule.

5.2.2. Matières en suspension

Principe

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. Le filtrat d'un échantillon est évaporé dans une capsule préalablement pesée. Lorsque l'évaporation est terminée, le résidu est séché à 105°C et pesé de nouveau. Le poids de solides dissous est obtenu par différence des poids. La quantité de solides dissous volatils est obtenue par la différence entre le poids du résidu calciné à 550°C et celui séché à 105°C (Rodier.2009).

Mode opératoire

- Peser une capsule P_1 conditionnée à l'aide d'une balance analytique.
- Décantation de l'échantillon.
- Prélever à l'aide d'un cylindre gradué 100ml de l'échantillon homogène aqueux et verser dans le tube à centrifuger.
- Centrifugation le volume d'eau à 4000 tr/min pendant 10min.
- Verser le culot de matière dans la capsule préalablement pesée.
- Rincer le tube à centrifuger avec 2 portions de 10 ml d'eau et transférer dans la capsule.

$$(P_2 - P_1) \times 1000/V$$

- Transférer la nuit la capsule dans une étuve à 105°C pendant la nuit. Le lendemain, laissé refroidir la capsule et peser la capsule P₂.
- Chauffer pendant un minimum de 2 heures la capsule dans le four à moufle à 550°C. Laisser refroidir la capsule puis peser la capsule P₃.

Calcul :

La teneur en mg/l de matières totales est donnée par l'expression :

La teneur en mg/l de ce qui est considéré comme les matières minérales :

$$(P_3 - P_1) \times 1000/V$$

La matière organique en mg/l sont données par l'expression :

$$(P_2 - P_3) \times 1000/V$$

5.2.3. Dosage du sodium et du potassium (NF T-90-019)

Principe

Les ions en solution sont portés, au moyen d'une flamme de température convenable à un niveau énergétique supérieur à la normale (on dit que les atomes sont excités par la flamme). Libérés de la flamme, ils restituent l'énergie acquise en émettant une radiation caractéristique de l'élément. On pulvérise donc au moyen d'un gicleur, la solution à doser dans une flamme de température déterminée par l'élément que l'on recherche. On sélectionne la radiation attendue au moyen d'un filtre. L'intensité de la radiation est proportionnelle à la concentration de l'élément présent dans la solution.

Mode opératoire

Le BWB-1 est un photomètre multicanaux pour la mesure du Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Ba²⁺ et Li⁺. Le gaz utilisé peut être le butane, le propane ou un mélange des deux. Il est équipé d'un compresseur d'air à réglage automatique de débit. Il est possible d'installer une source d'air extérieure. Il est aussi équipé d'un mécanisme de coupure automatique de l'arrivée du gaz en cas d'extinction accidentelle de la flamme avec alarme visuelle et sonore (Chaoua M. 2013).

L'appareil est piloté par un microprocesseur permettant de générer et de mémoriser une courbe de calibration multipoints ou monopoint et d'afficher les résultats sous différentes formes. Le gaz utilisé peut être le butane, le propane ou un mélange des deux à une pression ne dépassant pas 20 bars (les bouteilles de gaz butane vendues en Algérie peuvent être utilisées). Ne pas installer de détendeur sur la bouteille de gaz étant donné que l'appareil en est déjà équipé. Vérifier l'absence de fuite à l'aide d'eau savonneuse (Chaoua M. 2013).

L'eau de dilution : Introduire 1 ml de « Diluent Concentrés » dans une fiole jaugée de 1 L et compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

La gamme étalon : Elle peut contenir jusqu'à 05 points selon la concentration des échantillons. Elle sera préparée avec de l'eau de dilution citée ci-dessus.

Le blanc : C'est de l'eau de dilution.

Les échantillons : Les échantillons concentrés seront dilués avec de l'eau de dilution citée ci-dessus.

- Les résultats sont exprimés directement en mg/l de sodium et potassium.

5.2.4. Carbonates et Bicarbonate

Principe

L'utilisation de la méthode potentiométrique pour le dosage des carbonates, bicarbonates et les OH offre de nombreux avantages. L'alcalinité d'un échantillon est déterminée par un titrage Avec une solution d'acide sulfurique à 0.01N. Au fur et à mesure du titrage, le pH diminue légèrement. Lorsque l'échantillon contient des carbonates, un premier point d'équivalence peut être observé aux environ de pH=8,3. Ce point correspond à la transformation des ions carbonates et bicarbonates. Cependant, l'alcalinité est mesurée au deuxième point d'équivalence, soit celui correspondant à la transformation du bicarbonate en acide carbonique. Ce point d'équivalence se trouve aux environ de pH 4,3.

Mode opératoire

- Prendre environ $V_{PE} = 20$ ml d'eau à analyser,
- **Si pH > 8,3** : Ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01N goutte à goutte et arrêter quand le pH-mètre indique pH= 8,3 ; noter le volume d'acide sulfurique V_1 (ml) versé.
- **Si pH est compris entre 4,4 et 8,8** : Ajouter à la burette H_2SO_4 à 0,01N jusqu'à obtenir pH = 4.4; noter le volume d'acide V_2 (ml) versé.

Calcul

1. Si pH > 8,3

Il y a des bicarbonates et OH^- dans l'échantillon ce qui implique une teneur négligeable en bicarbonates $HCO_3^- = 0$

$$OH^- \text{ mé/l} = \frac{(2V_1 - V_2) \times 0,01 \times 1000}{V_{PE}}$$

$$OH^- \text{ (mg/l)} = OH^- \text{ mé/l} \times 17$$

$$CO_3^{2-} \text{ mé/l} = \frac{2(V_2 - V_1) \times 0,01 \times 1000}{V_{PE}}$$

$$CO_3^{2-} \text{ (mg/l)} = CO_3^{2-} \text{ mé/l} \times 30$$

$$V_{PE}$$

$$\text{TA } (^{\circ}\text{F}) = [\text{OH}^-] + 1/2 [\text{CO}_3^{2-}]$$

2. Si pH est compris entre 4,4 et 8,3

Il n'y a ni carbonates ni OH^- dans l'échantillon.

$$\text{HCO}_3^- \text{ mé/l} = \frac{V_2 \times 0,01 \times 1000}{V_{\text{PE}}} \qquad \text{HCO}_3^- \text{ (mg/l)} = \text{HCO}_3^- \text{ mé/l} \times 61$$

$$\text{TAC } (^{\circ}\text{F}) = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$$

5.2.5. Demande chimique en oxygène (Norme ISO 9001)

Principe

Dans des conditions opératoires bien définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le dichromate de potassium en milieu acide et en présence de catalyseurs. Un agent masquant permet d'éviter l'interférence éventuelle des chlorures. L'excès de dichromate introduit est dosé par un réducteur, le sulfate ferreux, on peut ainsi remonter à la quantité de dichromate consommé par les matières oxydables. Un indicateur approprié permet de détecter la fin du dosage.

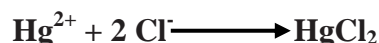
Les réactions peuvent être schématisées comme suit :

(1) des substances (s^*) présentes dans l'eau



(2) Intervention d'un agent masquant

Pour éviter l'oxydation des ions chlorures en chlore, on utilise le sulfate de mercure (II) qui complexe les ions Cl^- :



(3) Réaction de dosage



La méthode est valable pour des échantillons présentant une DCO comprise entre 30 et 700 $\text{mg O}_2/\text{l}$ et une concentration en chlorure inférieure à 2000 mg/l .

Mode opératoire

- Introduire 10 ml d'échantillon dans le tube à réaction puis 5 ml de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ et quelques billes de verre afin de régulariser l'ébullition,
- Ajouter lentement 15 ml d' Ag_2SO_4 en milieu sulfurique,
- Installer le tube à réaction dans le porte-tubes et mettre l'ensemble dans le bloc chauffant,
- Connecter correctement le réfrigérant à air au tube à réaction.

- Enclencher l'interrupteur en position 1,
- Vérifier sur l'afficheur que le chiffre inscrit sous « PR » est 1, c'est-à-dire le programme n°1 composé de : palier n°1 à 150°C pendant 30 min et palier n°2 à 170°C pendant 60 min. (l'élaboration du programme 1 est décrite plus bas),
- Démarrer l'analyse en appuyant sur « R/S »,
- A la fin de l'analyse l'appareil émettra une alarme, appuyez alors sur « R/S ».
- Sortir le porte-tubes contenant le tube à réaction et son réfrigérant à air et le poser sur le support de refroidissement à proximité d'une fenêtre,
- Attendre 15 mn et rincer le réfrigérant toujours connecté au tube à réaction avec 75 ml d'eau distillée,
- Laisser refroidir jusqu'à la température ambiante,
- Transvaser ensuite le contenu du tube à réaction dans un erlen de 500 ml et doser par le sel de Mohr en présence de 2 gouttes de ferroïne,
- Soit V_1 ml le volume lu à la burette pour l'échantillon,
- Un essai à blanc est réalisé en même temps que l'analyse de l'échantillon en précédant de la même manière que précédemment mais en Remplaçant les 10 ml d'échantillon par 10 ml d'eau distillée. Soit V_2 ml le volume lu à la burette pour l'essai à blanc.

$$\text{Calcul : } \quad \text{DCO en mg d'O}_2/\text{l} = \frac{8000 \times T \times (V_2 - V_1)}{V_{PE}}$$

T : Titre du sel de Mohr.

V_1 : Volume de burette de l'échantillon

V_2 : Volume de burette de l'essai à blanc.

PE : Prise d'essai échantillon est 10 ml.

Il est nécessaire de diluer l'échantillon si sa DCO est supérieure à 700 mg d'O₂/l.

5.2.6. Demande Biochimique en Oxygène

Principe

Une quantité d'eau est versée dans une bouteille d'incubation de 432 ml, fermée avec un bouchon muni d'un capteur de pression (oxytop). Le volume choisi est fonction de la gamme de mesures souhaitée. L'appareil de mesure, de type WTW, est placé dans un réfrigérateur maintenu à 20°C. On suit ensuite, en fonction du temps, soit tous les jours pendant 5 jours pour la DBO₅, la consommation d'oxygène, qui se traduit par une diminution de la pression d'air. On procède enfin à la correction de la mesure par un facteur correctif qui dépend de la quantité d'échantillon prélevée et de la gamme de mesure souhaitée. L'oxydation des matières organiques

provoque la formation de CO_2 qui sera piégé par une pastille de NaOH . Ainsi il se développe une dépression dans la bouteille. L'afficheur analogique intégré au bouchon indique après calcul, la valeur de la DBO en mgO_2/l .

Mode opératoire

1). Détermination du volume d'échantillon à verser dans le flacon

Il faut d'abord déterminer le volume d'échantillon à verser dans le flacon et qui dépend de la valeur approximative de sa DBO. Pour des eaux claires et des eaux de rejets domestiques :

$$\text{DBO} = 0,5 \times \text{DCO}$$

Quantité à analyser

Connaissant donc sa DBO, le tableau 15 suivant nous donne le volume d'échantillon à verser dans le flacon :

Tableau 13 : Facteur de conversion de la DBO_5 en fonction du volume de prise.

DBO (mg/l O_2)	Volume d'échantillon à verser dans le flacon (en ml)	Facteur multiplicatif
0 - 40	432	1
40 - 80	365	2
80 - 200	250	5
200 - 400	154	10
400 - 800	97	20
800 - 2000	43,5	50
2000 - 4000	22,7	100

La valeur réelle est calculée comme suit :

$$\text{DBO}_5 (\text{mgO}_2/\text{l}) = \text{Valeur lue} * \text{facteur multiplicatif}$$

Les étapes suivantes :

- A l'aide d'une éprouvette graduée, verser dans le flacon le volume calculé comme dans l'exemple cité ci-dessus,
- Introduire l'aimant et poser le flacon sur la plaque agitatrice de l'enceinte thermostatée, puis démarrer l'agitation,

- Mesurer la température dans le flacon, si celle-ci n'est pas comprise entre 15 et 20°C, fermer la portière de l'enceinte thermostatée et attendre le temps nécessaire afin que la température soit dans cette plage,
- Lorsque la température est ajustée, introduire 2 pastilles de soude dans le creuset percé qu'on aura préalablement posé avec son joint en caoutchouc sur l'ouverture du flacon et bien serrer le bouchon,
- Presser en même temps la touche « S » et « M » du bouchon pendant 2 secondes pour remettre la mémoire de l'enregistreur à zéro et démarrer en même temps l'analyse,
- A partir de ce moment l'appareil mémorisera automatiquement toutes les 24 heures une valeur correspondante à la DBO.
- En pressant la touche « M » à n'importe quel moment de la journée, on a accès à la valeur actuelle correspondante à la DBO (ne pas oublier le facteur multiplicatif).

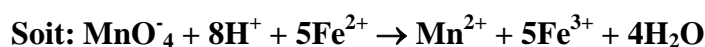
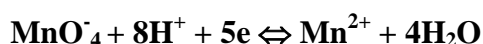
5.2.7. Matière organique

Principe d'oxydation en milieu acide

On oxyde l'échantillon par un excès connu de permanganate de potassium, en milieu acide et à chaud :



Le permanganate n'ayant pas réagi est réduit par un excès connu de sulfate ferreux ammoniacal :



L'excédent de sulfate ferreux est titré par le permanganate. La réaction étant incomplète, la reproductibilité des résultats est particulièrement sensible à la rigueur des conditions opératoires. Le degré d'oxydation des matières organiques dépend du rapport des concentrations du permanganate MnO_4^- et de sa forme réduite Mn^{2+} .

Mode opératoire

- Mettre en ordre dans un erlen V=100ml d'eau à analyser et eau bidistillée,
- Ajouter 10ml d'acide sulfurique au 1/2,
- Porter à l'ébullition 10min exactement,
- Refroidir rapidement et ajouter 20ml de sulfate ferreux ammoniacal N/80,

- Doser l'excès de sulfate ferreux par du permanganate N/80 (de titre exact) soit V le volume de permanganate.
- L'expression des résultats de matière organique en $(\text{mgO}_2/\text{l}) = (V - V_0)$

V_0 : Représente le volume du permanganate du témoin (eau bidistillée) ;

5.2.8. Détermination des éléments nutritifs et des éléments major

Les chimies de routine du système sont programmées dans l'analyseur de l'Aquakem 200 Cd basé sur des méthodologies recommandées par la méthode standard dans l'eau et l'examen des eaux usées dans de nombreux pays. Plages pour convenir exigences individuelles (ANRH, 2009).

5.2.8.1. Présentation technique de l'Aquakem 200 Cd: L'Aquakem est un analyseur photométrique séquentiel, travaillant en chargement aléatoire ou par série, dédiée aux analyses

environnementales et aux analyses de l'eau. Il est adapté à l'analyse de l'eau potable, des eaux usées, des eaux de ruissellement et des nappes phréatiques. Les analyses sont effectuées par le personnel du laboratoire. Plage de température de fonctionnement de 15-32°C et l'humidité de 40-85%. (ANRH, 2009)..

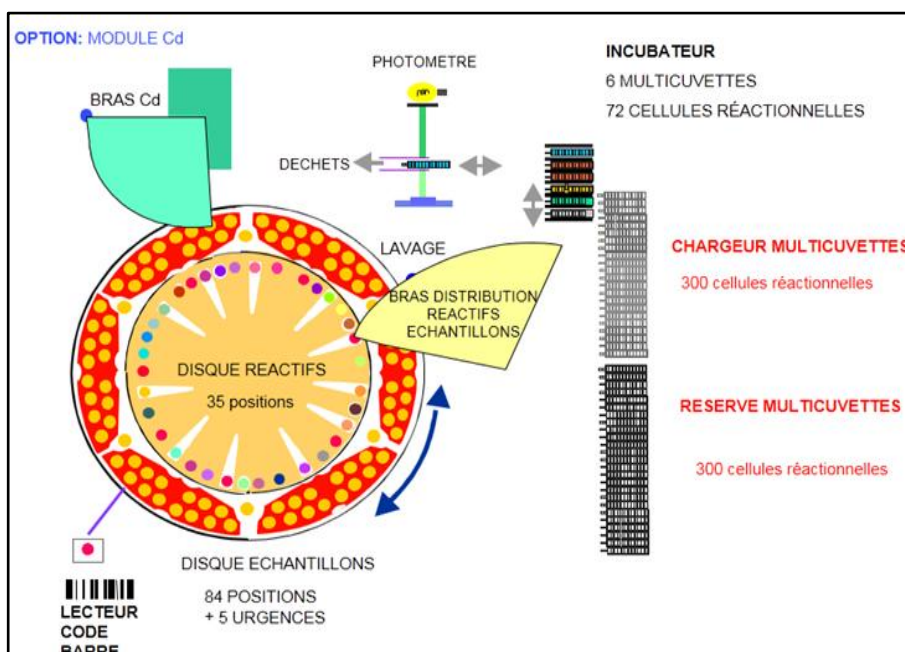


Figure 10 : Schéma – Aquakem 200 Cd. (ANRH, 2009).

Taux analytique est Jusqu'à 180 tests / heure. Il est temps de commencer le résultat est généralement de 3 à 12 minutes . (ANRH, 2009).

5.2.8.2.Principe de photomètre : Filtre d'interférence monocanal photomètre avec référence de séparation de faisceau - 11 filtres fixes, autres disponibles sur demande. (ANRH ,2009).

Plage spectrale : 340-880 nm.

Température de mesure : 37°C

Initiation à la réaction : échantillon ou début du réactif.

Test sélection : Sélection des tests par profil ou individuellement.

Source de lumière : Lampe halogène avec la gamme d'absorbance linéaire de 0-2,5°A, résolution de 0,001 °A et la reproductibilité de SD \leq 0.005 à 2 °A.

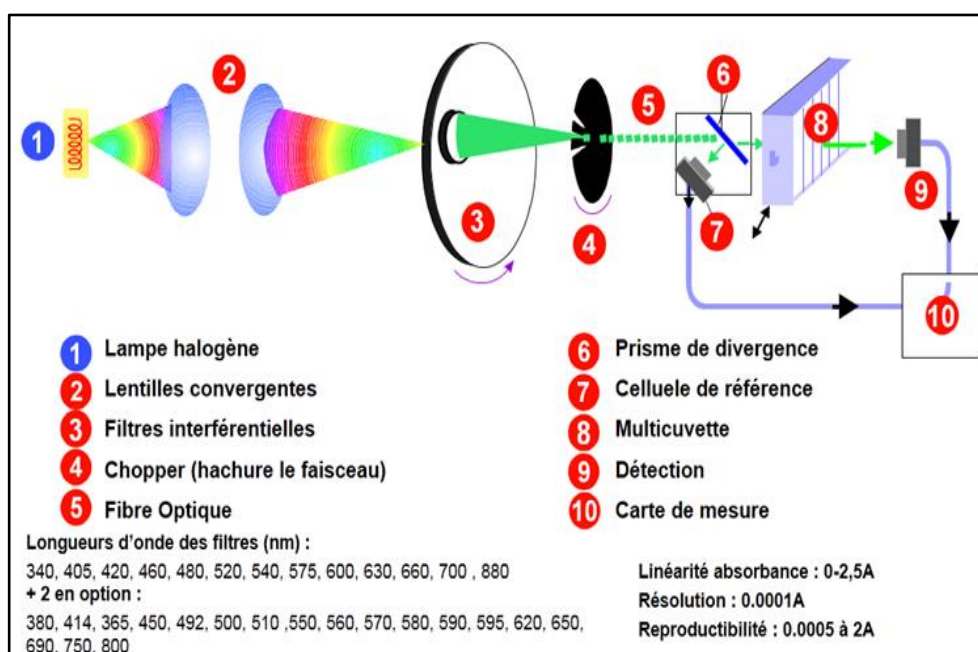


Figure 11 : Principe et mesure de Photomètre . (ANRH ,2009).

5.2.8.3. Principaux composants de l'analyseur

Standardisation: (1) eau, (2) échantillon, (3) échantillon avec réactif ou de l'eau, (4) Après jusqu'à 4 ajouts de réactifs, (5) Avant ou après jusqu'à 4 périodes d'incubation, (6) bichromatiques . (ANRH ,2009).

Navires de réaction : Cuvette jetable discrète de 12 cellules. Accès continu aux cuvettes avec interrompre le traitement du test. Vérification optique des cuvettes avant utilisation. Le volume de fin de réaction : 100-250 μ l . (ANRH ,2009).

Types d'échantillon : Convient pour l'eau propre, les eaux usées, solution saline, eau de traitement, effluents et digestions sol / boue et l'échantillon de volumes est jusqu'à 120 μ l . (ANRH ,2009).

Types des réactifs : Accès continu aux réactifs et la possibilité d'identification automatique par lecteur de code-barres externe. L'état réel du volume de réactif est temporel et le nombre de tests qui peuvent être par former sont clairement affichés. Les volumes des réactifs sont 2-250 µl. (ANRH ,2009).

5.2.8.4. Étalonnage: L'intervalle d'étalonnage est défini par l'utilisateur capable. Linéaire, biais ou calibration non linéaire, ajustement de courbe polynomiale et modification. Dépendant de la méthode utilisation d'étalons individuels ou série automatiquement diluée d'un calibre de stock jusqu'à 10 calibrates par chimie. Courbe précédente comparaison et répétition automatique pour la correction de biais disponible . (ANRH ,2009).

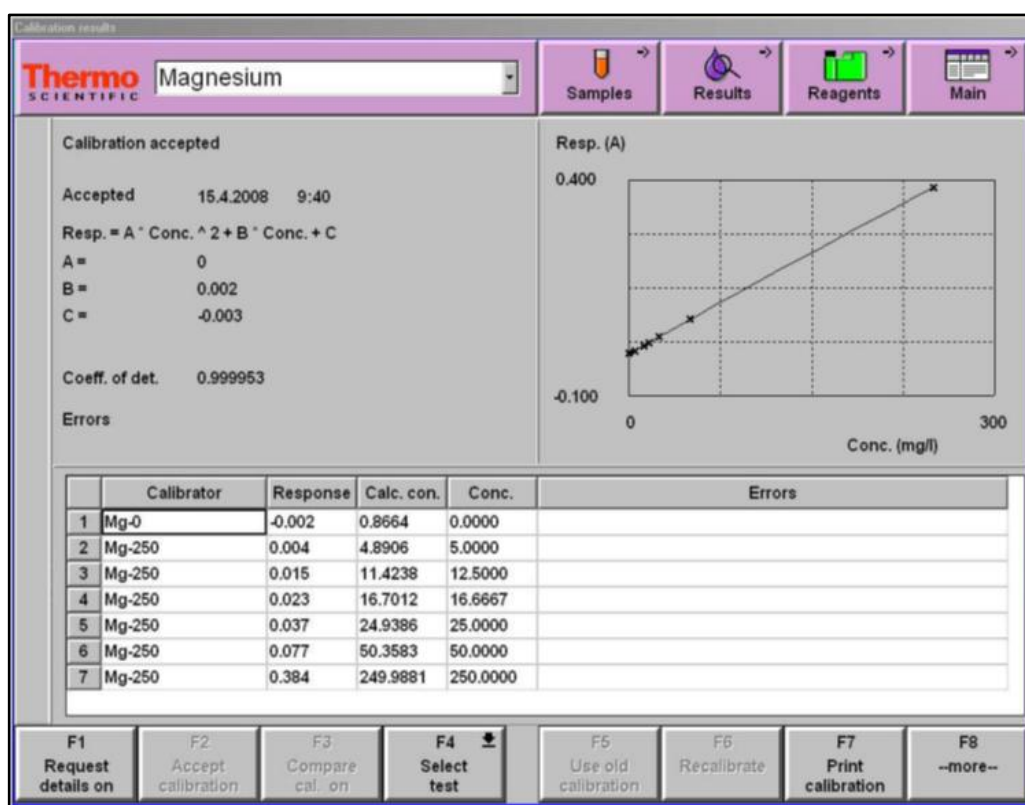


Figure 12 : Courbe d'étalonnage d'Aquakem 200 Cd . (ANRH ,2009).

5.2.8.5. Gestion de données: Les fenêtres @XP poste de travail avec interface utilisateur graphique. Saisie de données à l'aide d'une souris, par clavier, par lecteur de code à barres connecté avec le clavier. (ANRH ,2009).

Rapports de résultats : Recueilli par échantillon, entrée manuelle de hors ligne résultats permettant de collation complète rapports de résultats, résultats calculés à la fois mesurée et hors ligne résultats. Automatique ou "sur demande" impressions, rapportage automatique STAT. Valeurs anormales et répétitions marqué automatiquement. Possibilité de Type de rapport Excel pour plus de détails calculs (ANRH ,2009).

Stockage de données : Stockage à long terme âge des échantillons avec démographie y compris les résultats de test et de CQ et étalonnages. (ANRH ,2009).

5.2.8.6. Opérations de routine sur logiciel:

1. Connexion : nom d'utilisateur Aquakem, mot de passe Aquakem
2. Remplir le bidon d'eau distillée. Vider le bidon des eaux usées. Charger le magasin de cuvettes.
3. Procéder au contrôle de blanc eau de démarrage. Vérifier le blanc d'eau. S'il est incorrect, effectuez un lavage eau. Consulter les messages et valider.
4. Décider des analyses à effectuer
5. Vérifier et mettre à jour le disque réactif
6. Cliquer sur Sélection Calibrage/CQ et consulter les produits nécessaires pour les analyses.
7. Insérer les contrôles et étalons aux positions prévues sur les segments. Lors de l'insertion dans les segments, ouvrir la fenêtre. Spécimens (Sélection échantillon) pour cliquer sur les noms correspondants. Insérer le segment dans l'automate.
8. Fenêtre Sélection Calibrage/CQ : Sélectionner l'analyse à étalonner.
9. Appuyez sur la touche Démarrer du clavier en étant dans la fenêtre Menu.
10. Valider les étalonnages et les résultats CQ ou réétalonner.
11. Insérer les échantillons dans les segments et dans le logiciel via la fenêtre Spécimens. Sélectionner les analyses à effectuer.
12. Insérer le segment dans l'analyseur.
13. A partir du Menu principal, appuyez sur la touche Démarrer du clavier pour lancer l'analyse.
14. Cliquer sur Disque échantillons dans la fenêtre principale pour retirer les segments et les données de tous les échantillons.
15. Les résultats apparaissent dans l'onglet Résultats. Ils sont également disponibles via le LIMS, sous format papier, en archives ou sous format Excel.
16. Une fois tous les dosages échantillons réalisés, purger la base de données journalière.
17. Mise hors tension insérer le godet de solution de lavage.
18. Retirer les réactifs du disque réactifs.
19. Déconnectez-vous ou cliquez sur Sortie.
20. Vider la poubelle de cuvettes et la poubelle de liquides. (ANRH ,2009).

5.3. Analyses bactériologiques

L'analyse bactériologique a pour but la recherche et le dénombrement des germes existant dans les échantillons d'eau à analyser. Il faut signaler qu'un examen bactériologique ne peut être interprété que s'il est effectué sur un échantillon correctement prélevé dans un récipient stérile, selon un mode opératoire précis évitant toutes les contaminations accidentelles, correctement transporté au laboratoire et analysé sans délai ou après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Rodier.J , 2005**). En raison de la diversité des espèces bactériennes, virales et parasitaire, des germes test vont être analysés qui représenteront par la suite l'aspect microbiologique de ces eaux. Une analyse complète de l'eau brute a été effectuée en se basant sur la recherche et le dénombrement des paramètres suivants :

- Coliformes totaux et fécaux ;
- Streptocoques fécaux ;
- Vibrio cholérique ;
- Salmonella ;

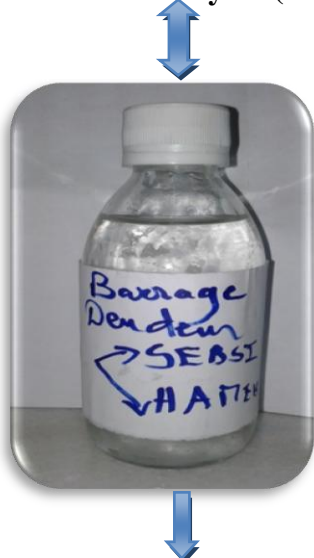
5.3. 1. Recherche et dénombrement des coliformes en milieux liquides (Méthode de NPP).

☞ Test de présomption de Coliformes totaux

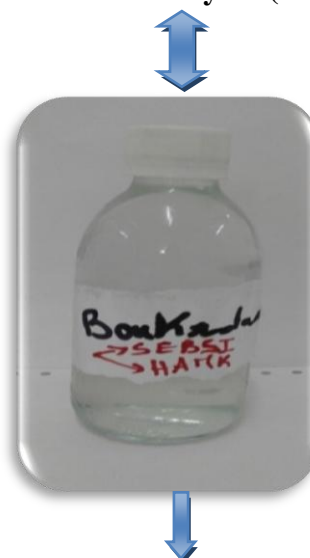
A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement (**Hamed, M.et al 2012**) :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham.
- 1ml dans 5 tube contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.
- Chassez le gaz présent éventuellement dans les cloche et bien mélanger le milieu,
- **L'incubation** Se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

Eau à Analyser (250 ml)



Eau à Analyser (250 ml)



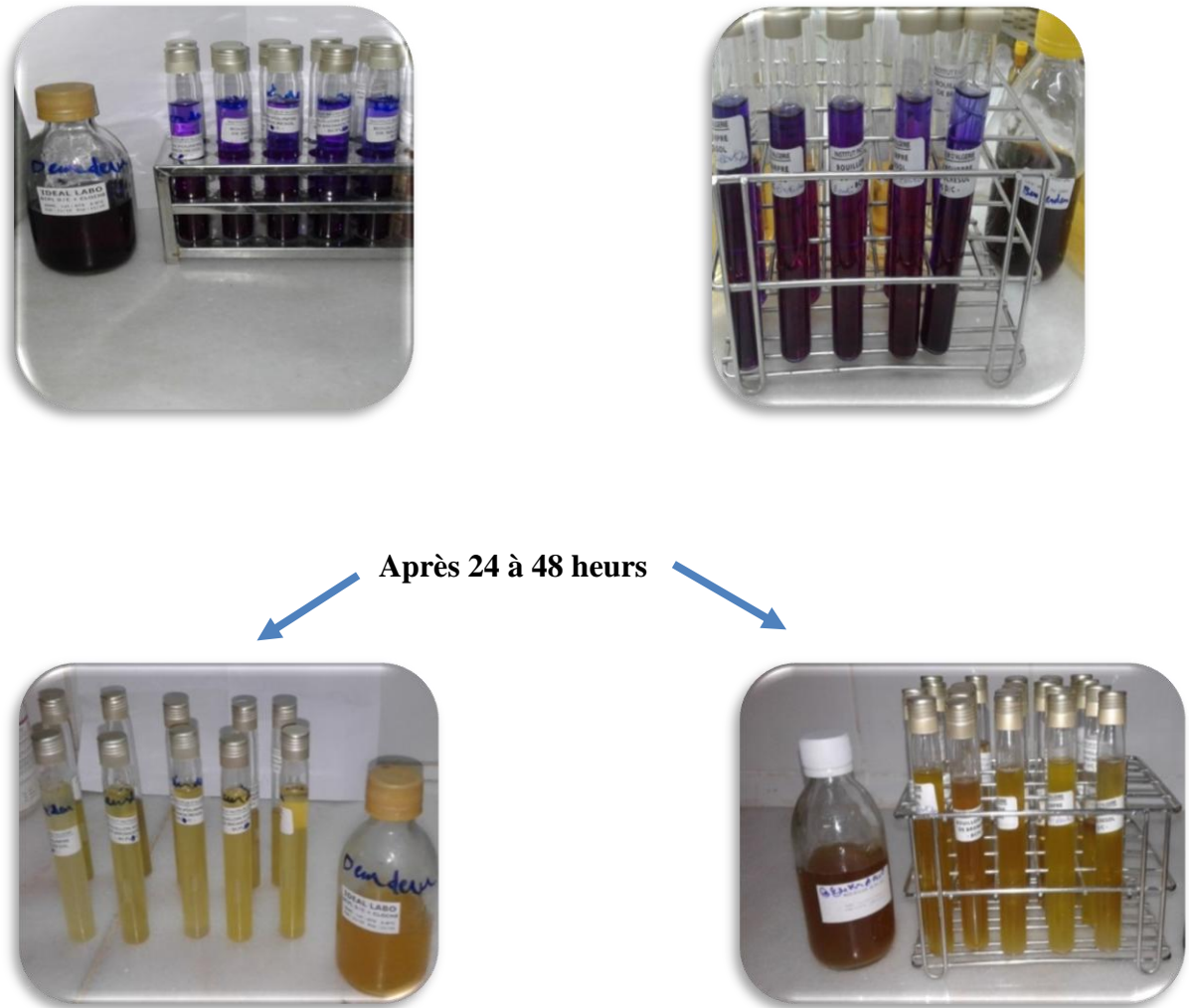


Figure 13 : Test présomption de Coliformes totaux.

○ **Lecture :**

Seront considérés comme **positif +** ; les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement du gaz (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche).
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).
- La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table de Mac Grady NPP

☞ **Test de confirmation d'E . coli**

Le test de confirmation ou test de Marc Kenzie est basé sur la recherche de coliformes Fécaux parmi lesquels on redoute surtout la présence d'E .coli.

- Les tubes de BCPL positifs, après l'agitation, prélever de chacun d'eux quelques gouttes à l'aide d'une pipette Pasteur pour faire le repiquage dans un tube contenant le milieu Schubert
- L'incubation se fait à 44 °C pendant 24 heures.



Repiquage dans bouillon Schubert



Après 24 heures à 44 °C.



Figure 14 : Test de confirmation d'E. coli.

○ **Lecture :**

Seront considérés comme **positif +** ; les tubes présentant à la fois :

- Un anneau rouge ou rose en surface, témoin de la production d'Indole par Escherichia Coli après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs La lecture finale se fait selon prescriptions de la table de Mac Grady NPP en tenant compte du fait Qu'Escherichia Coli est Trouble et d'indole à 44 °C.
- Utilisation d'un seul tube confirmatif (Dénombrement d'E. Coli).

5.3.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques fécaux

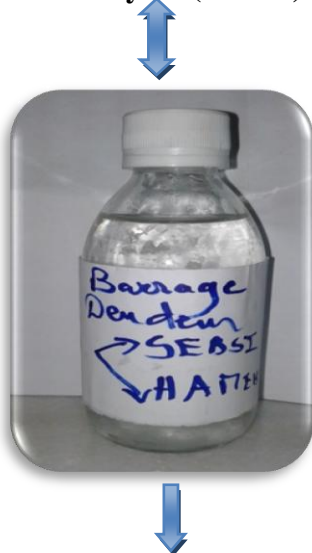
En milieu liquide, la technique utilisé est celle du NPP (nombre le plus probable) qui fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

☞ **Test de présomption**

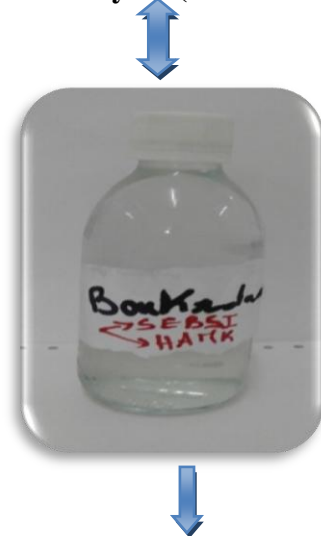
Des streptocoques fécaux Réserver à la recherche des streptocoques fécaux. Le mode opératoire est le suivant : À partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement :

- 50 ml dans un flacon contenant 50 ml de milieu Rothe double concentration D/C.
- 5 fois 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe double concentration D/C.
- 5 fois 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml de milieu Rothe simple concentration S/C.
- **Incubation :** L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures.
- **Lecture :** Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs

Eau à Analyser (250 ml)



Eau à Analyser (250 ml)



Expression des résultats : Le nombre de tube positif dans chaque série et en se reporte à la table de NPP pour obtenir le nombre de streptocoques présents dans 100 ml.

Tableau 14: Table NPP (Nombre Plus Probable).

1 X 50 ml	5 X 10 ml	5 X 1 ml	Nombre caractéristique	Limites de confiance	
				Inférieure	Supérieure
0	0	0	<1		
0	0	1	1	<0,5	4
0	0	2	2	<0,5	6
0	1	0	1	<0,5	4
0	1	1	2	<0,5	6
0	1	2	3	<0,5	8
0	2	0	2	<0,5	6
0	2	1	3	<0,5	8
0	2	2	4	<0,5	11
0	3	0	3	<0,5	8
0	3	1	5	<0,5	13
0	4	0	5	<0,5	13
1	0	0	1	<0,5	4
1	0	1	3	<0,5	8
1	0	2	4	<0,5	11
1	0	3	6	<0,5	15
1	1	0	3	<0,5	8
1	1	1	5	<0,5	13
1	1	2	7	1	17
1	1	3	9	2	21
1	2	0	5	<0,5	13
1	2	1	7	1	17
1	2	2	10	3	23
1	2	3	12	3	28
1	3	0	8	2	19
1	3	1	11	3	26
1	3	2	14	4	34
1	3	3	18	5	53
1	3	4	21	6	66
1	4	0	13	4	31
1	4	1	17	5	47
1	4	2	22	7	59
1	4	3	28	9	85
1	4	4	35	12	100
1	4	5	43	15	120
1	5	0	24	8	75
1	5	1	35	12	100
1	5	2	54	18	140
1	5	3	92	27	220
1	5	4	160	39	450
1	5	5	>240		

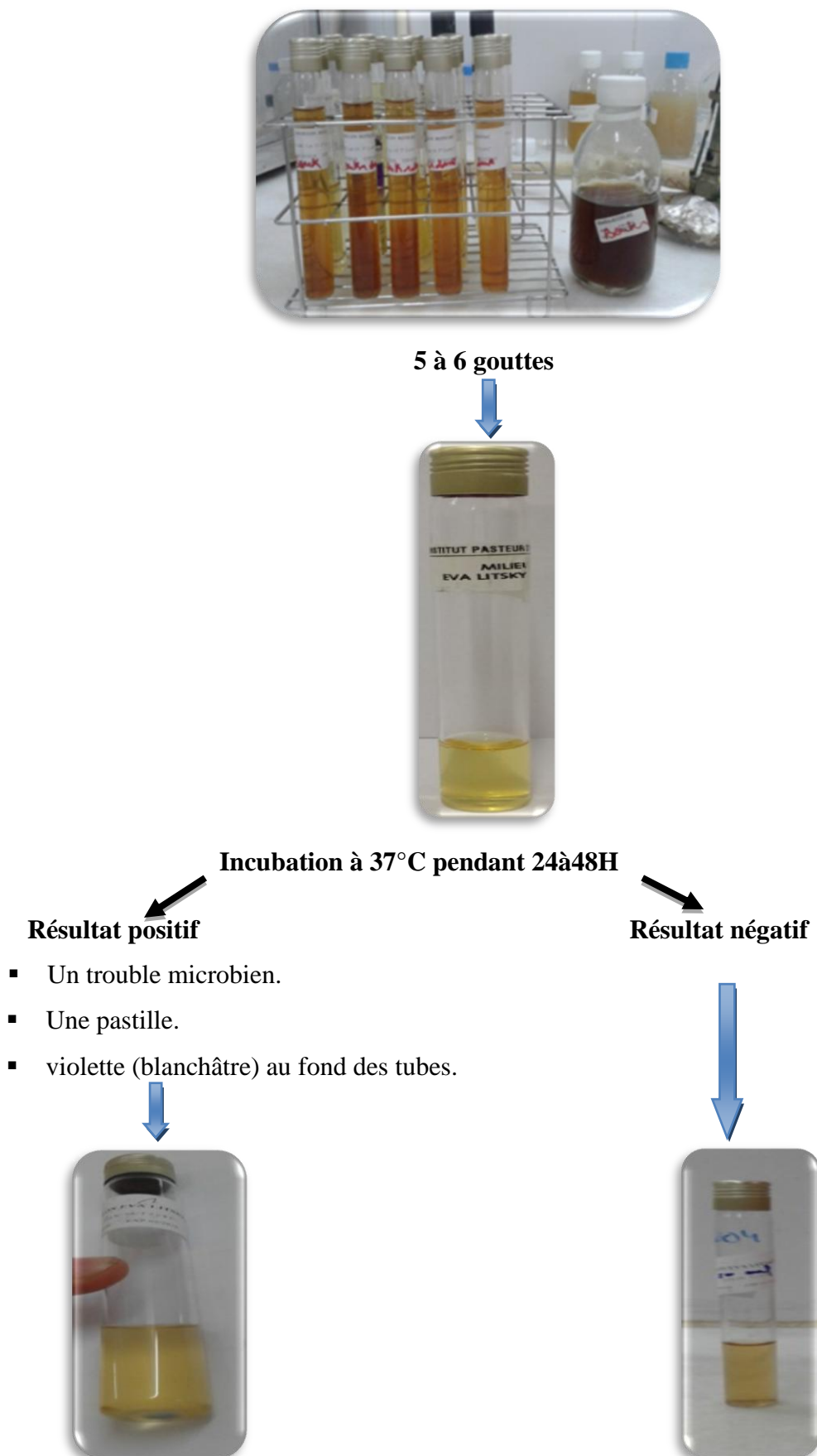


Figure 16 : Test confirmatif des Streptocoque Fécaux.

5.3.3. Recherche des *Vibrio cholérique*

Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- **Premier Enrichissement**

Le premier enrichissement s'effectue sur milieu Eau Peptonée Alcaline 10 fois concentré réparti à raison de 50 ml par flacon auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement. Ce dernier sera par la suite incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures.

- **Deuxième enrichissement et Isolement**

Ce flacon fera l'objet :

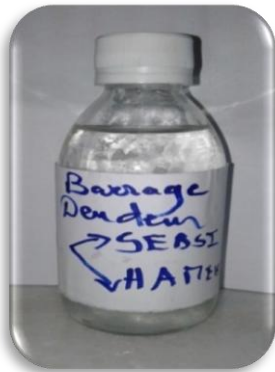
- D'une part, d'un deuxième enrichissement sur milieu EPA en tubes à raison de 1 ml
- D'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB1.

L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 h.

☞ **Lecture des boîtes :**

- D'une part, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2,
- D'autre part, la boîte de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les *Vibrions* se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies fine et blanche caractéristiques.

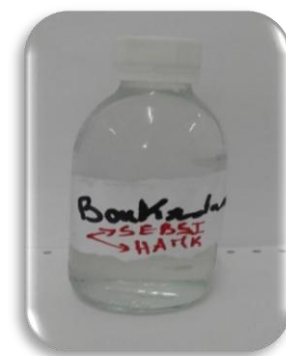
Eau à Analyser (250ml)



450 ml

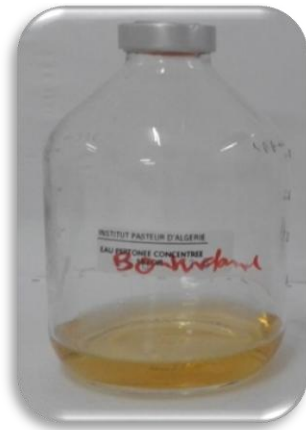
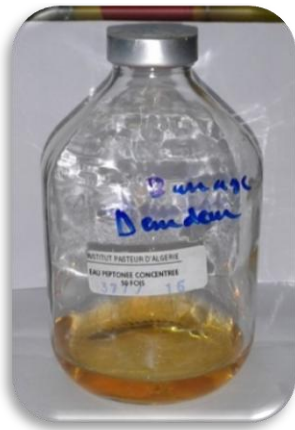


Eau à Analyser (250ml)

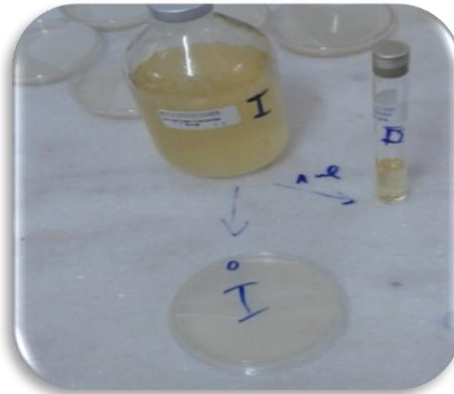


450 ml





Après l'incubation à 37° C pendant 18 à 24h



Incubation à 37°C / 24 à 48H

Isolement

Deuxième enrichissement



GNAB 1

Bouillon EPA 10X

Isolement sur GNAB 2



Figure 17: Recherche des Vibrio cholérique

☞ **Identification:**

Les colonies de Vibriion sont fines, blanches sur gélose hyperalcaline .L'identification est faite sur des colonies provenant de l'un et de l'autre de ces milieux comme suit :

5.3.4. Test de l'oxydase

Le test de l'oxydase est fondé sur la production bactérienne d'une enzyme oxydase intracellulaire. En présence d'oxygène atmosphérique et de cytochrome C, cette enzyme oxyde le réactif pour former un composé coloré en violet.

Les étapes du mode opératoire sont :

A l'aide d'un ose bouclée ou d'une pipette Pasteur, étaler la colonie sur un disque imprégné d'une solution aqueuse à 1% de chlorhydrate de diméthyle para-phéryleine diamine.

○ **Lecture :**

La réaction est instantanée, formation d'un complexe violet au contact de cette enzyme indique un test positif . La bactérie est dite : oxydase positive. La réaction tardive ou absence de couleur indique un test négatif .

5.3.5. Recherche de Salmonelles

La recherche de salmonelles se fait en 04 étapes :

1^{ère} étape : Enrichissement primaire

- Induire 50 ml de l'eau analyse dans 100 ml de bouillon sélénite –cystéine D/C la solution obtenue est appelée SFB 1, elle est incubée à 37°C pendant 18 à 24 heures.

2^{ème} étape : Enrichissement secondaire et isolement

- La solution SFB1 incubée la veille fera l'objet d'un deuxième enrichissement sur milieu sélénite en tubes à raison de 1 ml, d'autre part, d'un isolement sur gélose Hektoen 1.
- L'incubation se fait donc à 37C° pendant 24 h.

3^{ème} étape : Isolement

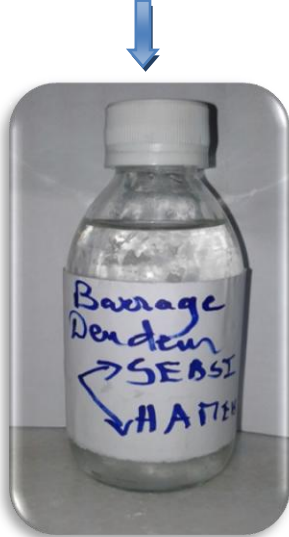
- Effectuer à partir du bouillon SFB2 un isolement sur gélose Hektoen2, l'incuber à 37°C pendant 18 à 24 heures,
- Effectuer la lecture de la boîte de gélose Hektoen.

4^{ème} étape : lecture et identification

La boîte de gélose Hektoen 2 incubée la veille fera l'objet d'une lecture.

- Les salmonelles apparaissent les plus souvent sous formes de colonies grises ou sans centre noire, ces dernières subiront une identification biochimique.

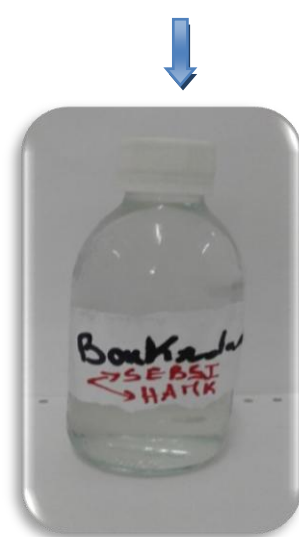
Eau à Analyser (250ml)



↓
50ml



Eau à Analyser (250ml)



↓
50ml



Après l'incubation à 37°C pendant 18 à 24h

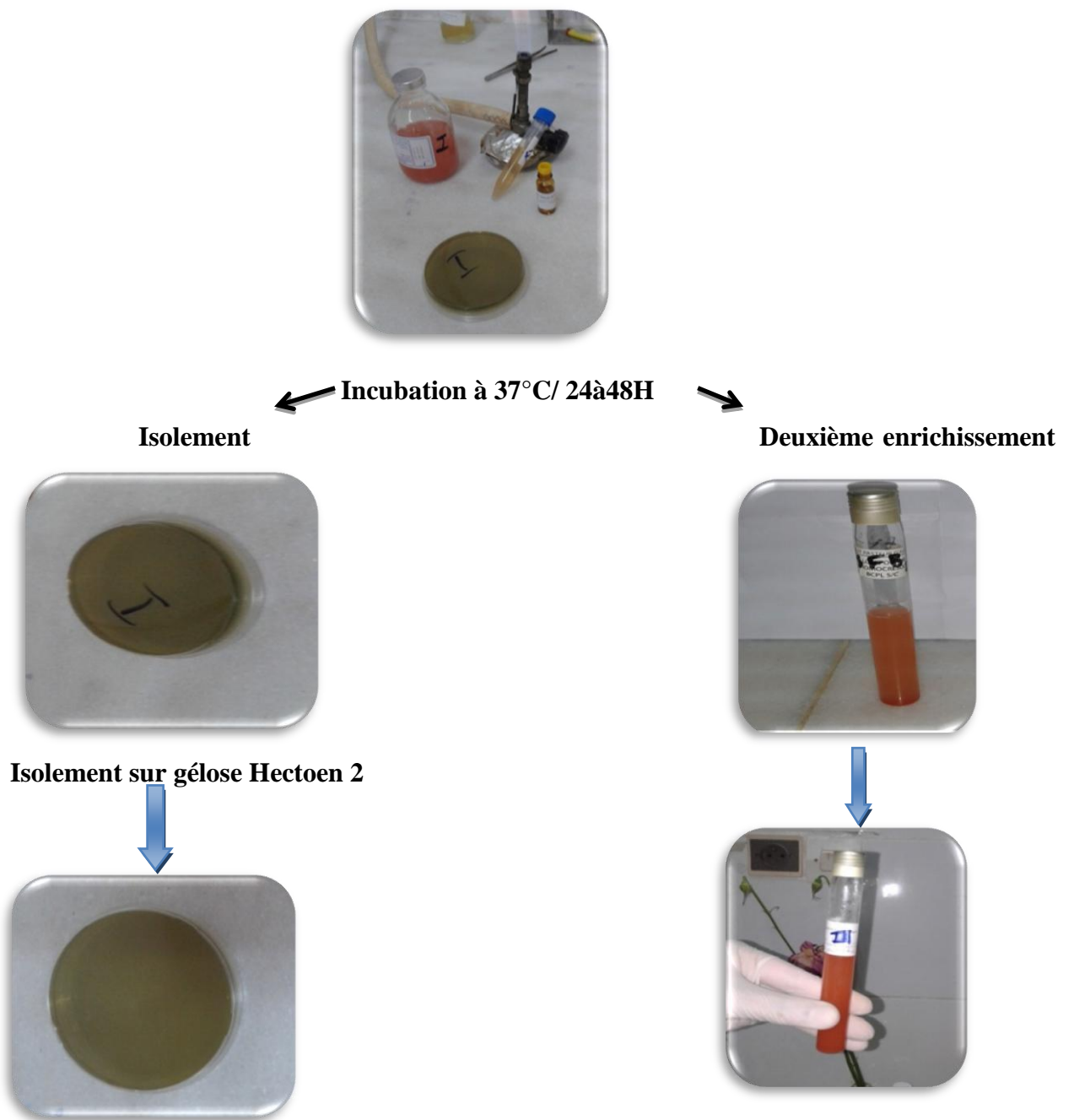


Figure 18: recherche des salmonelles

6. Interprétation et discussion des résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologies

Dans ce chapitre, on procède à une interprétation des résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques obtenu auprès de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et laboratoire d'hygiène de Blida sur les eaux des deux barrages « Deurdeur- Boukerdene » en 2018.

Les données de l'ANRH, ont été obtenues à partir d'échantillons prélevés lors d'un pas de temps mensuel entre Février à Mai 2018. Il s'agit d'une série des valeurs des paramètres analysés sont : CE($\mu\text{s}/\text{cm}$), pH, température de l'eau, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_2^- , HCO_3^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , SiO_2 , turbidité, matière en suspension, demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5), matière organique (MO) et oxygène dissout (OD). En ce qui concerne les courbes de certains paramètres, nous avons réalisé, à l'aide du logiciel Excel 2007 et one way ANOVA pour étudier les variations de qualité physico-chimique et bactériologique des eaux des deux barrages (Badi, H. 2013) :

6.1. Paramètres physiques

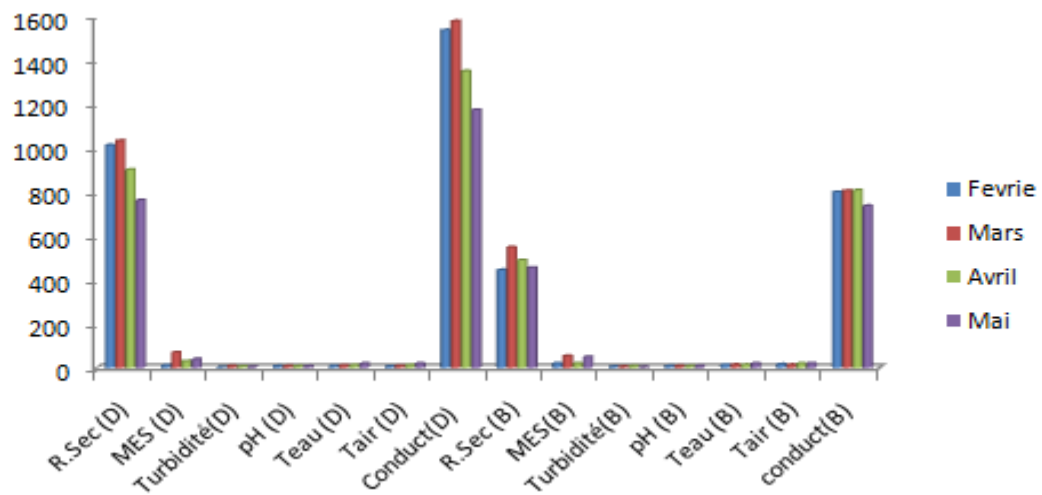


Figure 19: Variation mensuelle des paramètres physiques des eaux des deux barrages étudiées.

Des températures varient entre 09,3°C et 20,4°C pour les eaux des deux barrages. Ces variations de température est saisonnière. Les températures mesurées sont conformes aux normes de l’OMS de $\leq 25^{\circ}\text{C}$.

Les valeurs de conductivité électrique fluctuent entre 739-1581 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant la période d’étude. Ces valeurs restent en dessous de la norme d’OMS qui est fixée à $\leq 2800 \mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs de la conductivité électrique des eaux de Boukerdane sont entre 666 et 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ donc la minéralisation important selon tableaux 1. Ces valeurs C.E $> 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ témoignent une minéralisation élevée dans les eaux de barrage de Deurdeur. Cette forte minéralisation est due contact les différentes formations géologiques à travers le long trajet de l’Oued de Deurdeur. Ces eaux de qualité médiocre mais utilisable pour l’irrigation .

Les concentrations de résidu sec varient entre 446 mg/l et 1036 mg/l. Ces eaux respectent les normes d’OMS $\leq 2000 \text{ mg}/\text{l}$. Ces valeurs sont distribuées symétriquement entre (500 mg/l $<$ R.S $< 1000 \text{ mg}/\text{l}$) donc ces eaux de très minéralisées et l’acceptabilité par le consommateur est passable.

Ces valeurs de pH demeurent légèrement neutre à alcalin dans tous les prélèvements .Il a fluctué entre 7.4 et 8.3. Il est conforme aux normes à 6.5- 8.5. Ces valeurs de pH favorisent une vie aquatique riche et diversifiée. Le pH des eaux naturelles lié à la nature des terrains traversés et la nature géologique du bassin versant sur la composition chimique des eaux.

Les valeurs de la turbidité sont supérieures à la norme NTU >5 donc les eaux analysées colores et trouble. Il a fluctué entre 2.5 et 8.7 NTU. On peut être expliquée par la présence des particules colloïdales en suspension dans les eaux des deux barrages.

Les valeurs de la matière en suspension varient entre 10 mg/l à 70 mg/l. Ces valeurs dépassent les normes 25 mg/l (**JORA 2006**). Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l’érosion, de divers débris et d’êtres vivants planctoniques qui favorise la réduction de la production biologique et une réduction des phénomènes de photosynthèse.

6.2. Eléments minéraux

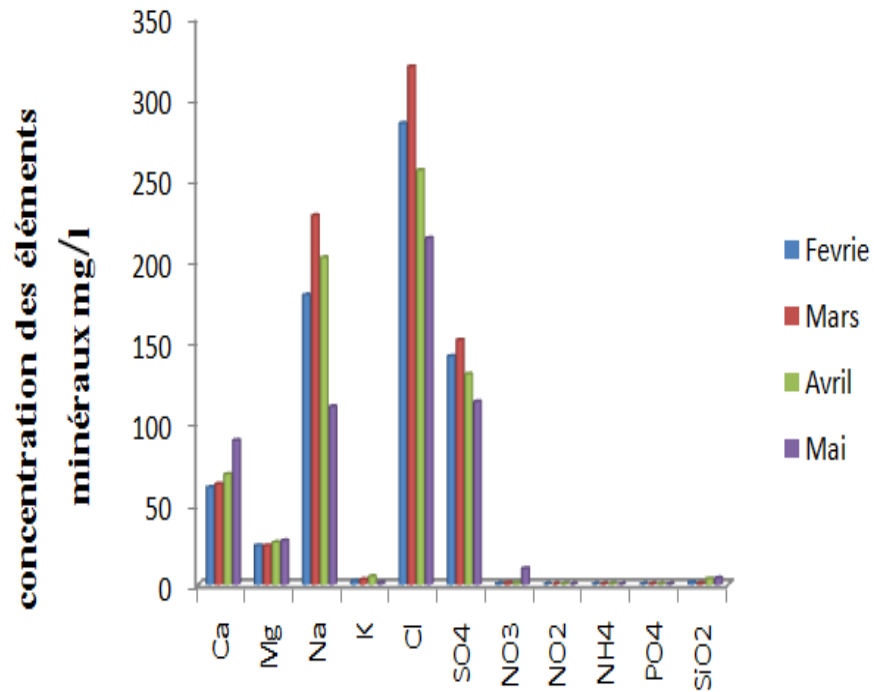


Figure 20: Variation mensuelle des paramètres minéraux au niveau de barrage « Deurdeur ».

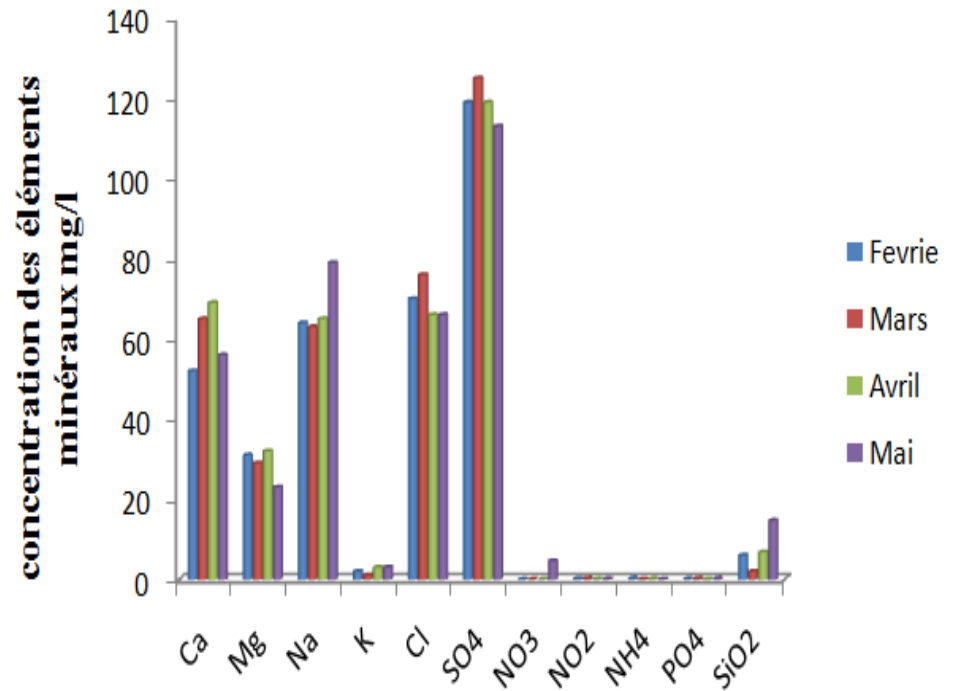


Figure 21: Variation mensuelle des paramètres minéraux au niveau de barrage « Boukerdene ».

Les eaux analysées sont riches en calcium. Ces valeurs sont comprises entre 52 à 89 mg/l. Ces variations des teneurs en calcium sont dues à la nature géologique du milieu. Les valeurs restent conformes aux normes OMS ≤ 200 mg/l.

Les teneurs en Magnésium pour les eaux analysées varient entre 23 mg/l à 32 mg/l. Sa teneur dépend du terrain traversé et ceci est dû à la source principale est le complexe des minéraux des roches sédimentaires. Les valeurs restent conformes aux normes OMS ≤ 150 mg/l.

Les teneurs en potassium varient entre 01 mg/l et 05 mg/l. On constate que les teneurs en potassium sont faiblement influencées par la variation de volume d'eau de la retenue. Les teneurs en potassium admises par l'OMS sont de l'ordre ≤ 20 mg/l. L'origine de potassium des eaux analysées sont les argiles numidien.

Les teneurs du sodium varient entre 63 mg/l à 228 mg/l. C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. Ces teneurs moyennes admises par l'OMS ≤ 200 mg/l. Les origines possibles de lessivage des formations riches en NaCl (argiles-marnes).

Les teneurs en sulfates varient entre 113 et 151 mg/l. La valeur limite par l'OMS est ≤ 400 mg/l. Les origines de cet élément sont liées aux formations géologiques comme les argiles, les marnes et le gypse.

Les teneurs en Chlorures varient entre 66 et 320 mg/l. Les teneurs en chlorures des eaux sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Les valeurs sont conformes aux normes d'OMS ≤ 500 mg/l.

Les teneurs en nitrates dans les eaux analysées sont très faibles variations. Ces teneurs oscillent entre 0 mg/l et 9.9 mg/l et elles sont inférieures à la teneur suggérée par les normes d'OMS à ≤ 50 mg/l. Ce qui indique que les eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates.

Les teneurs en nitrites mesurées varient entre 0.069 mg/l et 0.309 mg/l. On peut expliquer que la dégradation des minéraux peut conduire à la formation de nitrites. La présence de nitrites est un bon indice de contamination organique et bactériologique. Il est considéré d'une manière générale que des teneurs supérieures à 0.1 mg/l sont signes de pollution.

Les teneurs en l'ammonium varient entre 0.03 mg /l et 0,335 mg /l. Les valeurs d'ammonium sont nettement faibles, traduisant ainsi l'effet de la dilution. Les valeurs restent conformes aux normes d'OMS ≤ 0.5 mg/l.

Les teneurs en phosphates varient entre 0.009 mg/l et 0,199 mg /l.Elles sont faibles à cause de l'absence des activités humaines et la dilution pendant la période pluviale. Elles sont inférieures à la norme d'OMS ≤ 0.5 mg/l.

Les teneurs en silicate sont comprise entre 0.6 mg/l et 14.7 mg/l. Les silicates sont faiblement solubles dans l'eau et elles proviennent de la dégradation des minéraux silicatés. Dans l'eau, on les trouve sous forme colloïdale ou soluble, et leur concentration varie normalement entre 5 et 25 mg/l.

6.3. Dureté totale et l'alcalinité

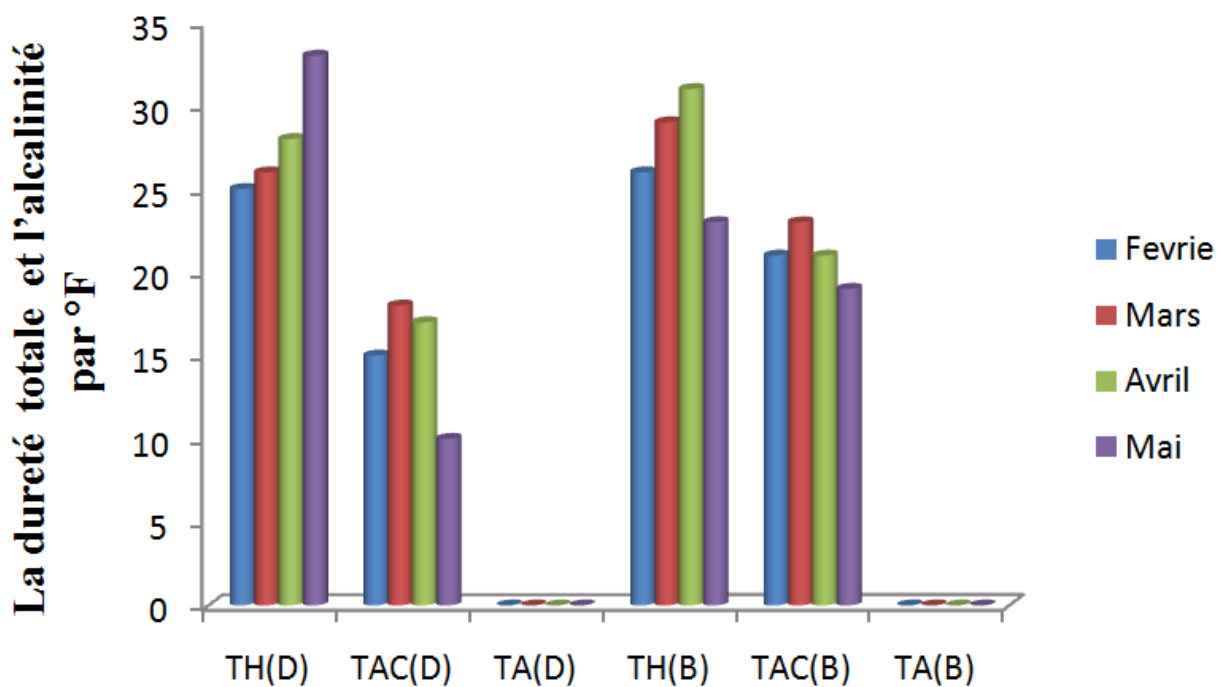


Figure 22: Variation mensuelle des duretés totales et des alcalinités des eaux des deux barrages étudiées.

La dureté totale est la somme des concentrations en ions calcium et magnésium. Les résultats obtenus TH dans cette étude compris entre 23 - 33 °F. Ces tous en respectant les normes à ≤ 50 °F fixées par l'OMS. Selon les normes de la qualité des eaux, on distingue les eaux moyennement dures ayant une dureté entre 15 à 30 °F ;

Les résultats obtenus TAC dans cette étude compris entre 10 - 23 °F .L'augmentation le pH des eaux est accompagnée par une augmentation du titre alcalimétrique et une diminution du titre alcalimétrique complet. Les eaux analysées est conformé aux la norme ≤ 500 mg/l. Une autre part, les concentrations du titre alcalimétrique sont nulles qui sont traduites²² par l'absence en OH^- et en CO_3^- .

6.4. Matières oxydables

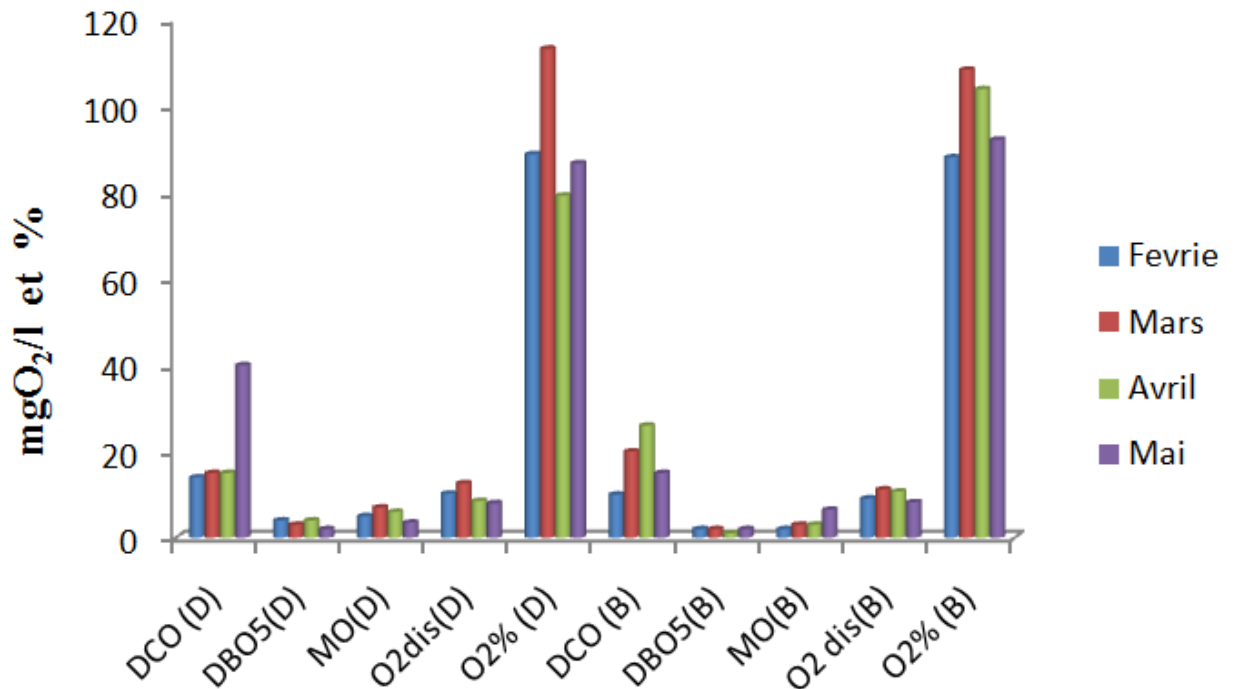


Figure 23: Variation mensuelle des matières oxydables des eaux des deux barrages étudiées.

La teneur en matière organique (MO) varie entre 2 et 7 mg/l, ceci s'expliquerait par une décomposition de matière organique biodégradable (flore et faune aquatiques). Les valeurs sont supérieures à la norme de 3.5mg/l en milieu acide recommandée par des normes d'OMS. Une eau riche en matière organique doit toujours être suspectée de contamination bactériologique ou chimique.

Les teneurs en Oxygène dissous enregistrées varient entre 8 mg/l et 12.6 mg/l. Les eaux analysées sont bien oxygénées et qui préconise la norme ≥ 5 mg/l. Ce qui confirme l'absence de toute forme d'eutrophisation du barrage. L'origine de l'oxygène dans les milieux naturels est liée sa dissolution à partir de l'oxygène atmosphérique et le brassage.

Les teneurs en DCO enregistrées sont comprises entre 10 et 40 mg/l. Elles restent conformes aux normes OMS ≤ 30 . On peut être expliquée par des faibles quantités des matières organiques biodégradable et non biodégradable.

Les valeurs de la DBO₅ mesurées varient entre 1 mg/l et 4 mg/l. Les valeurs sont conformes aux normes d'OMS ≤ 7 mg/l. Des teneurs en DBO₅ sont faibles ; et en peut être expliquée par les eaux de pluie contribuent à la dilution de la charge organique biodégradable. Et

en peut être expliquée par l'absence des conditions de dégradation de la matière organique biodégradable par les microorganismes.

Le pourcentage de saturation d'oxygène dissous généralement observées varie entre 79.3 et 113.4 % dans les eaux analysées :

- **80 à 125 %** : excellent pour la plupart des organismes d'eau courante .Globalement, le régime de l'oxygène dissous dans le secteur étudié est non déficitaire.

6.5. Rapport : DBO/DCO et DCO/DBO₅

Pour des eaux claires et des eaux de rejets domestiques :

$$\text{DBO} = 0,5 \times \text{DCO}$$

Les résultats des différents rapports sont représentés dans le tableau 16 :

Tableau 15 : Rapport DBO/DCO et DCO/DBO₅.

Barrage de Deurdeur					
Qualité paramètre	DCO	DBO₅	DBO	DBO/DCO	DCO/DBO₅
12/02/2018	14	4	7	0.5	3.5
07/03/2018	15	3	7.5	0.5	5
09/04/2018	15	4	7.5	0.5	3.75
10/05/2018	40	2	20	0.5	20
Barrage de Boukerdene					
Qualité paramètre	DCO	DBO₅	DBO	DBO/DCO	DCO/DBO₅
14/02/2018	10	2	5	0.5	5
19/03/2018	20	2	10	0.5	10
09/04/2018	26	1	13	0.5	26
14/05/2018	15	2	7.5	0.5	7.5

L'examen de ce tableau montre que :

- Le rapport **DBO/DCO = 0.5** : pour les matières partiellement biodégradables. Dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement biologique.
- Le rapport **DCO/DBO₅> 3** : les matières oxydables sont non biodégradables pour tous les mois. Dans ce cas ; un traitement physico-chimiques suffit pour éliminer l'essentiel de la pollution.

6.6. Qualité bactériologique des eaux étudiée

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire hygiène, et consiste à la recherche des Coliformes totaux et Coliformes Fécaux, des Streptocoques fécaux, des Salmonalles et des Vibrio cholerae. Les résultats obtenus sont regroupés dans les figures suivantes :

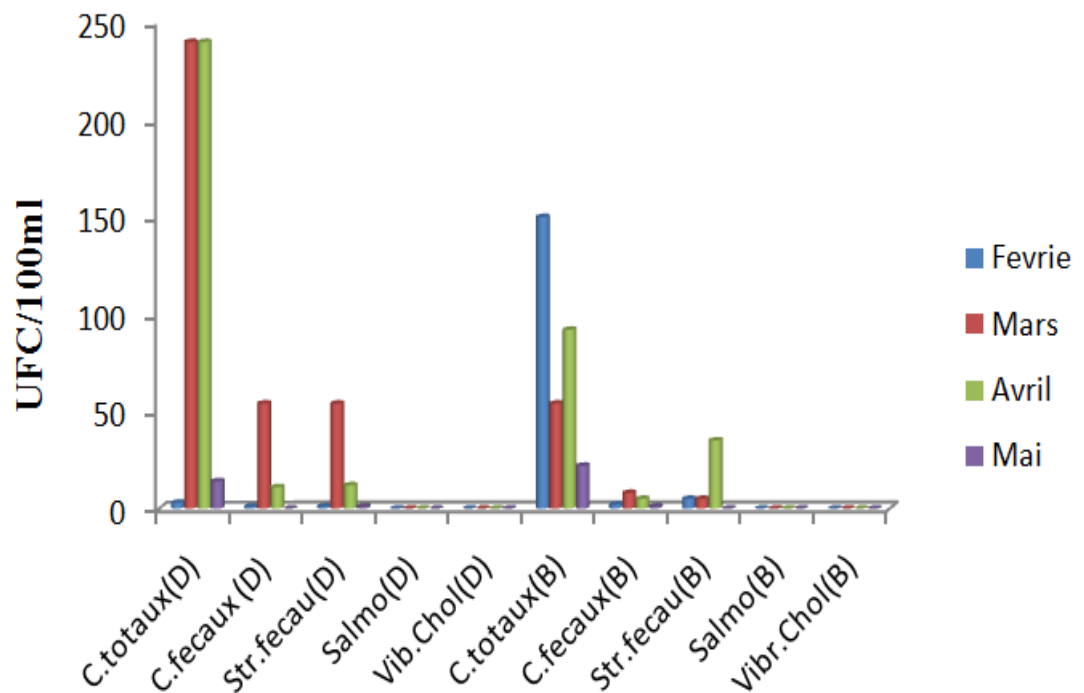


Figure 24: Variation mensuelle des paramètres bactériologiques des eaux des deux barrages étudiés.

Durant toute la période de notre étude, aucun prélèvement ne s'est révélé positif pour les bactéries de l'espèce *Vibrio cholerae*. On remarque l'absence totale de *Salmonella* dans tous les sites d'étudiée, ce résultats sont conforme aux les normes Algérienne d'eau potable 0 UFC germes/100 ml. Dans cette étude, la recherche des germes pathogènes sont tous en conformité avec la norme du JORA (2011) qui préconise leur absence totale.

Les coliformes totaux constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale et Environnementale. D'après la figure 31 les eaux analysées sont caractérisées par la présence d'un nombre de coliformes totaux compris entre 3 et 240 UFC/100ml. Cela peut être dû à la présence des matières organiques qui accélère la multiplication et le développement des bactéries. Par contre, leur présence est faible est du possiblement a la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales.

Le nombre de coliformes fécaux des eaux analysées oscille entre 0 et 54 UFC/100 ml. La présence de ces germes indicateurs de contamination fécale est due aux rejets d'eaux usées domestiques non traitées dans l'oued Deurdeur Selon l'OMS (1997),

Les streptocoques sont associés aux coliformes fécaux.ils sont considérés comme un bons indicateurs de contamination fécale des eaux. D'après la figure 31, les concentrations des Streptocoques fécaux varient entre 0 et 54 UFC/100 ml. Ces valeurs ne conforme pas à la norme des eaux de surface fixée par l'OMS (2004) qui est 0 UFC/100 ml.

7. Grille de la classification les eaux de barrage « Deurdeur et Boukerdene » .

Les résultats correspondant à la grille de la classification de l'eau sont dressés dans le Tableau 17 suivant (Chaoui, M. 2013):

Tableau 16: Grille pour estimer la qualité des eaux des deux barrages de « Deurdeur Boukerdene ».

Qualité paramètre	Moyenne « Deurdeur »	Classe	Moyenne « Boukerdene »	Classe
Teau (°C)	12.4	C1	15.68	C1
pH	07.8	C1	8.22	C1
MES (mg/l)	37.5	C2	36	C2
Résidu sec (mg/l)	930.75	C2	486	C2
Ca ²⁺ (mg/l)	69.75	C1	60.5	C1
Mg ²⁺ (mg/l)	25.25	C1	28.75	C1
Na ⁺ (mg/l)	179.75	C2	67.75	C1
Cl ⁻ (mg/l)	268.75	C2	69.5	C1
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	133.75	C1	119	C1
Oxygène dissous %	92.1	C1	98.25	C1
DBO ₅ (mgO ₂ /l)	3.25	C1	1.75	C1
DCO (mgO ₂ /l)	21	C2	17.75	C1
MO (mgO ₂ /l)	5.63	C2	3.625	C1
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.1585	C3	0.126	C3
NH ₄ ⁺ (mg/l)	0.198	C3	0.094	C2
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.1975	C3	0.129	C3
NO ₃ ⁻ (mg/l)	2.975	C1	1.15	C1

D'après ce tableau de grille, on remarque que la majorité des paramètres de la qualité des eaux des deux barrages appartiennent à la classe I donc ce sont des eaux de bonne à moyenne qualité utilisée après un simple traitement « physico-chimique » (Chaoui, M. 2013).

8. Application des tests statistiques aux données hydrochimiques et bactériologiques des eaux superficielles

Pour aboutir à une vision aussi claire que possible sur la qualité des eaux des deux barrages « Deurdeur-Boukerdene », il est important d'étudier le comportement de certains éléments chimiques qui soient à l'origine d'une contamination ou d'une pollution industrielle, urbaine ou agricole. Pour cela nous avons eu recours à la base de données des analyses chimiques de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Blida de 2018. Il s'agit de CE, pH, température de l'eau (T), Ca^{2+} , Mg^{2+} , TH, Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^- , TAC, TA, PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , SiO_2 , NH_4^+ , turbidité, matière en suspension (MES), demande chimique en oxygène (DCO), demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5), matière organique (MO) et oxygène dissout (OD). Ces données ont fait l'objet d'analyses statistiques et de représentations graphiques.

Les analyses des statistiques ont été réalisées à l'aide de logiciel statistique one way ANOVA, afin de mieux visualiser et faciliter l'interprétation des résultats et d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologiques de l'eau du barrage

8.1. Analyse statistique en Composantes Principales (A.C.P.)

L'analyse en composantes principales (ACP) a été adoptée afin de définir les tendances de la qualité physique-chimiques des eaux des deux barrages: l'eau de barrage de Boukerdene et l'eau de barrage de Deurdeur.

8.1. 1.Eaux de barrage de Boukerdene

L'analyse multivariée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution près de 96.64% (fig.25).La projection des données relatives des chlorures sur l'axe 1 (87.6%) par apport à la projection de sodiums et sulfates sur l'axe 2 (8.72%) qui nous permettent d'observé que les tendances de la différenciation de la qualité chimiques lors de nos jours de prélèvement influence positivement par apport à bicarbonates de l'eau.

Certains éléments comme, Na, Cl et SO_4 , sont l'indice d'une pollution urbaine. K peut provenir également de l'activité agricole. La dissolution des éléments bicarbonatés nécessite un pH acide qui représente 08.7206 % de la variance totale est déterminé négativement par les nutriments (NO_3 , NO_2 , NH_4^+ et PO_4). Les facteurs montrent que les eaux de surface de la région suivent deux processus de minéralisation lié à la dissolution des minéraux (évaporites et carbonates).

Dans la première partie, les matières en suspensions à 600°C (MES) sont corrélées positivement avec un taux de (0,75) et la matière organique (MO) est corrélé avec un taux de

(0,79) sachant que l'indice de corrélation est de 80,57% (fig.26). Les matières en suspensions (MES) à 105°C sont corrélées négativement avec un taux de (-0,99), qui est située dans la partie négative à la formation de cette corrélation est indiquée par 13,65%. Dans l'optique d'un suivi régulier de la qualité des eaux, la possibilité de réduire de matières totales (105°C) peut maximiser un réel intérêt dans la gestion des milieux aquatiques.

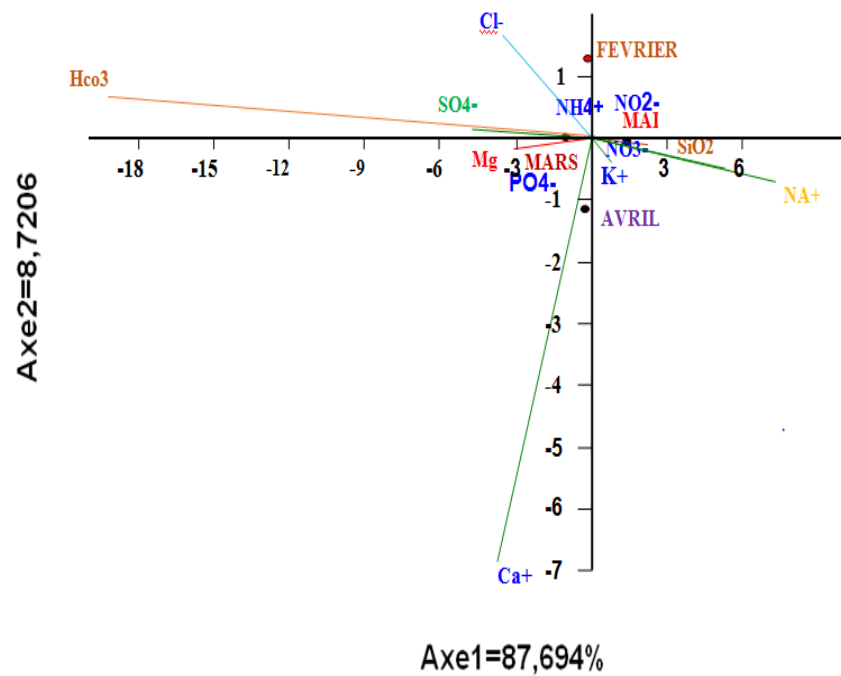


Figure 25: Projection des paramètres chimiques des eaux de barrage « Boukerdene » sur les deux axes de l'ACP.

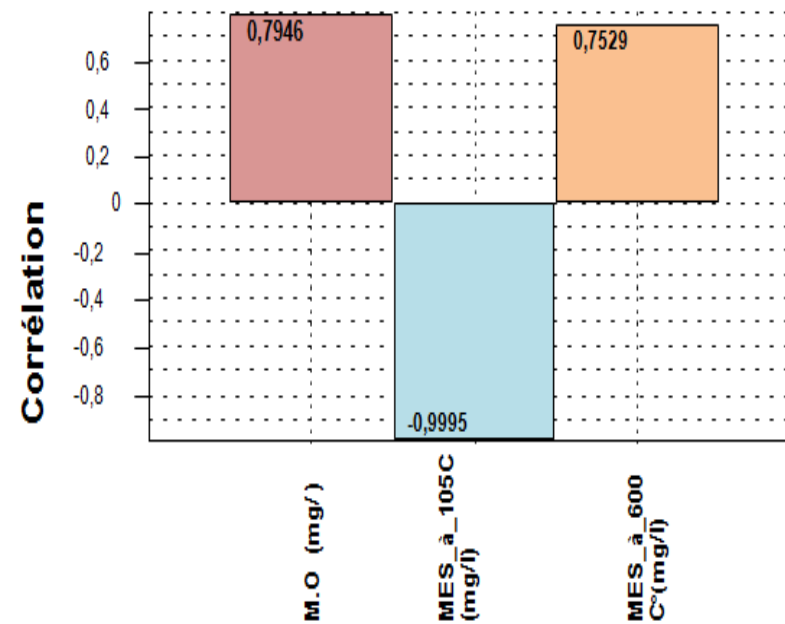


Figure 26: Étude de la corrélation entre les paramètres physico-chimiques des eaux de barrage « Boukerdene ».

8.1. 2.Eaux de barrage de Deurdeur

L'analyse en composante principale de l'ACP est satisfaisante du moment où les deux axes de projection de données dépassent largement les 99.37% en terme de pourcentage de contribution (Fig.27).

La projection des données relatives des chlorures sur l'axe 1 (92.97.6%) par apport à la projection des calciums et des magnésiums sur l'axe 2 (6.39%) qui nous permettent d'observer que les tendances de la différenciation de la qualité chimiques lors de nos jours de prélèvement influence positivement par apport à bicarbonates et sodiums des eaux analysées.

Il existe trois sortes de corrélations :

- Si les deux variables varient dans le même sens, la corrélation est dite positive.
- Si les deux variables varient dans le sens contraire, la corrélation est dite négative.
- Si les deux variables n'ont aucun rapport, la corrélation est dite nulle.

Les matières en suspensions à 600°C sont corrélées positivement avec un taux de (0,73) et la pollution organique (MO) est corrélée avec un taux de (0,85) ce qui explique bien la pollution anthropique, sachant que l'indice de corrélation est de 61.98%. Les matières en suspensions (MES) à 105°C sont corrélées négativement avec un taux de (-0,75), qui est située dans la partie négative à la formation de cette corrélation est indiquée par 23.69% (fig.28). Dans l'optique d'un suivi régulier de la qualité des eaux, la possibilité de réduire de matières totales (MES à 105°C) peut maximiser un réel intérêt dans la gestion des milieux aquatiques (Fig.28) et induisant ainsi une plus grande quantité de matières en suspension ou due à la mort des algues phytoplanctoniques ;

L'abondance des matières en suspension dans l'eau réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'une cours d'eau. Dans le même temps, elle entraîne une chute en O₂ dissous en freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la ré-aération de l'eau. Le groupe comprend MO et MES sont les révélateurs des rejets des eaux usées et des eaux pluviales et les processus naturels d'érosion.

Le but de ce traitement est de déterminer les principaux facteurs qui contrôlent le chimisme de ces eaux et les différentes sources de contamination et de pollution. Cette méthode statistique a été largement appliquée pour enquêter sur des phénomènes de l'environnement et les processus hydrogéochimiques à travers le Monde, [Anazawa et al., 2003 ; Güler et Thyne, 2004) et en Algérie (Belkhiri et al., 2011 ; Tiri et al., 2011)]. Ce travail porte donc sur la force de cette technique pour caractériser les variations hydrochimiques dans les eaux des barrages.

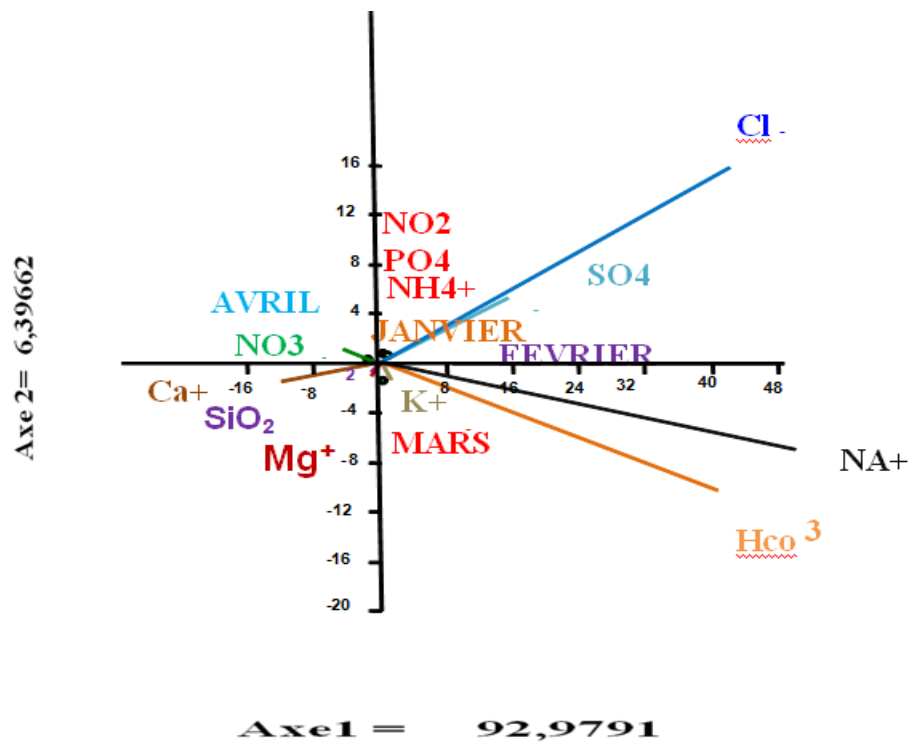


Figure 27: Projection des paramètres chimiques des eaux de barrage « Deurdeur » sur les deux axes de l'ACP.

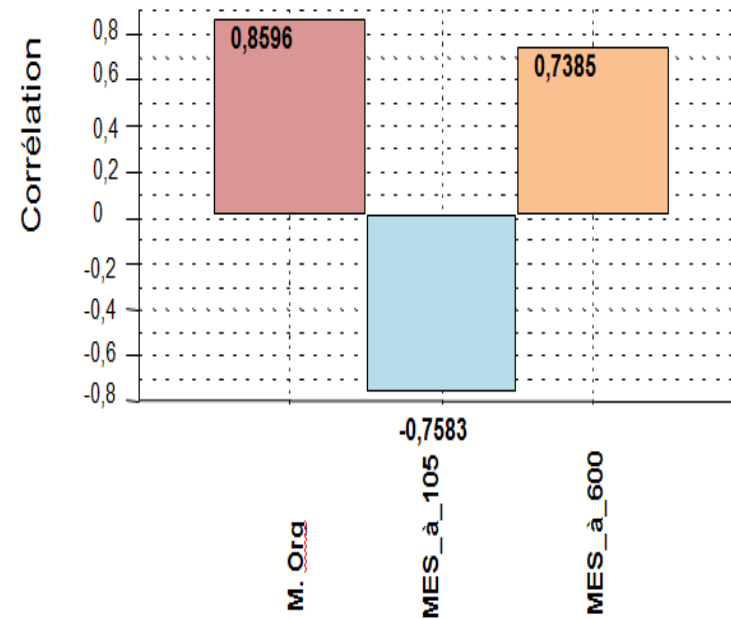


Figure 28: Étude de la corrélation entre les paramètres physico-chimiques des eaux de barrage « Deurdeur »

8.2. Analyse statistique en Diagramme en boîtes à moustaches

8.2.1. Les eaux de barrage de Boukerdene

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'accumulation de la qualité chimiques présente dans la figure 29 .On note ($F = 464.1$; $P = 2.54 \times 10^{-35}$; $P \leq 0,01$).

La figure (29) montre la qualité de l'eau de barrage de Boukerdene présente une accumulation temporelle hautement significative (Test Tukey $P = 0,0001268^{***}$; $P \leq 0,01$) entre le Na^+ , SiO_2 , Cl^- , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} et les éléments nutritifs. La même figure note que le sulfate et le calcium accumulent d'une manière hautement significative (Test Tukey $P = 0,0001333^{***}$; $P \leq 0,01$)

Là, nous avons essayé de synthétiser les résultats pour l'ensemble des cations et anions des eaux de barrage de Boukerdene. En effet, la figure dissous met en évidence spatialement la prédominance des chlorures et du sodium, du calcium et du magnésium, sulfate et bicarbonates confirmant ainsi, les résultats trouvés concernant la dominance des faciès chloruré calcique, chloruré sodique et chloruré magnésien et carbonates de calcium. Une boîte étroite explique la très faible dispersion des valeurs dans une série. Les sels ionisables dissous constituent un bio-indicateur du degré de minéralisation de l'eau.

L'examen des figures, montre l'existence de différences très hautement significatives pour chacune des variables suivantes : K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} et Ca^{2+} , des différences hautement significatives pour les autres variables minéraux, des différences juste significatives pour les variables : Mg^{2+} , les nitrates et K^+ et l'inexistence (l'absence) de différences significatives pour chacune des variables. Pour les variables présentant des différences significatives, le test de Tukey permet de regrouper les mois étudiés en groupes homogènes en fonction des valeurs moyennes présentant des similitudes.

8.2.2. Les eaux de barrage de Deurdeur

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'accumulation de la qualité chimiques présente dans la Figure 30 sachant que les eaux de barrage de Deurdeur ; on note ($F = 63.01$; $P = 3.981 \times 10^{-20}$; $P \leq 0,01$).

La qualité de l'eau de barrage de Deurdeur présente une accumulation temporelle hautement significative (Test Tukey $P = 0,01445^{***}$; $P \leq 0,01$) entre Ca^{2+} , K^+ et les éléments nutritifs. Entre la sulfate et le Mg y a une accumulation très importantes (Test Tukey $P = 0,000133^{***}$; $P \leq 0,01$). Entre la HCO_3^- et le Mg y a une accumulation très importantes (Test Tukey $P = 0,0001268^{***}$; $P \leq 0,01$). Entre la Cl^- et le HCO_3^- y a une accumulation très importantes (Test Tukey $P = 0,0005604^{***}$; $P \leq 0,01$). Entre la Cl et le HCO_3^- et Na^+ et SiO_2 y a une accumulation très importantes (Test Tukey $P = 0,0001265^{***}$; $P \leq 0,01$).

Les bicarbonates présentent une accumulation importante avec des taux allant jusqu'à 214 mg/l, suivie de le sodium (228 mg/l) qui dépasse les 150 mg/l. Les chlorures et les nitrites leurs proportions accumulées sont minimales par comparaison au deux premiers avec les taux respectivement (320 ; 0,335 mg/l). La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés.

Ces statistiques représentées par les diagrammes en boîtes confirment clairement et aisément nos résultats trouvés. Il donne une idée plus simple de la dispersion des teneurs en éléments chimiques par une représentation plus aisée à analyser. En effet, les faciès chloruré calcique, sulfaté, sodique ; magnésien sont largement visibles. Une boîte étroite explique la très faible dispersion des valeurs dans une série. Elle consiste à une appréciation des matières minérales en solution. La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés.

Les cations mis en jeu, sont Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et K^+ . Les différentes concentrations de ces éléments ont une tendance positive ce qui traduit une augmentation de la teneur de ces éléments en accord avec la conductivité électrique. L'apport continu en ces éléments est en liaison avec l'environnement géologique et l'action anthropique. La concentration de ces éléments est inférieure à la norme préconisée par l'OMS. La bonne liaison entre : $\text{K}^+ - \text{NO}_3^-$; $\text{NO}_3^- - \text{SO}_4^{2-}$; $\text{PO}_4^{3-} - \text{NO}_3^-$; Sont en liaison avec l'activité agricole (**Kim et al, 2005**).

Le groupe est constitué par Na^+ , Cl^- et SO_4^{2-} qui proviennent principalement à partir de la dissolution des minéraux salifères. Le groupe comprend le Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , K^+ et NO_3^- . Ce groupe est influencé par les formations carbonatées et l'activité agricole. Il montre qu'il y a une liaison significative entre les éléments nutritifs prépondérants de l'eutrophisation et les autres paramètres physico-chimiques. Ce modèle nous permet de suivre l'évolution et de limiter les paramètres intervenants dans le phénomène de l'eutrophisation des eaux des barrages.

8.3. Comparaison quantitative des paramètres physico-chimique et bactériologiques

8.3.1. Comparaison quantitative des paramètres physico-chimique des eaux de barrage de « Deurdeur et Boukerdene »

8.3.1.1. Analyse statistique en Composantes Principales (A.C.P.)

L'analyse multivariée est acceptable de faite que les deux axes présentent un pourcentage de contribution près de 99.96 % (fig.31). La projection des données relatives de la TH sur l'axe 1 est (68,15%) par apport à la projection de la TAC sur l'axe 2 (31,81%) qui nous permettent d'observé que les tendances de la différenciation de la qualité chimique lors de nos jours de prélèvement influence positivement par apport au pH de l'eau.

Le pH qui est neutre à alcalin (classe bonne). Cette alcalinité pourrait être due à l'activité biologique et à la nature des terrains traversés ou à l'apport des eaux des oueds. La liaison inverse pH-Ca^{2+} , pH-Mg^{2+} et pH-HCO_3^- , en milieu acide, le carbonate de calcium se transforme en bicarbonate de calcium, très soluble dans l'eau. Donc le pH est un catalyseur dans les réactions de dissolution des équilibres calco-carboniques (Olive, 1976).

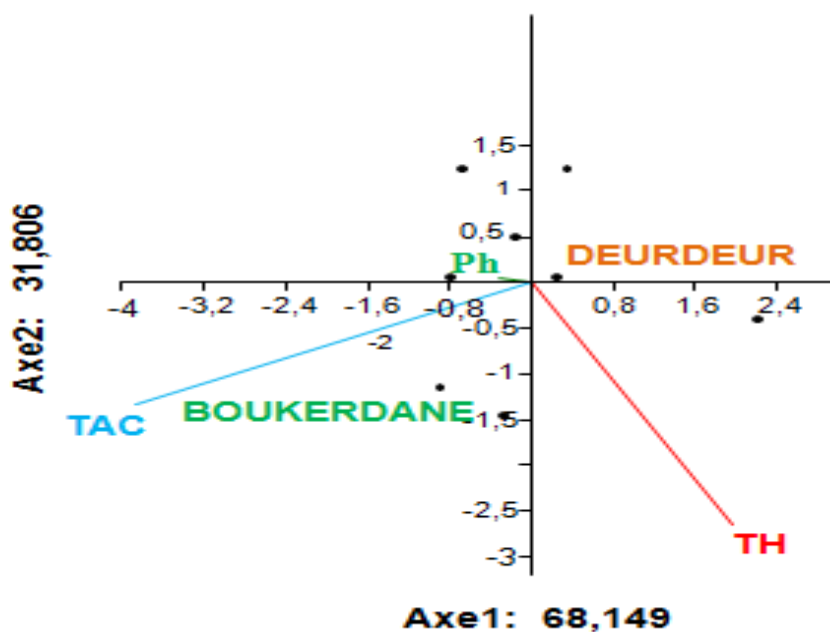


Figure 31 : Projection des paramètres chimiques des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene » sur les deux axes de l'ACP.

8.3.1.2. Analyse statistique en Diagramme en boîtes à moustaches

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'accumulation de la qualité physique-chimiques présente dans la figure 32 sachant que les eaux de barrage de « Deurdeur et Boukerdene »: on note ($F= 62.41$; $P= 1,924 \times 10^{-15}$; $P \leq 0,01$),

La qualité des eaux des deux barrages de « Deurdeur et boukerdene » présente une accumulation temporelle hautement significative (Test Tukey $P=0,000126^{***}$; $P \leq 0,01$) entre Teau, CE , turbidité et pH. Entre la Teau, l'oxygène dissout et CE y a une accumulation très importantes (Test Tukey $P=0,0001268^{***}$; $P \leq 0,01$).

Ces statistiques représentées par les diagrammes donnent une idée plus simple de la dispersion des teneurs en éléments physico-chimiques par une représentation plus aisée à analyser. En effet, La minéralisation de l'eau est en fonction de la géologie des terrains traversés. L'explication de cette augmentation régulièrement réside car elle est directement proportionnelle à la quantité de sels (ions) dissous dans l'eau. La température joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous et donc sur la conductibilité électrique et le pH. Une boîte étroite explique la très faible dispersion des valeurs dans une série.

Les eaux des deux barrages sont turbides cela est peut être due à de fortes précipitations que connaît le site provoquant un ruissellement plus intense sur les terres traversées jusqu'au plan d'eau et l'induisant ainsi une plus grande quantité de matières en suspension ou due à la mort des algues phytoplanctoniques.

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (**Pescod,1985. Rodier,1984**). Et elle constitue une bonne appréciation de la minéralisation de l'eau. Le pH facteur le plus important est la concentration en anhydride carbonique lié à la minéralisation (**Rodier 1996**) et dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (**Dussart, 1966. Bermond, 1973**).

Cette modélisation peut fournir des informations sur l'influence des paramètres pH, la turbidité, la température et l'oxygène dissout qui contrôlent ou régulent la concentration des sels minéraux dans les deux barrages.

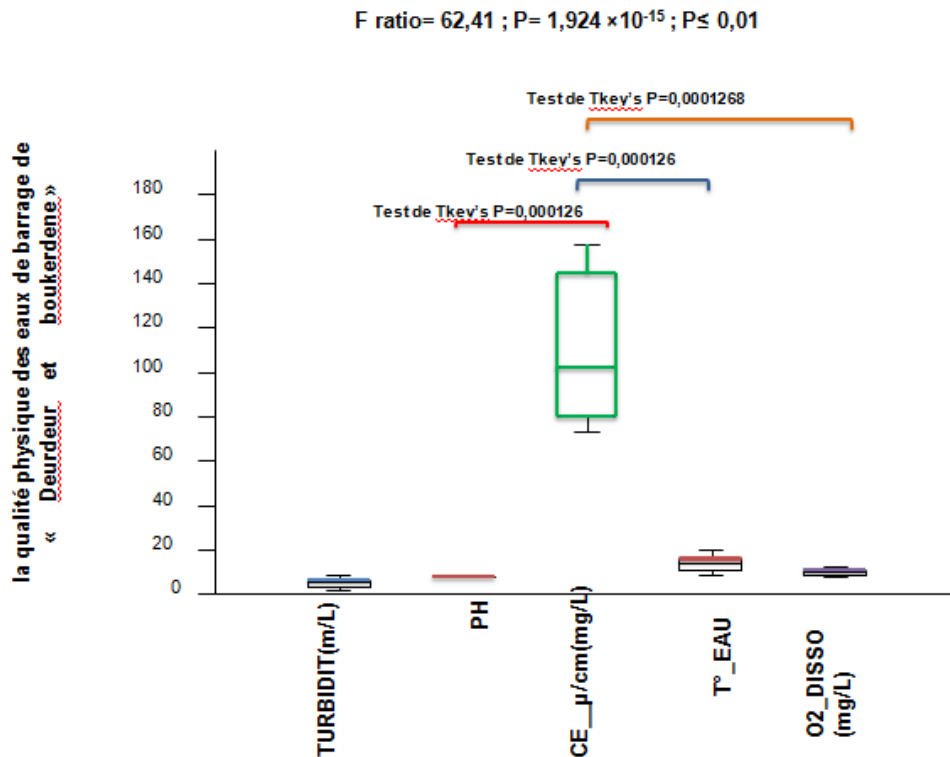


Figure 32: Diagramme en boîtes à moustache sur la qualité physique des eaux des deux barrages de « Deurdeur et boukerdene »

8.3.1.4. Analyse statistique en diagrammes en ternaires

Le ternaire nous a permis de comparer quantitativement les paramètres physico-chimiques de l'eau de Deurdeur et l'eau de Boukerdene. Au point de prélèvement des eaux de deux barrages pour cela nous pouvons remarquer que la comparaison quantitative entre les paramètres physico-chimiques et à l'aide du ternaire, nous montre que la dureté (TH) affiche une richesse importante pendant la période d'étude par rapport au titre alcalimétrique (TAC) et pH (Fig. 33). La dureté ou titre hydrotimétrique correspond essentiellement à la présence de sels de calcium et de magnésium. Elle est directement liée à la nature des terrains traversés. Ils proviennent des roches calcaires ou dolomitiques.

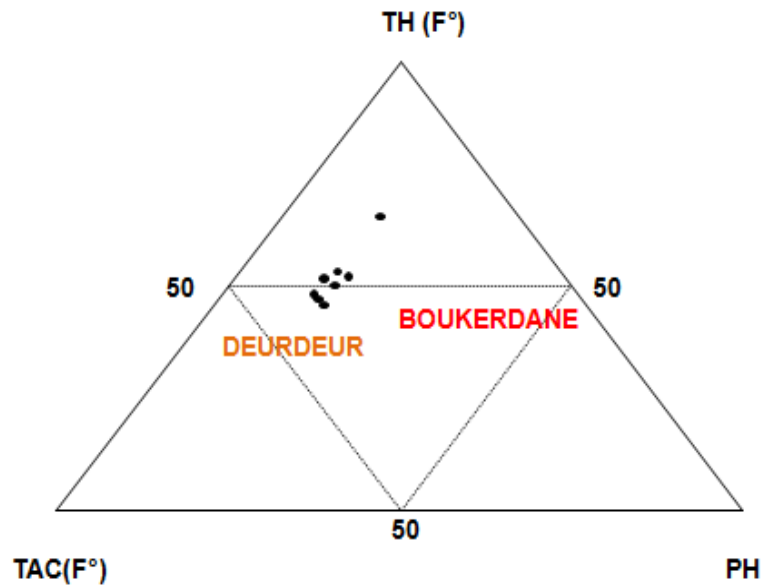


Figure 33: Diagramme en ternaires sur la qualité physico-chimique des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene ».

8.3.2. Comparaison quantitative des paramètres bactériologique eaux de barrage de « Deurdeur et Boukerdene »

8.3.2.1. Analyse statistique en Composantes Principales (A.C.P.)

L'analyse en composante principale de l'ACP est satisfaisante du moment où les deux axes de projection de données dépassent largement les 99.77% en terme de pourcentage de contribution. La projection des données relatives des coliformes totaux sur l'axe1 (96,13%) par rapport à la projection des streptocoques fécaux et coliformes fécaux sur l'axe 2 (3,33%) qui nous permettent d'observé que les tendances de la différenciation de la qualité bactériologique lors de nos jours de prélèvement influence positivement par apport au Salmonella et au *Vibrio cholerae* (nulle) (Fig. 34).

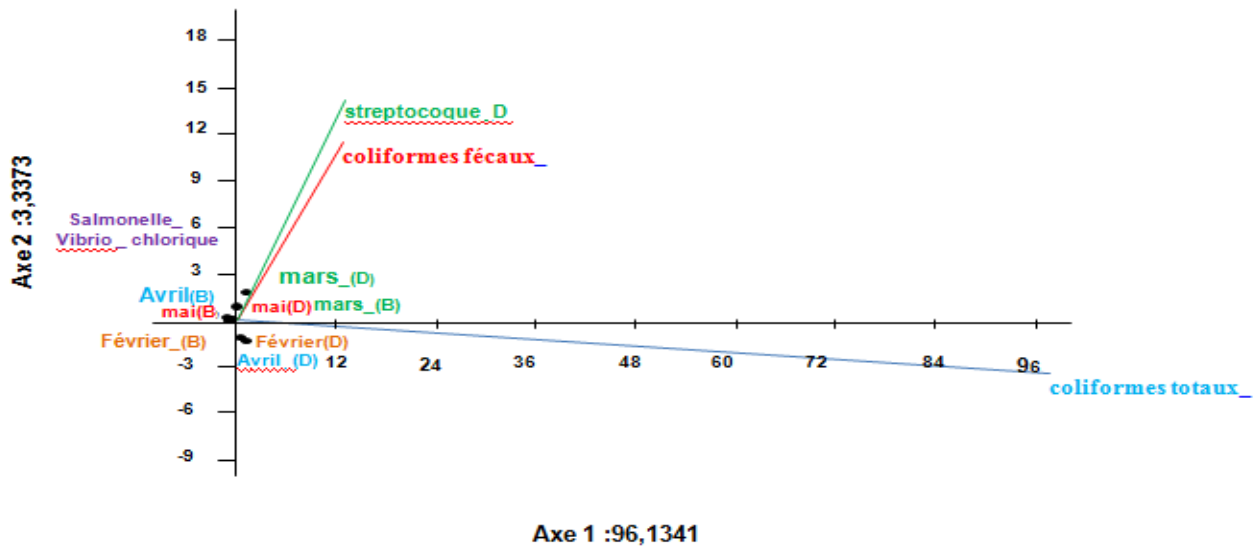


Figure 34: Projection des paramètres bactériologiques des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene » sur les deux axes de l'ACP.

8.3.2.2. Analyse statistique en diagrammes en ternaires

Pour les eaux de barrage qui est représenté par la figure 42, l'étude comparative entre les paramètres bactériologiques illustre que les coliformes totaux et fécaux et les streptocoques sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une contamination d'origine fécale (Leyral et al. 2002) par apport des Salmonella et les bactéries de l'espèce *Vibrio cholerae*.

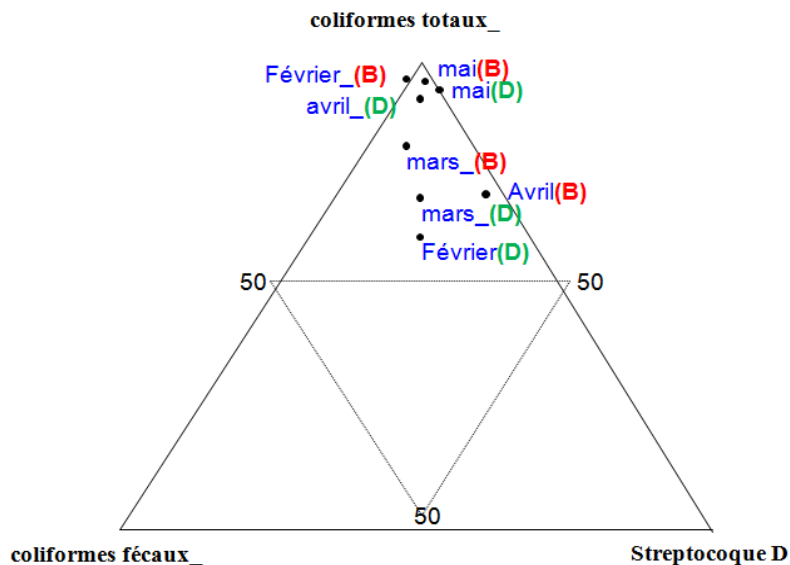


Figure 35: Diagramme en ternaires sur la qualité bactériologiques des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene ».



A

Alpha sidiki Maiga, (2005) .Qualité organoleptique de l'eau dans la ville de Bamako :

Évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako. Mali. P 20.

Aouda, S. (2011). La prise en compte des barrages réservoirs dans un model pluie débit global ; l'application au cas du bassin du Chelif. Thèse de Magister, Université Hassiba Ben Bouali de Chlef ; Chlef.42-43,46, 52 ; 97 ; 99P.

Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (ANDI). (2013) ; Rubrique Monographie Wilaya ; Wilaya d' Ain defla.

Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière (ANDI). (2013) ; Rubrique Monographie Wilaya ; Wilaya de Tipaza.

ANRH ; (2009) : Aquakem 200 Cd. (12/2009). « Technical Specification » de Thermo Fisher scientific. Code N08096_02, CDD Finland Ratastie 2, P.O. Box 100 FI-01621 Vantaa/100 FI-01621 Vantaa.CDD Finland.1-2P. www.thermo.com/aquakem.

ANRH ; (2009) : Thermo Scientific AquakemManuel utilisateur (1.9.2009)Version du programme : 7.2 Version du manuel : A.Thermo Fisher Scientific Oy Ratastie 2, P.O.Box 100 FI-01621 VANTAA. 28-29,39P. //www.thermo.com/aquakem.

Agence de l'eau Loire-Bretagne, (2006) : Guide du prélèvement d'échantillons en rivière : Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques (2006). Agence de l'eau Loire-Bretagne - Avenue de Buffon - B.P. 6339 - 45063 Orléans Cedex2. 35-55P.

www.eau-loire-bretagne.fr

(Anonyme a 1): Source : <http://www.intellego.fr/>.

B

Ben Abdarrezzak.A, (2010). Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lacs Témachine, Méggarine et Ayata et inventaire des espèces piscicoles de ces lacs. Mémoire d'ingénieur d'Etat. Université d'Ouargla.

Bouziani.M, (2000). L'eau de la pénurie aux maladies. ISBN: 9961-71-071-1. Ed, iben khaldoun. p132.

Benayache Naïla Yasmine, (2013/2014) évaluation du niveau de la pollution organique des eaux des barrages Hammame Grouz et Béni –Harroune, Mémoire de Master ,en Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie. Université de Constantine 1, p 1.

Boutahraui, I. (2016/2017) Etude physico-chimique et biologique des eaux du barrage

de BOUKOURDANE (TIPAZA). Mémoire de Master. Eau, Environnement et Santé Publique. Université de Blida 1,p11.

Beaudry, T., Henry, T., M., (1984). Chimie des eaux, édition. Les griffons d'argiles, 1ère, édition, INC Canada.537 pp.

Belhadj, M.Z., (2006). Etude de la pollution du barrage de Zit-Emba Commune de Bekkouche Lakhdar Wilaya de Skikda, Mémoire de Magister, Univ. Batna. 107 pp.

Barkat, K. (2016).Suivi de la qualité physico-chimique des eaux du Barrage Béni Haroun. Mémoire de master, Université des Frères Mentouri Constantine, Constantine.6-7P.

Berne. F, Jean. C (1991) Traitement des eaux, Édition TECHNIP, 306 p.

Berne. F, (1972), Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière, Édition TECHNIP,, 207 p.

Badi, H. (2013). Influence de papyrus et de tamarix sur l'élimination du phosphate et de l'azoté des eaux usées urbains. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra, Biskra. 8 P.

C

Cherif, H .(2017). Caractérisation, classification et statistique multivariable des eaux de l'aquifère alluvionnaire de la plaine de Sidi Bel Abbas. Mémoire de Master, Université Aboubakr Belkaïd– Tlemcen, Tlemcen .46-57P

Chaoui,M.(2013). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et métallique des eaux de surface (Oued Moulouya/Barrage Hassan II) au voisinage de la mine abandonnée Zeïda (Haute Moulouya).Mémoire de master, Université Cadi Ayyad, Marrakech.13-14 P.

Chaoua Malika.(2013-2017).Rapport professionnel sur la qualité des eaux superficielles et souterraines centrales d'A.N.R.H ;Blida .3-4P.

C.E.A .E.Q. :Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.2009. Détermination de la silice réactive dans l'eau : méthode par spectrophotométrie UV-visible, MA. 303 – SiO₂ 1.0, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Québec ; Québec .2009, 5 p.

D

Degremont G, (2005).Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10eme édition : Tec et Doc. P: 3 - 38.

Dupont A., (1974). Hydraulique urbaine. « Hydrologie, captage et traitement des Eaux ».Tome 1.3eme édition: Eyrolles. Paris .P: 26-28-34-64.

Doughoum,S.(2008).Etude de l'évolution en fonction de la profondeur des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux du barrage Boukerdane W.Tipaza, Mémoire d'Ingénieur d'Etat, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique d'Arbaoui Abdellah de Blida, Blida.

Djermakoye Moussa Moumouni, H. (2004).Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de Doctorat Université de Bamako, Mali.27-30P.

G

George, C. Harrap & Co., (1963). Day, E.H. The chemical elements in nature. London, U.K.

Grosclaude. G, 1999. Un point sur l'eau. Tome II usages et polluants. Ed. INRA. Paris. p 210.

H

Hamed, M.; Guettache, A., Bouamer,L.(2012).Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF- TORBA Bechar ; Diplôme d'Ingénieur d'état, Université de Bechar, Bechar. 8-34P.

J

Jean -Claude. B, (1983) Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition Ed. Techniques Ingénieur, pp 2-8.

Journal Officiel de la République Algérienne (JORA) N° 18, (2011) .Décret exécutif n°11-125 du 23 mars 2011.

K

Kahoul M, Touhami. (2014). Evaluation de la qualité physico chimique des eaux de consommation de la ville D'ANNABA (ALGERIE), Laboratoire des sols et développement durable, Faculté des sciences, Université Badji Mokhar, Annaba BP 12, p130, Algérie. kahomed@yahoo.fr

Kachi, Abdallah Amine. (2015) .Eau superficielle en Algérie de sa naissance a sa gestion. Mémoire de Master, Université de Constantine 1, Constantine .14-15P.

Kouani A., El Jamali S. et Talbi M., (2007) - Analyse en composantes principales : Une Méthode factorielle pour traiter les données didactiques, Pub.Radisma, numéro 2, 2007

Kourradi. R, (2007) ; Evaluation du degré de pollution anthropique de l'estuaire de Bou Regreg et impact sur la biologie et dynamique de *Scrobieularia plana* (Linné, 1758) et solen

marginatus. Th-se de doctorat d'état en biologie, spécialité écologie animale. Université Mohammed V-AGDAI. Faculté des sciences Rahat, Maroc.300p.

Khodir, madan,(2002) , évolution de la ressource en bassin versant de la soummam :Diagnostic et proposition d'outils de gestion ,univ de Béjaia Laboratoire Boimathématiques biophysique boichimique et de scientométrie. p 5.

I

Leyral .G, Ronnefoy.C, Guillet.F, (2002), Microbiologie et qualité des industries Agroalimentaire, Paris, 245p.

M

Merabet,S.(2010).Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux brutes et distribuées du barrage réservoir de Béni Haroun .Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine ,Constantine.4-5,7 ,10P.

Mekaoussi, N. (2014).Comportement des éléments chimiques dans les eaux de surface de Hammam Debagh (Est Algérien), Mémoire de Magister, Université Hadj Lakhdar –Batna ; Batna .6-11 P.

Mokeddem K, Ouddane S, (2005) Qualité Physico-chimique Et Bactériologique De L'eau De Source Sidi Yaakoub (Mostaganem), Mémoire d'ingénieur institut de biologie-Mascara, pp 18-22.

Makhoukh, M,(2011), Assessing water and sediment quality of the Moulouya River (East-Morocco).Acticle in 61(4) : 508-523.

Marcel F.R., (1986). Dictionnaire français d'hydrologie de surface. Edition: Masson. P: 94.

O

Ouarda. (2005) ST -HILAIRE A., T.B.M.J. Protocole d'échantillonnage du système de production automatisé de neige (SPAN) Institut national de la recherche scientifique (INRS) Centre Eau, Terre et Environnement 2800 rue Einstein, CP 7500 Sainte-Foy (Québec) GIV 4C7. Rapport de recherche R-834, 12P.

Olivier. J, Pierre. C, (2010) Analyse du cycle de vie: Comprendre et réaliser un écobilan 2ème Édition, 302 p.

OMS. (2006). Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable. www.lenntech.fr.

P

Potelon, J.L., Zyman K,(1998). Le guide des analyses d'eau potable. Edition, La Lettre du Cadre Territorial, Voiron, France.

R

Rodier J,(1997) L'analyse De L'eau (Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire Et Eaux De Mer), 8ème Edition, Dunod, Paris, p 66.

Rodier. J, Legube. B, Merlet. N, Brunet. R, (2009) ; l'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mer, 9^{ème} édition – pris : dumod.1579p.

Rodier. J, Bazin. C, Broutin. JP, Chambon. P, Champasaur. H, (2005) ; l'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaire, eaux de mer. 8^{ème} édition – pris : dumod.1383p.

Rodir. J, (1996) L'analyse De L'eau, Eaux Naturelles, Eaux Résiduaire, 8ème Edition, Dunod, paris, 1335p.

S

Sari, H.(2013).Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar » (Tlemcen). Mémoire master, Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen, Tlemcen .11, 15-16-17, 19-20 P.

W

WHO (World Health Organization), 1994. Directive de qualité de l'eau de boisson. Critères d'hygiène. 2eme édition. Vol 2.Genève.

Z

Zeghoud, M.S.(2013).Etude de système d'épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra. Diplôme de Master, Université d'El –Oued, El –Oued.22, 26P.

Les sites d'internet :

(igepac, 2010): © igepac – 2010 ; <http://www.igepac.com>).

Figure 1: Situation de la zone d'étude	23
Figure 2: carte hydrogéologique de la zone d'étude.....	25
Figure 3: Vue général du barrage de Deurdeur.....	26
Figure 4: Deurdeur –courbe hauteur –capacité.....	27
Figure 5 : Localisation géographique du bassin versant du site du barrage de Boukerdane.....	28
Figure 6: Barrage de Boukerdane.....	29
Figure 7: la situation géographique du barrage de Boukerdane.....	29
Figure 8 : Echantillonnage d'eau du barrage.....	34
Figure 9: Méthodologie de travail.....	36
Figure 10 : Schéma – Aquakem 200 Cd.....	48
Figure 11 : Principe et mesure de Photomètre.....	49
Figure 12 : Courbe d'étalonnage d'Aquakem 200 Cd.....	50
Figure 13: Test présomption de Coliformes Totaux.....	53
Figure 14 : Test de confirmation d'Escherichia Coli.....	54
Figure 15: Test de présomption.....	56
Figure 16 : Test confirmatif des Streptocoque Fécaux.....	58
Figure 17 : Recherche des <i>Vibrio</i> cholérique.....	61
Figure 18: recherche des salmonelles.....	63
Figure 19: Variation mensuelle des paramètres physiques des eaux des deux barrages étudiées.....	64
Figure 20: Variation mensuelle des paramètres minéraux au niveau de barrage « Deurdeur ».....	66
Figure 21: Variation mensuelle des paramètres minéraux au niveau de barrage « Boukerdene ».....	66
Figure 22: Variation mensuelle des duretés totales et des alcalinités des eaux des deux barrages étudiées.....	68
Figure 23: Variation mensuelle des matières oxydables des eaux des deux barrages étudiées.....	69
Figure 24: Variation mensuelle des paramètres bactériologiques des eaux des deux barrages étudiées.....	71
Figure 25: Projection des paramètres chimiques des eaux de barrage « Boukerdene » sur les deux axes de l'ACP.....	75
Figure 26 : Étude de la corrélation entre les paramètres physiques des eaux de barrage « Boukerdene ».....	75

Figure 27: Projection des paramètres chimiques des eaux de barrage « Deurdeur » sur les deux axes de l'ACP.....77

Figure 28: Étude de la corrélation entre les paramètres physiques des eaux de barrage « Deurdeur ».....77

Figure 29: Diagramme en boîtes à moustache sur la qualité des eaux de barrage de boukerdene.....80

Figure 30: Diagramme en boîtes à moustache sur la qualité des eaux de barrage de boukerdene.....80

Figure 31: Projection des paramètres chimiques des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene » sur les deux axes de l'ACP.....81

Figure 32: Diagramme en boîtes à moustache sur la qualité physique des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene ».....83

Figure 33: Diagramme en ternaires sur la qualité physico-chimique des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene ».....84

Figure 34: Projection des paramètres bactériologiques des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene » sur les deux axes de l'ACP.....85

Figure 35: Diagramme en ternaires sur la qualité bactériologiques des eaux de barrage de « Deurdeur et boukerdene ».....85

Tableau 1 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.....	5
Tableau 2: Qualité de l'eau en fonction de la conductivité électrique.	6
Tableau 3: Détermination de la minéralisation à partir de la conductivité.....	6
Tableau 4: la potabilité en fonction des résidus secs.	7
Tableau 5: Qualité de l'eau en fonction de la DBO ₅	11
Tableau 6: Classification de l'eau selon la dureté totale.	14
Tableau 7: qualité de l'eau en fonction de la dureté.	14
Tableau 8: Principaux effets associés aux métaux lourds.	16
Tableau 9 : Normes Et Recommandation Pour La Qualité Bactériologique de L'eau potable.	18
Tableau 10 : Normes de la qualité des eaux superficielles JORA, 2011.....	19
Tableau 11 : Grille pour estimer la qualité générale de l'eau.	20
Tableau 12: Quelques caractéristiques du barrage de Deurdeur.	26
Tableau 13: Facteur de conversion de la DBO ₅ en fonction du volume de prise....	46
Tableau 14: Table NPP (Nombre Plus Probable).	57
Tableau 15: Rapport DBO/DCO et DCO/DBO ₅	70
Tableau 16 : Grille pour estimer la qualité des eaux de barrage de « Deurdeur-Boukerdene ».	72

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

Notre étude porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux brutes des deux barrages : Deurdeur et l'autre de Boukerdene.

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux brutes montrent que cette dernière est caractérisée par une :

- Température inférieure à 25° .
- Un pH légèrement neutre à alcalin entre 6.5 à 8.3
- La minéralisation est influencée naturellement par la géologie.
- La matière oxydable n'est pas biodégradable et la dureté totale est moyennement dure.
- Les éléments nutritifs se présentent à l'état de trace.

Quant aux analyses bactériologique de l'eau brute indique qu'elle renferme une charge importante en germes contaminants d'origine fécale et une absence de salmonella et Vibrio cholerae.

Les eaux brutes des deux barrages sont de qualité bactériologique mauvaise car les résultats des analyses ne sont pas conformes aux règlements de l'OMS pour les eaux brutes.

Nous souhaiterions des réalisés dans le futur des études pour mieux voir l'évolution spatio-temporelle et cerner la qualité des eaux, comme nous proposons d'utiliser l'analyse des variances (ANOVA) pour détecter plus clairement les dissimilarités entre les classes et affiner beaucoup plus les résultats trouvés par les méthodes statistiques utilisées.

PERSPECTIVE ET RECOMMANDATION :

La protection de ces écosystèmes sensibles contre la pollution est une nécessité pour sa préservation et sa durabilité. À l'issue de ce travail, quelques perspectives intéressantes se dégagent et peuvent être envisagées dans les travaux de recherche futurs, à savoir :

1. Le contrôle permanent de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux potables, est indispensable.
2. Compléter l'étude physico-chimique par une caractérisation des métaux lourds.
3. Nettoyage périodique des barrages .
4. Réalisation de stations d'épuration des eaux d'assainissements en amont du barrage afin d'éliminer la contamination des eaux de ce dernier ;

Et finalement, il est important de noter qu'il est beaucoup plus facile et moins coûteux de protéger une ressource d'eau que de la purifier une fois qu'elle est polluée.

I. Méthodes de la préparation les solutions aqueuses

1.1. Pour pH

- **Solution tampon** pH/10 et pH/4

- **Solution H₂SO₄** à 0,01N

1.2. Pour le sodium et le potassium

- **Solution mère de sodium et de potassium** : Dissoudre dans de l'eau distillée 25,434g de chlorure de sodium préalablement séché à l'étuve à 100°C pendant 12 heures puis refroidi au dessiccateur. Dissoudre simultanément 3,823g de chlorure de potassium préalablement séché à l'étuve à 100°C pendant 12 heures puis refroidi au dessiccateur. Compléter le tout à 1000ml par de l'eau distillée. On obtient une solution contenant 10 000mg/l en Na⁺ et 2 000mg/l en K⁺.

-**Etalons en Na⁺ et K⁺**

Mettre successivement dans des fioles jaugées à 1000ml : 50, 40, 30, 20, 15, 10, 5 et 2ml de la solution mère en Na⁺ et K⁺ compléter à 1000ml par de l'eau distillée.

On obtient des solutions étalons contenant respectivement :500, 400, 300, 150, 100, 50 et 20mg/l de Na⁺ et 100, 80, 60, 40, 30, 20, 10 et 4mg/l de K⁺.

1.3. Pour la matière organique

-**Solution d'acide sulfurique au ½**

-**Solution de permanganate de potassium à N/20**

1,58g de permanganate de potassium

Eau distillée Q.S.P. 1000ml

-**Solution de permanganate de potassium à N/80**

Préparée à partir de la solution de permanganate de potassium N/20 que l'on dilue 4 fois.

-**Solution de sulfate ferreux ou sel de Mohr à N/80**

4,9g de Sulfate ferreux FeSO₄ (NH₄)₂ SO₄ 6H₂O

5ml d'acide sulfurique concentré

Eau distillée Q.S.P 1000m

1.4. Pour la demande chimique en oxygène (DCO)

Solution A : l'acide sulfurique H₂SO₄ à 4 mol/l.

Verser lentement 220 ml H₂SO₄ concentré. Dans une fiole de 1L contenant 500 ml d'eau distillée, laisser refroidir et jauger avec H₂O.

Solution B : Le catalyseur Ag₂SO₄ en milieu sulfurique.

Introduire 10 g Ag₂SO₄ ainsi que 35 ml d'eau distillée ayant servie au rinçage du creuset dans une fiole de 1 L. Jauger avec H₂SO conc.et agiter toute une nuit si nécessaire à l'aide d'un agitateur magnétique jusqu'à dissolution.

Solution C : Le sel de Mohr (NH₄)₂Fe(SO₄)₂ ,6H₂O à 0,12 mol/l.

Dissoudre 47 g de sel de Mohr dans une fiole de 1 L contenant 500 ml d'eau distillée et verser ensuite 20 ml H₂SO₄ concentré. Laisser refroidir et jauger avec de l'eau distillée.

Solution D : Le dichromate de potassium K₂Cr₂O₇ à 0,040 mol/l

Dissoudre à l'aide d'un agitateur magnétique, 80 g de sulfate mercurique (HgSO₄) dans un bécher de 1L contenant 700 ml d'eau distillée ; ajouter lentement 100 ml H₂SO₄. Laisser refroidir et y dissoudre 11,768 gr de K₂Cr₂O₇ préalablement séché à 105 °C pendant 2 heures. Transvaser le tout dans une fiole de 1L et jauger ensuite avec de l'eau distillée. Cette solution stockée dans un endroit frais, est stable pendant 1 mois.

Solution F : L'indicateur coloré au féroïen.

Introduire à l'aide d'eau distillée 0,7 gr de sulfate ferreux (FeSO₄·7H₂O) dans une fiole de 100 ml, ajouter 1,5 gr de phénantroline-1,10, H₂O, mélanger et jauger avec de l'eau distillée.

1.5. Pour la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

2 Pastilles de soude (NaOH)

1.6. Pour l'oxygène dissous

-Solution de sulfate manganéux

En milieu alcalin, le sulfate manganéux précipite à l'état d'hydroxyde

400g de sulfate manganéux MnSO₄·2H₂O

Eau distillée Q.S.P 1000ml

-Solution d'iodure de potassium

150g d'iodure de potassium ou 135g d'iodure de sodium

500g de soude

10g d'azotate de sodium (dissout à part ; dangereux à manipuler)

Eau distillée Q.S.P 1000ml

-Solution de fluorure de potassium

40g de fluorure de potassium KF

Eau distillée Q.S.P 100ml

-Solution indicateur à l'empois d'amidon

Ajouter juste assez d'eau distillée froide à 10g d'amidon soluble de façon à obtenir une pâte fluide. Lentement et en agitant à la pâte 1 litre d'eau distillée bouillante. Maintenir à l'ébullition quelques minutes. Ajouter pour la conservation 1mg d'iodure mercurique ou 1,25g d'acide salicylique.

-Solution mère de thiosulfate de sodium à 0,5N

124,1g de thiosulfate de sodium Na₂S₂O₃·5H₂O

Eau distillée bouillie et refroidie Q.S.P 1000ml

5ml de chloroforme (pour conservation)

-Solution fille de thiosulfate de sodium à 0,0125N

25ml de la solution à 0,5N

Eau distillée Q.S.P 1000ml

5ml de chloroforme (pour conservation)

-Solution d'iodate de potassium à 0,01N

0,3567g d'iodate de potassium (préalablement séché 3heures à 150°C)

Eau distillée Q.S.P 1000ml

La solution est stable

-Solution d'iodure de potassium à 0,6M

100g d'iodure de potassium

Eau distillée Q.S.P 1000ml

-Solution d'acide sulfurique au 1/5

II. Appareillages



pH-mètre



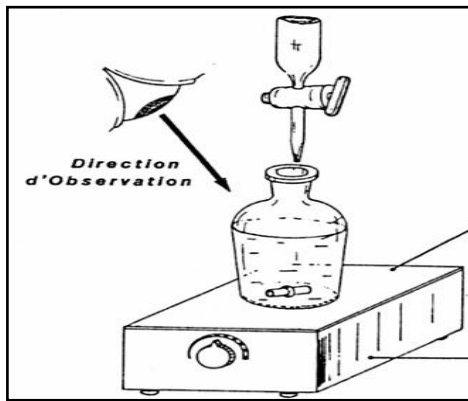
Conductimètre



Thermomètre



Turbidimètre



Oxygène dissout



Spectrophotomètre UV/VIS



Photomètre de flamme



DCO-mètre



DBO mètre



Dosage Matière organique



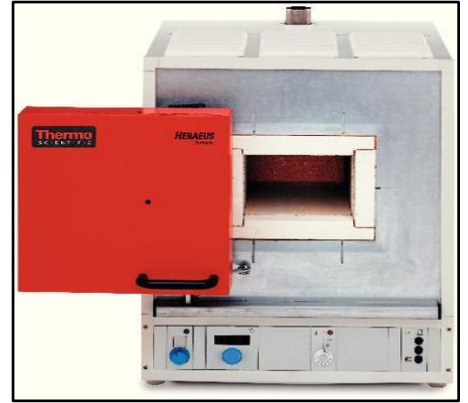
Balance électronique



Etuve



Centrifugeuse



Four amoufle



Echantillonneur



Glacière



Aanalyseur photometrique 'Aquakem'



Reactif chimique

III. Tableaux

Tableau 18 : Méthodes des différentes d'analyses.

Paramètres	Méthodes	Normes
Température	Thermomètre à mercure	-
pH	pH-mètre WTW	-
Conductivité	Conductimètre WTW	-
Oxygène dissous	Winkler	NF T 90-031
Résidu sec		NF T 90-029
Sodium et Potassium	Photométrie	NF T90-019
Bicarbonates	Potentiométrie	-
DCO	DCO-mètre	ISO 9001
DBO ₅	Respirométrie	DIN 38409 H 55
Matière Organique	Oxydabilité au permanganate	AFNOR NF T 90018

Tableau19 : Résultats physico-chimiques des eaux de barrage de Deurdeur.

Parametre physico – chimique	Ech."1": 11/02/2018	Ech."2": 06/03/2018	Ech."3": 08/04/2018	Ech."4": 09/05/2018
T air (c°)	6.8	9.2	12	19.9
T eau (c°)	9.3	10.8	12.5	19.2
V (Hm 3)	36	37	49	66
PH	7.9	8.2	7.7	7.4
HCO-3 (mg/l)	183	214	207	122
CO3-2 (mg/l)	0	0	0	0
OH-(mg/l)	0	0	0	0
TAC (F°)	15	18	17	10
TA (F°)	0	0	0	0
CE µ/cm	1540	1581	1353	1176
Cl-(mg/l)	285	320	256	214
SO4-2 (mg/l)	141	151	130	113
Na ⁺ (mg/l)	179	228	202	110
K ⁺ (mg/l)	2	3	5	1
Ca ²⁺ (mg/l)	60	62	68	89
Mg 2 ⁺ (mg/L)	24	24	26	27
TH (F°)	25	26	28	33
Résidu Sec (mg/l)	1015	1036	904	764
T (NTU)	2.5	8.7	6	4.3
M.Org (mg/l)	5	7	6	3.5
NO3- (mg/l)	0.4	0.8	0.8	9.9
NO2-(mg/l)	0.172	0.172	0.309	0.137
NH4 ⁺ (mg/l)	0.17	0.20	0.335	0.087

PO4-3	0,153	0,184	0,110	0,187
DCO (mgO2/l)	14	15	15	40
DBO5 (mgO2/l)	4	3	4	2
O2 (mgO2/l)	10.2	12.6	8	8.5
O2%	88.9	113.4	69.3	86.8
MES à 105°C	120	100	80	110
MES à 600°C	10	70	30	40
Sio-2 (mg/l)	1.3	0.6	3.5	4

Tableau 20 : Résultats physico-chimiques des eaux de barrage de Boukerdene.

Parametre physico - chimique	Ech."1": 11/02/2018	Ech."2": 06/03/2018	Ech."3": 08/04/2018	Ech."4": 09/05/2018
T air (c°)	16,2	13.9	20.2	20.6
T eau (c°)	13.8	14.2	14.3	20.4
V (Hm 3)	26	29	41	45
PH	8.3	8.3	8	8.3
HCO-3 (mg/l)	259	275	259	229
CO3-2 (mg/l)	0	0	0	0
OH-(mg/l)	0	0	0	0
TAC(F°)	21	23	21	19
TA(F°)	0	0	0	0
CE µ/cm	802	808	810	739
Cl-(mg/l)	70	76	66	66
SO4-2 (mg/l)	119	125	119	113
Na+(mg/l)	64	63	65	79
K+(mg/l)	2	1	3	3
Ca2+(mg/l)	52	65	69	56
Mg 2+(mg/L)	31	29	32	23
TH (F°)	26	29	31	23
Résidu Sec(mg/l)	446	550	491	457
T (NTU)	5.5	5.2	8.2	3.4
M.Org(mg/l)	2	3	3	6.3
NO3- (mg/l)	0	0	0	4.6
NO2-(mg/l)	0.137	0.206	0.069	0.103
NH4+ (mg/l)	0.2	0.03	0.099	0.047
PO4-3	0.11	0.184	0.009	0.199
DCO(mgO2/l)	10	20	26	15
DBO5(mgO2/l)	2	2	1	2
O2 (mgO2/l)	9.1	11.2	10.7	8.2
O2%	88.2	108.5	104	92.3
MES à 105°C	210	80	100	40
MES à 600°C	20	54	20	50
Sio-2 (mg/l)	6	2	6.8	14.7

Tableau 21: Résultats des analyses bactériologiques.

Barrage de Boukerdene					
Qualité paramètre	coliformes totaux	coliformes fécaux	streptocoque D	Salmonelle	vibrio cholérique
12/02/2018	150	2	5	0	0
07/03/2018	54	8	5	0	0
09/04/2018	92	5	35	0	0
10/05/2018	22	1	0	0	0
Barrage de Deurdeur					
Qualité paramètre	coliformes totaux	coliformes fécaux	streptocoque D	Salmonelle	vibrio cholérique
14/02/2018	03	01	01	0	0
19/03/2018	< 240	54	54	0	0
09/04/2018	< 240	11	12	0	0
14/05/2018	14	0	1	0	0