

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane MIRA de BEJAIA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques de l'Environnement

Mémoire de fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme de Master II

Option : Environnement et Sécurité Alimentaire.

Thème

*Contribution à la caractérisation
physico-chimique des Eaux de l'Oued
Agrioun -Béjaïa-*

Présenté par :

- ☉ M^{elle} BENAID Souria
- ☉ M^{elle} DJAFRI Soraya

Membre de jury:

- President:** M^r SAHNOUNE M.
Examineurs: M^{elle} BENMOUHOUB H.
M^r LAISSAOUI M.
Promoteur: M^r BENHAMICHE N.
Co-promoteur: M^r SAOU A/H.

Promotion 2012/2013

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant qui nous a accordé santé et courage pour mener ce travail jusqu'au bout.

Nous aimerons exprimer toute notre gratitude aux personnes qui de près au de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Notre promoteur Mr BENHAMICHE N., avec sa chaleur humaine, sa grande gentillesse, son dévouement et son appui nous a apporté une aide indispensable.

Notre Co-promoteur Mr. SAOU A/H, pour nous avoir accueillies comme ses étudiantes au sein de son laboratoire.

Au président de jury Mr. SAHNOUNE M. et les examinateurs M^{elle} BENMOUHOUH H. et Mr. AIT SIDHOUM D. qui ont accepté de juger notre travail.

A tous les enseignants et les membres du département des sciences Biologiques de l'Environnement.

Nos vifs remerciements vont aussi à M^{elle} DJOUAD pour son aide technique.

A nos ami(e)s de laboratoire Hydraulique ; ABDENOUR et HAKIM pour leurs encouragements et leur support.

Merci à tous...

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect

- *A mes chers parents qui m'ont encouragé et soutenu moralement et financièrement afin d'achever mon cycle d'études, qui m'ont donnés de l'amour et du courage, mes très chers et irremplaçables*
- *A mon cher frère Louaness*
- *A ma très chère sœur Nassima et mon beau-frère Saci*
- *A mon cher neveu Samy*
- *A mon très cher fiancé Nabyl et mes beaux parents*
- *A mes deux grandes mères et mon grand père*
- *A mon grand-père (la miséricorde de Dieu sur lui)*
- *A tous mes cousins et cousines.*
- *A tous mes oncles et tantes et sen enfants*
- *A ma très chère tante Akila*
- *A ma copine de chambre Fadila et sa famille*
- *A mes ami(e)s : Menad, Biba, Zina, Lila, Wahiba, Celia, Habiba.*
- *A ma Coupine : Soraya et sa famille.*
- *A toutes la promotion d'Environnement et S.A.*
- *A tous nos enseignants*

Souria



DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- *A ceux j'ai tant aimés et respectés, qui m'ont donnés de l'amour et de la force et dont je suis fière, mes chers parents*
- *Ma chère grande mère Fatima « Que Dieu la garde et l'accorde longue vie »*
- *Mes très chers frères ;Menad, Khelil, Faouzi, Zaid*
- *Mes très chères sœurs ; Zina, Kota*
- *Mes cousins, cousines et leurs familles*
- *Mes très chères ami(e)s :Fariha, Alia, Mona, Houria, Salima, Wahiba,*
- *Mes copines de chambres.*
- *Ma tante Nassima et ces filles.*
- *MA chère coupine Souria et toute sa famille.*

Soraya



Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique	17
II	Critères d'appréciation selon les paramètres physico-chimique	21
III	Les différentes formations pédologiques du bassin versant de l'Oued Agrioun	24
IV	La répartition des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la station de Bejaia et notre région d'étude (1978-2012)	26
V	Températures moyennes mensuelles pour la région de Bejaia (1978-2012)	27
VI	Températures moyennes mensuelles corrigées de la région d'étude pour la période (1978-2012)	27
VII	Calcul de Q2 de la région de BEJAIA	30
VIII	Calcul de Q2 de site d'étude	30
IX	Répartition de la population de bassin versant de l'Oued Agrioun	32
X	Occupation des sols par communes	33
XI	Choix des stations de prélèvement.	34
XII	Résultats d'analyse des paramètres physiques de la première campagne	40
XIII	Résultats d'analyses des paramètres physiques de la première campagne	41
XIV	Résultats d'analyses des paramètres chimiques de la deuxième campagne	42
XV	Appréciation de la qualité des eaux de l'Oued Agrioun	47

Listes des figures

Figure	Titre	Page
N°1	Carte de délimitation de bassin versant de l'Oued Agrioun	22
N°2	Diagramme ombrothermique pour la région de Béjaia (1978-2012)	29
N°3	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен de notre zone d'étude (Oued Agrioun) (1987-2012)	29
N°4	Situation bioclimatique de la région d'étude sur le climagramme d'Emberger par Stewart, 1969.	31
N°5	Carte de localisation des stations de prélèvement	35
N°6	Le colorimètre (HACH HD/890)	36
N°7	Le multiparamètre (inoLAB*Ph /ION/Cond 750)	38
N°8	Courbe d'étalonnage des phosphates	
N°9	Courbe d'étalonnage des nitrites	
N°10	Courbe d'étalonnage des nitrates	

Liste des abréviations

AEP : Alimentation en eau potable.

EC : Conductivité électrique.

FAU : Formazine Attenuation Unit.

HC : Hors Classe.

Max : Maximum.

mg/l : Milligramme par litre.

M: Température maximale.

m : Température minimale.

OD : Oxygène dissous.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

P : précipitation

P_{an} : Précipitation annuelle.

pH : Potentiel d'hydrogène.

ppm : partie par millième.

S : Station.

T : Température.

TDS : Total des solides dissous.

UNESCO : Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture

µs/cm : Micro siemens par centimètre.

D.P.A.T : Direction de planification et de l'aménagement de territoire.

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Listes des figures

Liste des abréviations

Introduction..... 1

I/ Synthèse bibliographique

I.1 Généralités sur les cours d’eaux

I.1.1	Propriétés de l’eau.....	3
I.1.1.1	Propriété physiques.....	3
I.1.1.2	Propriétés chimiques.....	4
I.1.3	Propriétés biologiques.....	4
I.1.2	Composition des eaux naturelles.....	4
I.1.2.1	Les matières minérales.....	5
I.1.2.2	Les matières organiques.....	5
I.1.2.3	Les matières dissoutes.....	5
I.1.2.4	Les matières colloïdes.....	5
I.1.2.5	Les matières en suspension.....	5
I.1.3	Les eaux de surface.....	6
I.1.3.1	Origines.....	6
I.1.3.2	Le régime d’écoulement d’une rivière.....	7
I.1.3.3	Rôles et intérêts des cours d’eaux.....	8

I.2 Pollution des cours d’eaux

I.2.1	Définition de la pollution.....	9
I.2.2	Origine de la pollution.....	9
I.2.2.1	Pollution naturelle.....	9
I.2.2.2	Pollution anthropique.....	11
I.2.3	Les principaux rejets polluants.....	12
I.2.3.1	Définition d’une eau usée.....	12
I.2.3.2	Origine des eaux usées.....	12

I.2.4	Les conséquences de la pollution des cours d'eau.....	14
I.2.4.1	Les conséquences sanitaires.....	14
I.2.4.2	Les conséquences agricoles.....	14
I.2.4.3	Les conséquences industrielles.....	14
I.2.4.4	Les conséquences écologiques.....	14
I.2.4.5	Les conséquences esthétiques.....	15
I.2.5	Importance de la pollution.....	15
I.2.6	Paramètres d'évaluation de la pollution.....	15
I.2.6.1	Paramètres organoleptiques.....	15
I.2.6.2	Paramètres physico-chimiques.....	16
I.2.7	Substances toxiques et indésirables.....	19
I.2.8	Classification des cours d'eau.....	
I.2.8.1	Grille multi-usages.....	20
I.2.8.2	Critères d'appréciation.....	21

Partie expérimentale

II	Matériels et méthodes	
II.1	Description de la région d'étude.....	22
II.1.1	Situation géographique.....	22
II.1.2	Délimitation du bassin versant de l'Oued Agrioun.....	22
II.1.3	Hydrologie.....	23
II.1.4	Géologie.....	23
II.1.5	Lithologie de bassin.....	23
II.1.6	Hydrogéologie.....	24
II.1.7	Climatologie.....	24
II.1.7.1	Précipitation.....	25
II.1.7.2	Température.....	25
II.1.7.3	Synthèse des données climatiques.....	27
II.1.8	Faune et flore.....	30
II.2	Caractéristique socio-économique.....	31
II.2.1	Population.....	31
II.2.2	Agriculture.....	32
II.3	Prélèvement et Echantillonnage.....	32
II.3.1	Choix des stations de prélèvement.....	33
II.3.2	Localisation des stations de prélèvement.....	34

II.3.3	Echantillonnage.....	34
II.4	Méthodes d'analyses.....	35
II.4.1	Paramètres organoleptiques.....	35
II.4.2	Paramètres physiques.....	35
II.4.3	Paramètres chimiques.....	37
III	Résultats et discussions	39
III.1	Résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques.....	39
III.1.1	Résultat d'analyse des paramètres physiques.....	39
III.1.2	Résultats d'analyses des paramètres chimiques.....	41
IV	Discussion des résultats des paramètres physico-chimiques.....	41
IV.1	Discussion des résultats des paramètres physiques.....	41
IV.2	Discussion des résultats des paramètres chimiques.....	44
IV.3	Appréciation de la qualité des eaux de surface de l'Oued Agrioun.....	46
	Conclusion.....	48

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

Introduction

Environnement propice à l'apparition de la vie, l'eau est un élément majeur de la biosphère. Les premières formes de vie se sont manifestées dans des étendues d'eau qui recouvraient la terre primitive, il y'a près de quatre milliards d'années. Si elle se trouve partout, elle est pourtant utilisable sous la forme d'eau douce par les êtres humains **(RODIER, 1996)**.

L'eau est devenue une denrée de moins en moins accessible dans plusieurs régions du monde et les réserves en eau continuent de baisser depuis les 50 dernières années.

La quantité d'eau douce disponible est passée de 17000 m³/hab. en 1950 à 9700 m³/hab. en 1995 et devrait tomber à 5100 m³/hab. /an en 2025 selon plusieurs experts **(REMINE, 2008)**.

Selon le Plan Bleu, les ressources en eau sont à l'évidence fortement conditionnées par les variables climatiques qui en déterminent les apports (précipitations, températures). Consécutivement à l'augmentation de la température, l'évaporation plus importante des masses d'eau diminuerait les quantités de ressources disponibles et exploitables **(IPCC, 2009)**

Selon l'UNESCO (2005), les ressources en eau sont en chute libre alors que la demande augmente de façon dramatique. Au cours des 20 prochaines années (2025), on s'attend à une diminution d'un tiers d'eau disponible par personne dans le monde.

Toutes les eaux de surface (cours d'eaux, réservoirs et lacs) qui sont estimés à 108000 km³ seront consommées d'ici l'an 2100 et toute l'eau disponible dans le cycle de l'eau sera entièrement épuisée d'ici l'an 2030 **(REMINE, 2008)**.

Le Maghreb est parmi les régions pauvres en eau en raison des précipitations inférieures à 600 mm en moyenne et inégalement réparties. Face à des conditions climatiques défavorables, à une croissance démographique galopante, à une grande industrialisation et à la dégradation de la qualité des eaux tant superficielles que souterraines, les volumes d'eaux mobilisés et mobilisables sont insuffisants et le recours à des ressources en eau non conventionnelles, telles que la réutilisation des eaux usées épurées, le dessalement des eaux de mer (1200 km de côtes algériennes, 3500 km de côtes marocaines, 1000 km de côtes tunisiennes) et des eaux saumâtres, semble être la solution incontournable **(KETTAB, MITICHE, et BENNACER, 2008)**.

L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par le stress hydrique, dans la catégorie des pays les plus pauvres en matière de potentialités hydriques, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant

Introduction

et par an. Si en 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, elle n'était plus que de 720 m³ en 1990, 680 m³ en 1995, 630 m³ en 1998, 500 m³ en 2002, elle ne sera que de 430 m³ en 2020. La disponibilité en eau potable en Algérie en m³/Habitant/An dépassera légèrement le seuil des 400 m³/ha (norme OMS).

La problématique de l'eau est indissociable du développement durable dans la mesure où l'eau doit permettre de répondre aux besoins des générations actuelles sans hypothéquer la capacité des générations futures (ANONYME₃, 2009).

La région de Bejaia était alimentée jusqu'à une date récente par les eaux souterraines provenant des nappes alluviales. Elle n'échappe pas à ce problème de rareté de l'eau et au développement sans cesse croissant de l'activité anthropique sous toutes ses formes. Ceci a conduit à l'altération de la qualité de ces eaux provenant des eaux de précipitations après infiltration.

Pour ce, nous avons été chargé de mener une étude sur la caractérisation des eaux de surface de l'Oued Agrioun. La contribution rentre dans le cadre d'un projet de recherche Commission Nationale et de Prospective de la Recherche Universitaire (CNEPRU) intitulé : Caractérisation hydro-chimique des eaux de surface et souterraine de l'Oued Agrioun à Béjaïa, agréé en 2013 sous le N°J0400620120017. L'objectif assigné à ce travail est le suivi de l'évolution qualitative des eaux de l'Oued Agrioun.

Ce mémoire comporte deux parties : une première partie est consacrée à une recherche bibliographique sur la qualité des eaux des cours d'eaux ainsi que les différentes formes de pollutions de ces derniers.

La deuxième partie comporte une description de l'Oued Agrioun, ses caractéristiques naturelles, socio-économiques, la méthode d'échantillonnage et d'analyse, les résultats obtenus et leurs discussions.

Ce dernier chapitre fera l'objet d'une appréciation des eaux de l'Oued Agrioun selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les eaux potables.

Synthèse bibliographique

*I.1. Généralités sur les cours
d'eaux*

I.1. Généralités sur les cours d'eaux

I.1.1. Propriété de l'eau

Indispensable à la vie, catalyseur de nombreuses réactions chimiques, l'eau est également le principal agent d'érosion et sédimentation et donc un facteur déterminant de la formation des paysages. Le caractère banal de l'eau qui nous entoure, fait parfois oublier que ce liquide qui nous est si familier s'avère en réalité par ses propriétés si particulières à la fois le fluide le plus indispensable à la vie et celui dont la complexité est la plus remarquable (LOUNNAS, 2009).

Sur la terre, l'eau existe dans les trois phases: liquide (eau proprement dite), solide (glace) gazeuse (vapeur d'eau). Ces trois phases coexistent dans la nature sont toujours observables deux à deux, et plus ou moins en équilibre : eau glace, eau- vapeur, glace- vapeur selon les conditions de température et de pression (LOUNNAS, 2009).

I.1.1.1. Propriétés physiques

Le caractère polaire de la molécule d'eau est à l'origine d'associations possibles entre les molécules d'eau; il donnera lieu à bien des anomalies physiques que nous signalons brièvement, telles que :

❖ **La Température d'ébullition :**

Anormalement élevée, si on la compare avec celle des composés de masse moléculaire du même ordre et possédant plusieurs atomes d'hydrogène. Dans les conditions normales elle est de 100°C.

❖ **La masse volumique :**

Elle varie avec la température et la pression, mais aussi avec la teneur en sels dissous. L'eau a une masse volumique de 1g/cm³ (LOUNNAS, 2009).

❖ **La viscosité :**

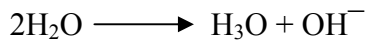
Elle diminue lorsque la température croit ; par contre, elle augmente avec la teneur en sels dissous. Contrairement aux autres liquides, une pression modérée, rend l'eau moins visqueuse aux basses températures.

❖ **La tension superficielle :**

Elle est définie comme une force de traction qui s'exerce à la surface du liquide en tendant toujours à réduire le plus possible l'étendue de cette surface (DEGREMENT, 1989).

❖ **la conductivité électrique:**

L'eau est légèrement conductrice. Cette conductivité très faible, mais jamais nulle est expliquée par une légère dissolution de la molécule d'eau selon l'équation chimique :



Elle est exprimée en $\mu\text{s}/\text{cm}$

I.1.1.2. Propriétés chimiques

L'énergie de formation de la molécule d'eau (242kJ/mol) est élevée. Il s'ensuit que l'eau possède une grande stabilité. Cette stabilité, associée aux propriétés électriques et à la constitution moléculaire de l'eau, la rend particulièrement apte à la mise en solution de nombreux corps gazeux, liquides polaires, et surtout solide. La plupart des substances minérales peuvent se dissoudre dans l'eau, ainsi qu'un grand nombre de gaz et de produits organiques (LOUNNAS, 2009).

La solvatation (ou action hydratante de l'eau) est le résultat d'une destruction complète ou partielle des divers liens électrostatiques entre les atomes et les molécules du corps à dissoudre, pour les remplacer par de nouveaux liens avec les molécules d'eau, et forger ainsi de nouvelles structures: il se produit une véritable réaction chimique (une solvatation complète est une dissolution) (LOUNNAS, 2009).

I.1.1.3. Propriétés biologiques

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des être vivants. Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges ; l'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants (LOUNNAS, 2009).

I.1.2. Composition des eaux naturelles

Les substances présentes dans l'eau peuvent être classées selon deux modes différents :

- ❖ Suivant leur nature chimique, organique ou minérale.
- ❖ Suivant leur état physique : matières dissoutes, colloïdes ou en suspension.

Ces distinctions arbitraires dans la mesure où, d'une part, une substance peut se trouver soit à l'état dissous, soit en suspension, selon les conditions du milieu, d'autre part l'eau est siège de phénomènes de dégradation biologique qui peuvent transformer des substances organiques en substance minérales (REJSEK, 2002).

I.1.2.1. Les matières minérales

Ce sont essentiellement des composés ioniques ; anions et cations, qui proviennent de la dissolution des roches dans l'eau qui circule à leur contact, l'eau contient également des gaz dissous ayant une grande importance dans les phénomènes biologiques ainsi que chimique comme par exemple la corrosion (**REJSEK, 2002**).

I.1.2.2. Les matières organiques

Ce sont, par définition, des composés du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. Ces matières proviennent soit de l'érosion du sol de la décomposition de matière animale ou végétale qui se trouve dans l'eau. Elle se décompose du fait de leur instabilité chimique et par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simples (**REJSEK, 2002**).

I.1.2.3. Les matières dissoutes

Ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées. Elles obéissent à des équilibres de dissolution qui sont fonction de la température et de la pression. Ce dernier facteur étant très important pour les gaz. Du fait de leur état dissous, ces molécules sont difficiles à éliminer de l'eau à traiter par les procédés physiques classiques, décantation et filtration. Si leur élimination est nécessaire, par exemple pour les nitrates, il faudrait utiliser des méthodes chimique ou biologique (**REJSEK, 2002**).

I.1.2.4. Les matières colloïdales

L'état colloïdal est un état intermédiaire entre l'état dissout et la suspension. Les matières colloïdales sont constituées d'éléments de petites tailles chargés négativement. Ce qui explique qu'ils se repoussent et se répartissent de façon dispersée et désordonnée dans la masse liquide. Aussi leur élimination de l'eau à traiter est difficile car elles ne décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par les filtres. On devra utiliser des réactifs chimiques qui neutralisent les charges négatives superficielles et permettent leur agrégation. Cette étape est appelée coagulation-floculation : elle est suivie par une décantation pour éliminer les colloïdes agrégés, nommés floes, qui peuvent alors décanter (**REJSEK, 2002**).

I.1.2.5. Les matières en suspension (MES)

Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10 μ m, dispersées dans l'eau, sans être chimiquement liées avec elle. De ce fait, leur élimination est assez simple car, si on laisse reposer l'eau, elles décantent de manière spontanée et peuvent être retirées de l'eau par des procédés physiques simple (décantation, filtration) **(REJSEK, 2002)**.

I.1.3. Les eaux de surface

Elles Englobent toutes les eaux continentales. Elles comportent les eaux circulant appelées milieux lotiques tels que : les rivières, les fleuves, les eaux de ruissèlement; les eaux stagnées appelées milieux lentiques qui englobent les marrés, les étangs, les lacs.

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants **(DEGREMENT, 1989)**.

I.1.3.1. Origines

Ces eaux ont pour origine soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseau, des rivières, soit les eaux de ruissellement. Ces eaux se rassemblent en cours d'eau, caractérisées par une surface de contact eau-atmosphère toujours en mouvement et une vitesse de circulation appréciable.

On peut répartir les eaux de surface en deux catégories : eaux de rivières de la partie amont, eaux de rivières partie aval.

❖ Eaux de rivière de la partie amont

L'amont d'une rivière est en général situé dans une région montagneuse, ou la densité de population est faible et les industries pratiquement inexistantes.

Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous ;

- a) Turbidité élevée. Le régime des rivières étant torrentiel, les eaux transportent de grandes quantités de matières en suspension.
- b) Contamination bactérienne faible. La pollution causée par l'homme ou l'industrialisation y'est pratiquement inexistante.
- c) Température froide. Ces eaux proviennent soit de sources soit de la fonte des neiges et des glaciers.

d) Indice de la couleur faible. Ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales sources de couleur **(DESJARDINS, 1990)**.

❖ **Eau de rivière de la partie aval**

L'aval d'une rivière est en général situé dans une région où la population est dense, l'agriculture développée et les industries plus ou moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficiles à traiter qu'en amont.

Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

a) Contamination bactérienne élevée. Cette contamination est surtout imputable au déversement des égouts domestiques et agricoles.

b) Contamination organique et inorganique élevée. Les eaux usées domestiques, agricoles et industrielles contiennent des grandes quantités de matières organiques et inorganiques.

c) Indice de couleur pouvant être élevé. Dans beaucoup de cas, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales, qui les colorent **(DESJARDINS, 1990)**.

I.1.3.2. Le régime d'écoulement d'une rivière

A la différence de celle des lacs, l'eau des ruisseaux des rivières et des fleuves est en continu d'écoulement. L'opposition n'est pas absolue, puisque les bords de certains lacs sont plus agités que les parties calmes ou nouvelles des rivières de plaine. L'écoulement caractérise cependant les milieux lénitiques ou stagnants **(DECAMPS, 1971)**.

Deux aspects de l'écoulement seront considérés :

❖ **Le débit**

Les principaux modes d'alimentation des cours d'eau sont la pluie, la neige, les glaciers et l'eau de sous-sol, leur importance relative détermine les débits, le relief et le climat du bassin versant jouent donc un rôle essentiel, mais aussi la perméabilité de sol et la couverture végétale **(DECAMPS, 1971)**.

❖ **La vitesse du courant**

Elle dépend du débit mais aussi de la rugosité du fond, de la largeur et de la profondeur du lit suivant une échelle couramment utilisée à la suite de Berig, on distingue des vitesses :

- ❖ Très lentes : Inférieurs a 10 cm /s ;
- ❖ Lentes : de 10 a 25 cm /s ;
- ❖ Moyennes : de 25 a 50 cm /s ;
- ❖ Rapide : de 50 a 100 cm/s ;
- ❖ Très rapides : supérieures a 100 cm /s. L'hétérogénéité et le trait dominant du courant, les vitesses sont inégalement réparties dans les cours d'eau, la turbulence cause des variations constantes des vitesses en directions et en intensité des phénomènes particuliers apparaissent ou voisinage immédiat du fond (**DECAMPS, 1971**).

I.1.3.3. Rôles et intérêts des cours d'eau

Les cours d'eau assurent à l'homme différents usages :

- ❖ L'alimentation en eau de collectivités, des industries ;
- ❖ La navigation et le transport de matériaux flottants (voies navigables et flottables) ;
- ❖ L'irrigation des cultures et l'abreuvement du bétail ;
- ❖ La production d'énergie (moulins, hydroélectricité) ;
- ❖ La pêche et la pisciculture ;
- ❖ La baignade, les activités nautiques.

Ils ont historiquement été à l'origine des principales implantations humaines et restent encore des zones d'activités très fortes (**GAUJOUS, 1995**).

Leur rôle vis-à-vis des autres milieux naturels est :

- ❖ Le drainage et l'évacuation des eaux pluviales ;
- ❖ L'alimentation des nappes souterraines, notamment alluviales ;
- ❖ L'apport d'eau et d'alluvions dans les lacs et les mers (**GAUJOUS, 1995**).

I.2. Pollution des cours d'eau

I.2. Pollution des cours d'eaux

I.2.1. Définition de la pollution

La pollution des eaux, définie comme étant une dégradation physique, chimique ou biologique provoquée par l'activité humaine, perturbe les conditions de vie et les équilibres aquatiques compromettant ainsi leurs utilisations multiples. Cependant, la qualité des eaux de surface est influencée aussi bien par des processus naturels (érosion des sols, précipitation, évaporation) que par l'activité humaine (agriculture, eaux usées urbaines et industrielles) (SADAT *et al.*, 2011).

I.2.2. Origine de la pollution

I.2.2.1. Pollution naturelle

Certaines substances naturellement présentes dans l'environnement entraînent parfois des problèmes de contamination de l'eau potable. Des composés inorganiques comme le baryum, l'arsenic, les fluorures, le sodium, les chlorures, le mercure, le cadmium et les cyanures peuvent contaminer l'eau potable. L'eau souterraine est particulièrement vulnérable lorsqu'il y a présence de métaux dans les formations géologiques environnantes.

I.2.2.1.1. Les principaux polluants des eaux naturelles

1) Polluants physiques

La pollution physique représente les éléments solides entraînés par l'eau. Ils se subdivisent en plusieurs catégories selon leur nature et leur dimension.

❖ Les éléments grossiers

Leur dimension est suffisamment grande pour être retenue par de simples grilles. Dans les eaux de surface, ces éléments sont en général : les brindilles, les feuilles, les arbres...etc.

❖ Les sables

Les sables sont des particules minérales d'une certaine dimension. Ils sont généralement à base de silice ou de composition minérale équivalente. Leur masse spécifique est de 2.5 à 2.6g/cm³, ce qui permet leur élimination par simple décantation.

❖ Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension rencontrées dans les eaux (essentiellement superficielles) sont très divers tant par leur nature que leur dimension. Elles sont constituées de quartz,

d'argiles, de sels minéraux insolubles, de particules organiques composées de micro-organismes, et de produits de dégradation animaux ou végétaux.

✓ Selon leur dimension

Les états dispersés que l'on peut diviser en suspension et état colloïdal, se distinguent de l'état dissout, notamment par les dimensions particulières.

✓ Selon leur nature

La nature des matières solides en suspension peut être soit minérale soit organique. Les polluants minéraux constituent une gêne physique pour l'environnement mais n'évoluent pas dans le temps.

Les rejets minéraux colmatent les sols sur lesquels ils sont évacués aboutissant ainsi à l'asphyxie de ce sol. Ils contribuent à une pollution par leurs volumes (dépôts) ainsi que les polluants organiques. Ils ont besoin d'oxygène. Sinon ils dégageront des odeurs par putréfaction. Dans ce cas, les métabolismes continuent à proliférer occasionnant des rejets qui gênent l'environnement. Ces éléments doivent être traités avant leur évacuation.

2) Polluants chimiques

La pollution chimique d'une eau est autrement plus complexe et peut provenir de plusieurs sources.

On distingue selon la nature de la pollution chimique :

- ❖ Les éléments chimiques minéraux.
- ❖ Les éléments chimiques organiques.

❖ Les éléments chimiques minéraux

L'eau étant un très bon solvant permettant la mise en solution de nombreux composés avec lesquels elle sera en contact. La dissolution des sels, la corrosion des métaux et dissolution des acides et des bases sont des phénomènes qui donnent lieu à des eaux de rejets caractérisées par certaines formes de pollution.

❖ Les matières organiques

La matière organique est principalement issue de la décomposition des végétaux, des animaux et des microorganismes. Il est donc difficile d'en donner une description précise ou une composition moyenne. Elle participe à beaucoup de paramètres de qualité de l'eau : couleur, sous produits de désinfection, odeurs, saveurs...etc.

3) Polluants microbiologiques :

L'eau peut contenir des micro-organismes pathogènes (des virus, des bactéries, des parasites). Ils sont dangereux pour la santé humaine, et limitent donc les usages que l'on peut faire de l'eau.

I.2.2.2. Pollution anthropique

C'est une pollution qui est liée à des activités humaines, parmi: les pollutions de ce type on a :

I.2.2.2.1. La pollution domestique

Dans le cas d'un assainissement, collectif ou individuel défectueux, des substances Indésirables contenues dans les eaux vannes et les eaux ménagères peuvent être transférées à la nappe (matières organiques, détergents, solvants, antibiotiques, micro-organisme...). Comme c'est le cas des puits perdus, ou l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol est mal conçu ou mal dimensionné (**GAUJOURD, 1995**).

Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique caractérise par (**GAUJOURD, 1995**) :

- Des germes fécaux ;
- Des fortes teneurs en matières organiques ;
- Des sels minéraux (azote, phosphore) ;
- Des détergents.

I.2.2.2.2. La pollution industrielle

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité des produits de l'activité humaine.

- Matières organiques et graisses (industrie agroalimentaire) ;
- Métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries) ;

- Eau chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

I.2.2.2.3. La pollution agricole

Proviens des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant des engrais et des purins et lisiers (élevage).
- La présence des produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides...)

I.2.3. Les principaux rejets polluants

I.2.3.1. Définition d'une eau usée

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestique, agricole et industrielle chargées en substance toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante. Elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (**METAHRI, 2012**).

I.2.3.2. Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées (**METAHRI, 2012**)

- Les eaux usées domestiques
- Les eaux usées industrielles
- Les eaux usées agricoles
- Les eaux usées pluviales

❖ Les eaux usées domestiques

Elles proviennent de différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses appelées eaux grises et de toilette chargées de matière organique azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires (**METAHRI, 2012**).

❖ Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques, leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées en différentes substances chimiques organiques et métalliques. Selon leur origine industrielle, elles peuvent également contenir (METAHRI, 2012) :

- Des graisses (industries agroalimentaires, équarrissages) ;
- Des hydrocarbures (raffineries)
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie)
- Des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimique divers, tanneries)
- De l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques, traitement des déchets radioactifs).

❖ Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargées d'engrais, nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité tels qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à l'enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau.

❖ Les eaux pluviales

Les eaux de pluies ruissellent dans les rues ou sont accumulées polluants atmosphériques, poussières, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules.

Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique (METAHRI, 2012).

I.2.4. Les conséquences de la pollution des cours d'eau

Les conséquences d'une pollution peuvent être classées en trois catégories principales.

I.2.4.1. Les conséquences sanitaires

Même une eau de montagne ou d'une région à l'abri des diverses pollutions causées par l'homme, véhicule un grand nombre de micro-organismes dont certains peuvent être vecteurs de maladies.

La contamination provient d'excréments d'oiseaux, d'animaux ou d'insectes, cette pollution microbienne s'est accrue suite au rejet des eaux usées par une population urbaine concentrée. La conséquence sanitaire d'une pollution est variable dans le temps en fonction de l'usage de l'eau. Par exemple ; la pollution d'une nappe non exploitée n'a aucune conséquence sanitaire immédiate, mais peut en avoir longtemps après si on utilise cette eau pour l'alimentation en eau potable (A.E.P) (GOUJONS, 1995).

I.2.4.2. Les conséquences agricoles

L'eau est dans certaines régions, largement utilisées, pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sous forme brute (non traitée). La texture du sol (complexe argilo humique), sa flore bactérienne, les cultures et le bétail, sont sensibles à la qualité de l'eau.

De même, les boues issues du traitement des eaux usées pourront, si elles contiennent des toxiques (métaux lourds) être à l'origine de la pollution des sols (GAUJOUS, 1995).

I.2.4.3. Les conséquences industrielles

L'industrie est un gros consommateur d'eau : il faut par exemple 1m³ d'eau pour produire 1kg d'aluminium. La qualité requise pour les utilisations industrielles est souvent très élevée, tant sur le plan chimique (minéralisation, corrosion, entartrage), que biologique (problèmes de biofouling, c'est-à-dire d'encrassement des canalisations par des organismes (GAUJOUS, 1995).

I.2.4.4. Les conséquences écologiques

Elles sont traitées à la dégradation du milieu biologique. Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état du milieu pollué par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution. Ceci n'a rien d'évident la pollution se traduisant parfois uniquement par l'accentuation d'un phénomène naturel. D'une manière générale, les

conséquences écologiques sont à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu (pêche aquaculture, tourisme, promenade... (GAUJONS, 1995).

I.2.4.5. Les conséquences esthétiques

Cette troisième catégorie de conséquences, pour être la plus subjective, n'en est pas moins importante (GAUJONS, 1995). Il s'agit de pollution n'ayant pas de conséquences sanitaires ou écologiques importantes, mais perturbant l'image d'un milieu (des bouteilles plastiques rejetées sur une plage).

I.2.5. Importance de la pollution

Qu'elle ait des conséquences sanitaires, écologiques, esthétiques ou industrielles, une pollution est importante parce qu'elle a des répercussions économiques et sociales telles que (GAUJONS, 1995) :

- ❖ Le coût de traitement de potabilisation ou de recherche d'une ressource lointaine.
- ❖ Le manque à gagner d'une exploitation piscicole ou d'un lieu de loisirs.
- ❖ La dépréciation d'un site par suite de la diminution de la qualité de la vie.

I.2.6. Paramètre d'évaluation de la pollution

I.2.6.1. Paramètres organoleptiques

Ces différents paramètres doivent être appréciés au moment des prélèvements et essentiellement par les sens (la vue, le goût et l'odorat). Leur détermination est subjective car elle fait appel aux sens qui sont différents d'un individu à un autre.

❖ Couleur

Les eaux naturelles sont toujours plus ou moins colorées, cette coloration varie du jaune paille à peine perceptible au brun rougeâtre, selon la nature et la concentration des matières colorantes qui sont les plus souvent d'origine naturelle. Elles proviennent de la dégradation des végétaux et d'animaux morts, des matières en solution telles que l'acide humique et des métaux (le fer, le manganèse...) (MEBARKI et SMAHI, 2006).

❖ Goût et odeur

L'odeur est une sensation perçue par l'organe olfactif, l'odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général de quantité si minime qu'elles ne peuvent être mises en évidence par les méthodes d'analyse ordinaires. Le sens olfactif peut seul, dans une certaine mesure, les déceler (**RODIER, 1984**).

Le goût peut être défini comme des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique communes perçues lorsque l'aliment ou la boisson est dans la bouche. Selon les physiologistes, il n'existe que quatre saveurs fondamentales : salée, sucrée, aigre et amère. Il est lié à la minéralité de l'eau. Les eaux potables équilibrées et de bonne qualité doivent jouir d'une saveur agréable (**GAMRASNI, 1986**).

I.2.6.2. Paramètres physico-chimiques

En relation avec la structure naturelle des eaux : au contact du sol, les eaux se chargent de certains éléments minéraux (chlorures, sulfates, magnésium, sodium, potassium, ...etc.), les limites de concentrations fixées pour la plupart de ces paramètres, correspondent à des considérations de l'ordre du goût et de l'agrément plutôt qu'à des préoccupations sanitaires. La température, la conductivité, le pH (l'acidité), sont également pris en compte (**LAGARDETTE, 2004**).

❖ Température

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physico-chimiques et biologiques, par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques. A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, le pH, la conductivité, sont dépendants de la température, de même que les processus de biodégradation carbonée, de nitrification ou plus généralement de production biologique (**THOMAS, 1998**).

Elle influence beaucoup de phénomènes physico-chimiques tels que le pouvoir auto-épuratoire d'une eau polluée, et la solubilité des gaz. 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 profonde, la mesure de la température est effectuée sur le terrain par un thermomètre à mercure.

❖ **Le pH**

Le pH correspond, pour une solution diluée, à la concentration d'ions d'hydrogène. Il mesure l'acidité ou la basicité d'une eau. Le pH d'une eau naturelle dépend de l'origine de celle-ci et de la nature des terrains traversés. Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois dans **(RODIER, 1996)** :

- Les propriétés physico-chimiques (acidité, agressivité) ;
- Les processus biologiques dont certains exigent des limites très étroites des pH.

Habituellement, il varie entre 7,2 et 7,6. Cependant, dans certains cas, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons.

❖ **Conductivité électrique**

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau **(RODIER, 1984)**.

La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{s}/\text{cm}$. 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. La conductivité électrique s'exprime en micro siemens/cm.

Tableau I : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique **(RODIER, 1984)**.

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

❖ L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'environnement aqueux puisqu'il est le réactif limitant de la principale voie de biodégradation de la pollution organique.

L'oxygène permet de maintenir plusieurs qualités de l'eau notamment son goût et son degré d'asepsie (**DEGREMENT, 1978**). Le taux d'oxygène dissous dans une eau détermine directement la nature de l'écosystème aquatique. Il est l'un des paramètres les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau (**BONTOUX, 1983**).

L'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (max 9 mg/l à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau. Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Paramètre important de l'écologie des milieux aquatiques, il est essentiel pour la respiration des organismes (**RODIER, 1996**).

❖ La turbidité

La turbidité est le caractère trouble de l'eau. Elle est causée par les matières en suspension, telles que l'argile, le limon, les particules organiques, le plancton et les autres organismes microscopiques. Elle est également due à la présence des matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques (**VILAGINES, 2003**).

❖ Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (**RODIER, 1996**).

Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (**HEBERT & LEGARE, 2000**). La teneur en matières en suspension des eaux est fonction de la nature du terrain traversé.

I.2.7. Substances toxiques et indésirables

I.2.7.1. Les anions

❖ Chlorures (Cl⁻)

Les ions chlorures, dont la plus grande partie se trouve dans les océans constituent environ 0.05 % de la lithosphère (partie solide de la sphère terrestre). De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux, à des concentrations variables. Dans les eaux de surface, il est présent en faible concentration dans les eaux souterraines, la teneur en ion chlorure peut atteindre quelques grammes par litre au contact de certaines formations géologiques (**LAPEGUE & RIBSTEIN, 2006**).

Les teneurs en chlorures (Cl⁻) des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature de terrains traversés. Ainsi, les eaux courantes non polluées ont souvent une teneur en chlorures inférieure à 250 mg/l (**ANONYME₂, 2008**).

Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées domestiques (le sel régénérant utilisé dans les lave-vaisselle) ou par certaines industries (**BOUTOUX, 1993**).

❖ Phosphates (PO₄³⁻)

Le phosphore proviendrait de la dissolution des roches. Les sols retiennent le phosphore, une partie est entraînée dans l'eau. Son origine provient des excréments de l'agriculture, des effluents urbains (détergents, engrais, industrie chimique). Il provient aussi des activités bactériennes (**ARRIGNON, 1976**).

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol. Leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Il n'y a pas de norme limitant la teneur des phosphates dans l'eau (**RODIER, 1984**).

❖ Nitrites (NO₂⁻)

Le nitrite est un des produits de base de la décomposition des matières organiques, il agit comme une étape intermédiaire dans la conversion de l'ammoniac en nitrate, cette réaction se produit dans les sols, boue et l'eau. Le nitrite évolue rapidement au nitrate si l'oxygène est présent (**PARKER, 2002**).

Une eau renfermant une quantité élevée de nitrite supérieure à 1mg/l est considérée comme chimiquement impure «indice de pollution» (**BAZIZ, 2008**).

L'origine des nitrites peut être industrielle (traitement de surface, dosage chimique colorant...). Elles disparaissent vite ou milieu naturel (**GAUJOUS, 1995**).

❖ Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Les nitrates constituent la composante principale de l'azote inorganique (N inorganique) ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote total (NT) avec une autre composante, l'azote organique (N organique).

L'ion nitrate est un composé important entrant dans le cycle de l'azote comme un support principal de la croissance du phytoplancton (**RODIER, 2009**).

• Origine

La minéralisation de la matière organique, engrais azotés, résidus animaux, fumier, purin, eaux usées domestiques et stations d'épuration (**GAUJOUS, 1995**).

I.2.8. Classification des cours d'eau

I.2.8.1. Grille multi-usages :

La grille du tableau suivant (Tab. II) fixe cinq classes de qualité selon les usages que doivent satisfaire les rivières et chaque classe regroupe les valeurs de plusieurs paramètres (**BONTOUX, 1983**).

1A : Excellente qualité : tout usage possible.

1B : Bonne qualité : traitement de potabilisation simple pour l'AEP

2 : Qualité passable : loisir possible s'il ne nécessite que des contacts exceptionnelles avec l'eau (baignades interdites).

- Traitement de potabilisation poussée.
- Reproduction aléatoire des poissons.
- Usage industriel de l'eau possible.
- Abreuvement des animaux tolérables.

3 : Qualité médiocre :

- Survie aléatoire des poissons.
- Irrigation tolérable.
- Utilisation impossible en AEP, abreuvement, baignade, loisir, eaux industrielles sauf pour refroidissement.

Hors classe (HC) : Eaux dépassant la valeur maximale tolérable en classe 3 pour un ou plusieurs paramètres. Elles sont considérées comme inaptes à la plupart des usages et peuvent constituer une menace pour la santé publique et l'environnement.

I.2.8.2. Critères d'appréciation

Dans le tableau ci-dessous (Tab. II), sont donnés les critères permettant de situer les différentes classes. La classification est basée sur les paramètres physico-chimiques dont les valeurs maximales et minimales sont fixées pour chaque classe.

Tableau II: Critères d'appréciation selon les paramètres physico-chimiques (BONTOUX, 1983).

Classes	1A	1B	2	3	HC
Température (°C)	≤20	20 à 22	22 à 25	25 à 30	<30
pH	6.5 à 8.5	6.5 à 8.5	6 à 9	5.5 à 9.5	<5.5 ou >9.5
Conductivité (µs/cm)	≤400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 3000	>3000
Dureté totale en °F	≤15	15 à 30	30 à 50	50 à 100	>100
Nitrates (mg/l)	≤44	—	44	44 à 100	>100
Nitrites (mg/l)	≤0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	>8
Phosphates (mg/l)	≤0.001	≤0.001	≤0.001	≤0.001	—
Chlorures (mg/l)	≤100	100 à 200	200 à 400	400 à 1000	>1000
Oxygène dissous	>7	5 à 7	3 à 5	—	—

Partie expérimentale

II. Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

II.1. Description de la région d'étude

II.1.1. Situation géographique

L'oued Agrioun franchit la chaîne des Babors dans les gorges dites Chabet El Akhra, par un trajet sud-nord perdant en 10 Km près de 400 m d'altitude, pour enfin gagner le golfe de Bejaia au niveau de la commune de Souk El Tenine (MEBARKI et SMAHI, 2006).

II.1.2. Délimitation du bassin versant de l'Oued Agrioun

Pour délimiter le bassin versant de l'Oued Agrioun, nous avons choisi d'utiliser la méthode digitalisation (MapInfo). Ce logiciel nous a permis de superposer la carte de Ziama après l'avoir calée. Sur cette carte topographique, nous avons superposé une nouvelle couche de bassin sur laquelle nous avons tracé le cours d'eau principal puis ses affluents tout en faisant ressortir le réseau hydrographique. Une fois le réseau ressorti, nous avons tracé ces limites pour obtenir à la fin la limite du bassin versant (Fig.1).

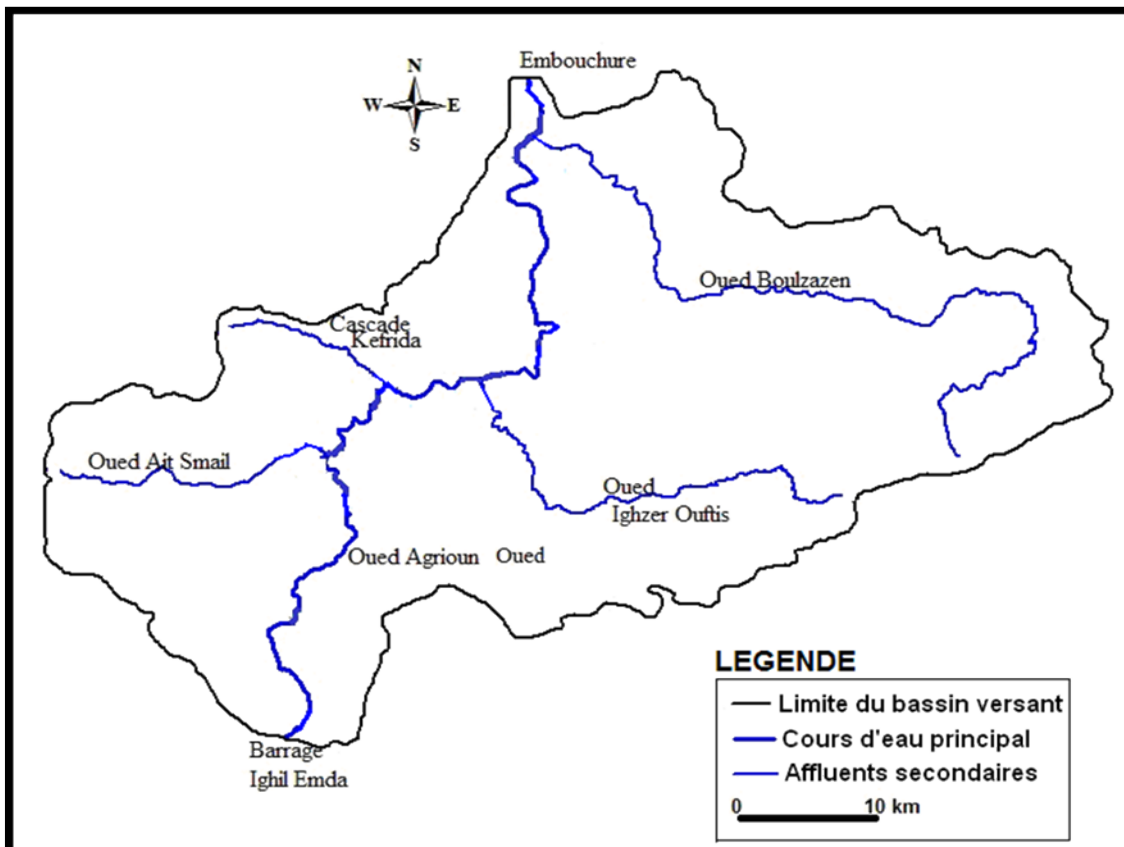


Figure N° 1 : Carte de délimitation du bassin versant de l'Oued Agrioun réalisée à l'aide de MapInfo.

II. Matériel et méthodes

II.1.3. Hydrologie

L'oued Agrioun est le principal cours d'eau périurbain de la région de Souk-El-Tenine. Il prend naissance du barrage d'Ighil Emda (Kherrata) et de plusieurs écoulements du bassin versant. Les principaux affluents sont : l'oued Beni Smail et l'oued Boulzazen. Il traverse des chaînes calcaires par les cluses nord-sud. Le sous bassin versant de l'oued Agrioun appartient à l'extrémité nord-ouest du grand bassin versant constantinois **(MADJI et MAOUCHE, 2008)**.

L'hydrogramme est généralement formé d'un apport de ruissellement (eau de pluies ruisselée captée par le système des cours d'eau), d'un apport hypodermique (eau infiltrée dans le sous sol qui circule à travers le sol pour atteindre le cours d'eau) et d'un apport de base formé par l'alimentation pérenne des nappes aquifères profondes. **(MADJI et MAOUCHE, 2008)**

Le réseau hydrique est important étant donné que la région est l'une des plus pluvieuses en Algérie. Il est considéré comme le plus important cours d'eau ayant un débit de 200 m³/s pendant la période hivernale. Cependant ce débit se réduit à moitié entre Juin et Septembre. Le taux d'écoulement moyen est de 40 %, mais il s'élève à 80% en cas de précipitation continue **(SAOU et KHELIFA, 1992)**.

II.1.4. Géologie

Du Cap d'Aokas à Souk-El-Tenine, l'intérieur longe le flanc nord du synclinal de l'Oued Marsa. Le crétacé supérieur y est schisteux avec quelques bancs marno-calcaires lenticulaires. Sur le flanc sud, il est transgressif sur les schistes albo-aptiens.

L'anticlinal du Djebel Imoulentaour qui limite au sud le synclinal de l'Oued Mersa montre son flanc nord renversé sur le crétacé. De la route on voit bien les marno-calcaires du jurassique supérieur et les calcaires finement lités du lias supérieurs-Dogger, surmontés par les calcaires massifs du lias moyen qui forment les crêtes. **(MADJI et MAOUCHE, 2008)**

De Souk-El-Tenine à Kherrata, l'itinéraire recoupe successivement :

- 1) Le trias de Souk-El-Tenine,
- 2) La terminaison de Djebel Imoulentaour,
- 3) Le synclinal de Beni Smail,
- 4) Le massif de Kherrata.

II. Matériel et méthodes

II.1.5. Lithologie du bassin

Le tableau III représente les formations pédologiques du bassin versant de l'Oued Agrioun.

Tableau III : Les différentes formations pédologiques du bassin versant de l'Oued Agrioun (ANONYME₁, 2007)

Formation	Surface (Km ²)	%
Marnes seules	124.55	19.3
Marnes+terres arables+alluvions	243.85	38.1
Argiles seules	12.1	1.77
Terres arables+alluvions	24.40	3.68
Eboulis	14.07	2.18
Grés	15	2.32
Calcaires	211.02	32.71

Les faciès peuvent être classés en deux catégories :

- ✓ Faciès résistant : roches massives ou fissurée 30%
- ✓ Faciès plastique : roches friables et déformable 70%

II.1.6. Hydrogéologie

Les nappes d'eau souterraine de la plaine côtière de Béjaïa se trouvent pratiquement et exclusivement dans les formations alluvionnaires de la plaine. Ces nappes sont ainsi au nombre de trois se rapportant aux trois unités suivantes:

- La plaine de Tichy, limitée à l'Ouest par la vallée de la Soummam, à l'Est par le Cap Tichy.
- La plaine de l'embouchure de l'Oued Djemaa située entre le Cap Tichy et le Cap Aokas.
- La plaine de Souk EL Tenine située entre le Cap Aokas et la plaine de l'Oued Agrioun incluse.

Ces plaines sont limitées au Sud par des terrains à très faible perméabilité et au nord par la mer en formant un biseau salé (ANONYME₁, 2007).

II.1.7. Climatologie

Le climat est un ensemble de conditions naturelles en un lieu donné. Parmi les facteurs climatiques qu'on peut distinguer, on trouve les facteurs énergétiques (lumière

II. Matériel et méthodes

et température), les facteurs hydrologiques (précipitations et hygrométrie) et les facteurs mécaniques (vent) (RAMADE, 1984).

Vue l'absence d'une station météorologique sur le site, nous avons opté pour la correction des données climatiques de la station météorologique de Béjaia (1.76m) en utilisant la méthode de SELTZER, 1946 (le climat de l'Algérie).

II.7.1.1. Les précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres et aquatiques, mais aussi pour la répartition des êtres vivants (RAMADE, 1984).

Elle est sous l'influence de facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur les versants exposés aux vents humides ; elle augmente de l'Ouest à l'Est ; elle diminue à mesure qu'on s'éloigne du littoral (SELTZER, 1946).

➤ Correction de la pluviométrie :

D'après SELTZER(1946) ; une élévation de 100 mm d'altitude va engendrer un gradient pluviométrique de l'ordre de 40mm.

L'altitude maximale du bassin versant de l'Oued Agrioun se trouve au niveau du barrage Ighil Emda qui correspond à 462m et l'altitude minimale est de 3m au niveau de Souk el Tenine. Ce qui signifie que l'altitude moyenne de notre zone d'étude est d'environ 230m. .

- ✓ Les précipitations annuelles de Bejaia ($P_{an}=793\text{mm}$)
- ✓ Les précipitations annuelles corrigées du site de l'Oued Agrioun : ($P'=793+92=885\text{mm}$)

Donc, le rapport $K=P_{an}/P'_{an}$ est égale à 0.9 ($K=0.9$)

Les précipitations mensuelles du site de l'Oued Agrioun sont le résultat de multiplication des données brutes de la station de Béjaia par le coefficient $K=0.9$ (Tab. IV).

Remarque :

Les données climatiques des précipitations et des températures, pour les années 2011 et 2012 sont obtenues sur des fichiers journaliers. La correction a été faite sur les données mensuelles, après calcul.

II. Matériel et méthodes

Tableau IV : La répartition des précipitations moyennes mensuelles en (mm) de la période (1978-2012) pour la station de Béjaïa et notre zone d'étude

Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	P (mm)
Béjaïa	110	88.9	79.5	71.3	42	15.1	5.3	9.6	58.1	75.4	103.2	143.6	793
Oued Agrioun	99	80	71.6	64.2	37.8	13.6	4.8	8.6	52.3	67.9	92.9	129.2	713.7

- ✓ D'après le tableau, la pluviométrie minimale est enregistrée durant le mois de juillet, avec une valeur de 4.8mm.
- ✓ La pluviométrie maximale est enregistrée durant le mois de décembre, avec une valeur de 129.2mm.

II.1.7.2. Température

La température est un facteur écologique important. Elle intervient, d'une part, dans l'établissement du bilan hydrologique et d'autre part, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des espèces animales et végétales (**RAMADE, 1984**).

Dans les eaux courantes, les variations de température suivent celles de l'air mais elles sont de plus faible amplitude. Les sources ont des eaux dont la température ne varie que très peu (**DAJOZ, 2003**).

Les cours d'eaux aux rives dégagées dont les eaux sont exposées au rayonnement solaire ont des eaux plus chaudes que les cours d'eaux dont les rives sont ombragées par des arbres ou par des falaises. Ceci est écologiquement important car la température de l'eau intervient dans la composition de la faune aquatique (**DAJOZ, 2003**).

➤ Correction pour les températures

D'après **SELTZER (1946)**, l'abaissement des températures maximales est de 0,7°C pour une élévation de 100 m d'altitude et celle des minimales est de l'ordre de 0,4°C pour la même élévation d'altitude ce qui correspond à un abaissement de 0,55°C par 100m d'altitude pour les températures moyennes mensuelles (Tab.V).

II. Matériel et méthodes

Tableau V: Températures moyennes mensuelles pour la région de Béjaia (1978-2012)
(ONM, 2012)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
M	16.5	16.9	18.6	20.3	22.9	26.4	29.5	30.2	28.1	25.3	20.8	17.5
m	7.7	7.8	9	12	14.4	18	20.9	21.7	19	16.4	12.2	9
M+m/2	12.1	12.3	13.8	16.1	18.6	22.2	25.2	25.9	23.5	20.8	16.5	13.2

M : température maximale.

m: température minimale.

M+m /2 : température moyenne.

Les moyennes des températures mensuelles corrigées sont inscrites dans le tableau ci-après.

Tableau VI : Températures moyennes mensuelles corrigées de la région d'étude pour la période (1978-2012) (ONM, 2012)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
M	13.7	14.1	15.8	17.5	20.1	23.6	26.7	27.4	25.3	22.5	18	14.7
m	5.8	6	7.4	9.4	12.3	16.1	18.8	19.6	17.4	14.2	10.1	7.1
M+m/2	10	10.1	11.6	13.5	16.2	19.9	23	23.5	21.4	18.4	14.1	10.9

- ✓ A partir de ce tableau, on constate que le mois d'Aout est le plus chaud avec une température maximale d'ordre de 27.4°C.
- ✓ La Température minimale s'enregistre au mois de Janvier avec une valeur de 5.8°C, c'est le mois le plus froid.

- **Remarque :**

Les données climatiques des précipitations et des températures, pour les années 2011 et 2012 sont obtenues sur des fichiers journaliers. La correction a été faite sur les données mensuelles, après calcul.

II. Matériel et méthodes

II.1.7.3. Synthèse des données climatiques

✓ Diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

En 1954, Bagnouls et Gausсен ont établi un diagramme qui permet de dégager la période sèche en s'appuyant sur la comparaison de températures moyennes et de précipitations annuelles moyennes, ou sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec une échelle des précipitations équivalente aux doubles de celles des températures ($P= 2T$)

Il y a sécheresse lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous (**DAJOZ, 1985**). Le diagramme établi avec les données de la période (1978-2012) dans la région de Bejaia, montre l'existence d'une période humide, s'étalant de fin Septembre à fin Mai, et une période sèche durant les quatre mois (Mai à Septembre).

II. Matériel et méthodes

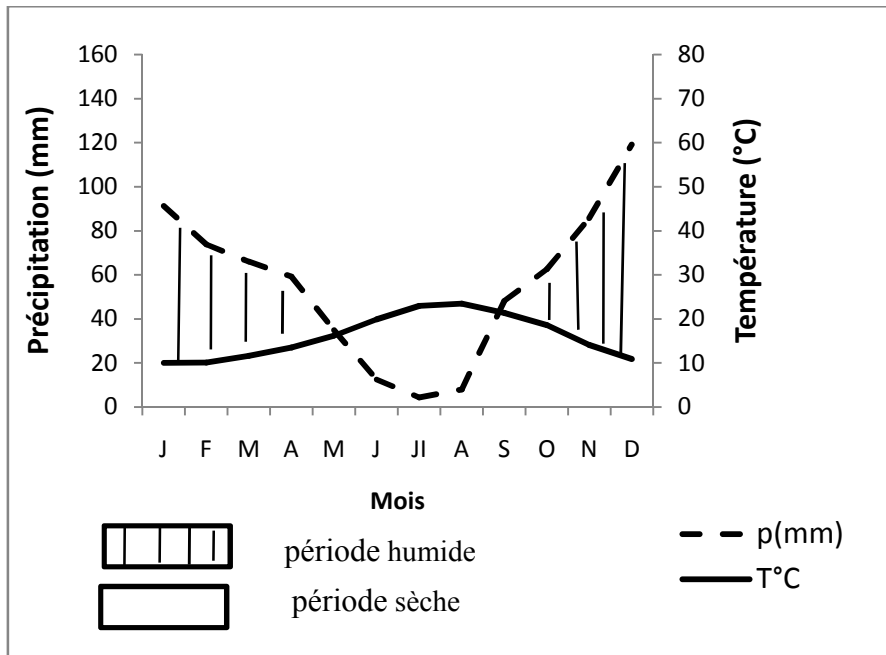


Figure N° 2: Diagramme ombrothermique pour la région de Bejaia période (1978-2012).

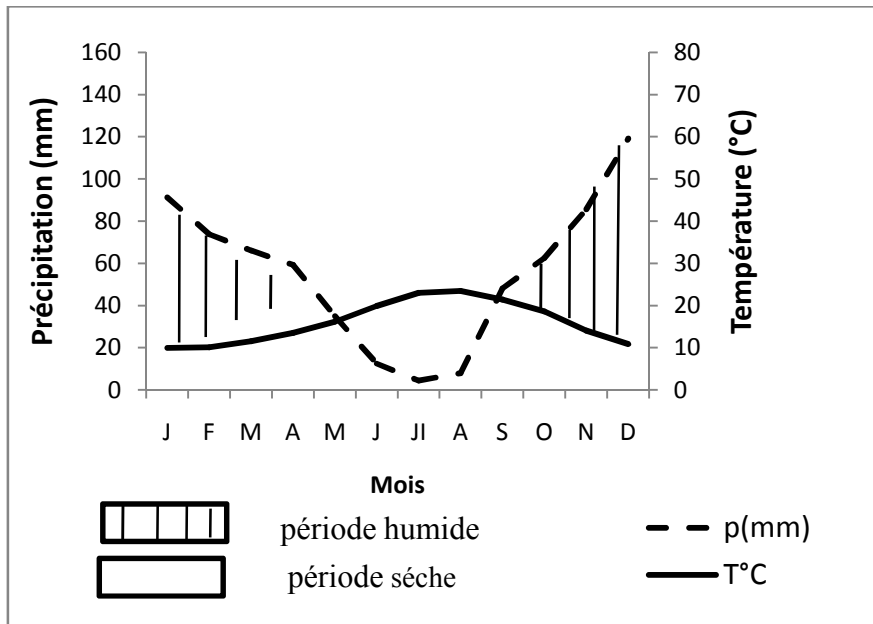


Figure N° 3 : Diagramme ombrothermique pour le site Oued Agrioun (1987-2012).

II. Matériel et méthodes

✓ Quotient pluviothermique d'Emberger

Le système d'Emberger permet la classification des différents climats méditerranéens, grâce au calcul d'un quotient qui est donné par la formule suivant :

$$Q_2 = \frac{P}{M - m}$$

P : Somme des précipitations annuelles exprimées en mm.

M : Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (°C).

m : Moyenne des températures minimales du mois le plus froid (°C).

Tableau VII : Calcul de Q_2 de la région de Bejaia.

P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂
793	30.2	7.7	120.9

$$Q_2 = \frac{793}{30.2 - 7.7} = 120.9$$

Tableau VIII : Calcul de Q_2 de site d'étude.

P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q ₂
713.7	27.4	5.8	104.5

$$Q_2 = \frac{713.7}{27.4 - 5.8} = 113.3$$

Les valeurs du quotient, combinées à celles de température minimales (m) sur le climagramme d'Emberger, permettent de déterminer l'étage et les variations climatiques. D'une manière générale, un climat méditerranéen est d'autant plus humide que le quotient Q_2 calculé est égal à 113,3 pour une période de 34 ans (1978-2012), ce qui permet de situer la zone d'étude dans l'étage bioclimatique sub-humide à hiver chaud (**Fig.4**).

II. Matériel et méthodes

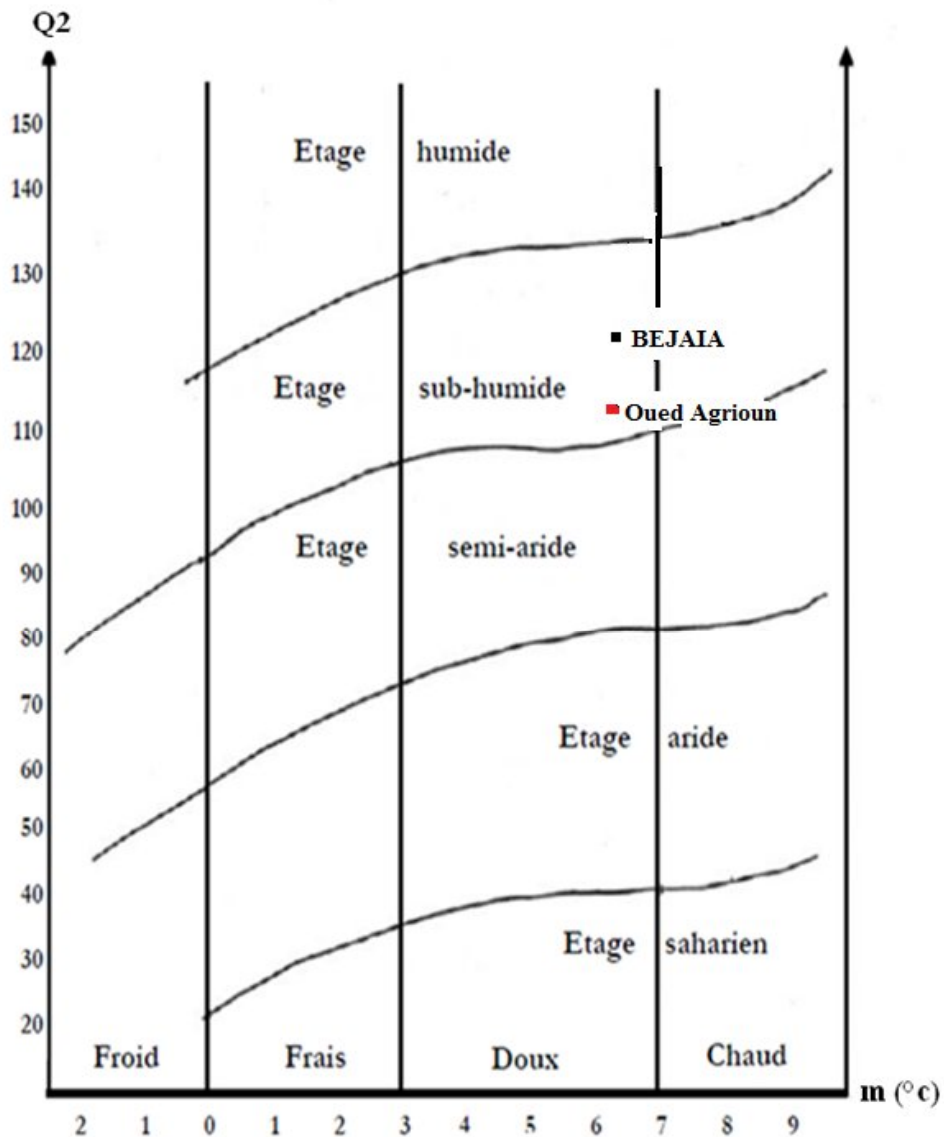


Figure N°04 : Situation bioclimatique de la région de BEJAIA et du site d'étude sur le Climagramme d'Emberger modifié par Stewart, 1969.

II.1.8. Faune et flore

❖ La flore

La végétation forestière

La flore forestière comporte un certain nombre d'essences de premier ordre. Les feuillées sont plus nombreuses que les résineux.

II. Matériel et méthodes

Selon l'ordre proposé par Maire 1962, on peut trouver trois types de formations forestières :

- Formation forestière d'arbres résineux (Gymnospermes) :
 - Le pin d'Alep (*Pinus halpensis*)
- Formation forestière d'Angiospermes à feuilles persistantes :
 - Chêne liège (*Quercus suberis*)
 - Olivier sauvage et lentisque (*Oleo lentiscus*)
- Formation forestière d'Angiospermes à feuilles Caduques :
 - L'ormaise-frêne (*Ulmofraxinetum*)
 - La peupleraie (*Populetumalbae*) ou (peuplier blanc).

❖ Faune

La région est d'une richesse faunistique importante, on trouve des mammifères comme les singes magot, porc épic qui existe dans toute la région de Béjaia ainsi que la perdrix, les lapins, les sangliers et certains oiseaux comme les cigognes et beaucoup d'autres types qui construisent leurs nids dans les arbres et les toits des maisons.

II.2. Caractéristiques socio-économiques

II.2.1. Population

Le total de la population pour les huit (8) communes appartenant à la limite du bassin versant est égal à 142025 habitants réparti sur une superficie de 488.72 km². Elle représente une densité d'environ 290 habitants/km². cette répartition est représentée dans le tab. VII (D.P.A.T 2008/2009).

Tableau IX: Répartition de la population du bassin versant de l'Oued Agrioun par commune (D.P.A.T 2008/2009).

Communes	Populations 31/12/2009	Superficies (km ²)	Densité Habitants /km ²
KHERRATA	35 530	97,69	364
DRAA EL GAID	29 595	123 ,34	240
DARGUINA	14 325	82,53	174
AIT- SMAIL	11935	27,08	441
TASKRIOUT	16 350	31,06	526
SOUK EL-TENINE	14 225	26,28	541
MELBOU	11 450	47,47	243
TAMRIDJT	8 525	53,27	160

II. Matériel et méthodes

II.2.2. Agriculture

La superficie agricole utile (S.A.U) est de 16415 ha pour les communes du bassin versant et elle se répartie selon le tab. X (D.P.A.T 2008/2009)

Tableau X : Occupation des sols (HA) par communes (D.P.A.T 2008/2009)

Communes	Céréales	Légumes	Fourrages	Agrumes	Cultures maraîchères	vigne de table	oliviers	figuiers	cultures industrielles
KHERRAA	500	50	237	0	123	7	512	65	4
DRAA EL GAID	1970	145	1431	0	292	28	746	98	45
DARGUINA	0	10	102	11	67	0	308	110	8
AIT SMAIL	80	10	273	1	60	2	314	100	23
TASKRIOT	50	10	37	11	93	2	104	40	20
SOUK EL-TENINE	200	0	305	55	61	1	316	33	0
MELOU	3	5	103	24	94	3	253	10	0
TAMRIDJET	0	1	2	12	68	0	150	70	0

II. Matériel et méthodes

II.3. Prélèvement et Echantillonnage

II.3.1. Choix des stations de prélèvement

Dans le cadre de notre travail, les stations de prélèvements ont été choisies là, où les variations sensibles sont probables. Ces stations sont données dans le Tab. XI

Tableau XI : Choix des stations de prélèvement

Stations	Nom des stations	Campagne 11/05/2013
S1	Barrage de ChaabetLakhra.	08h00
S2	Amont de la source bleue.	08h25
S3	La source bleue.	08h37
S4	Aval de la source bleue.	08h45
S5	Amont de l'Oued Ait Smail.	08h54
S6	Oued Ait Smail.	09h00
S7	Aval de l'Oued Ait Smail.	09h15
S8	Amont de la cascade Kefrida	09h49
S9	Cascade Kefrida.	10h20
S10	Aval de la Cascade Kefrida.	10h36
S11	Amont de l'Oued IghzerOuftis	10h50
S12	Oued IghzerOuftis.	11h30
S13	Aval de l'Oued IghzerOuftis.	11h40
S14	Amont du Canal des rejets	12h15
S15	Canal des rejets de la centrale hydroélectrique.	–
S16	Aval du canal des rejets de la centrale hydroélectrique.	–
S17	Amont de l'Oued Boulzazen.	13h10
S18	Oued Boulzazen.	13h20
S19	Aval de l'Oued Boulzazen.	13h25
S20	Embouchure.	14h20

II. Matériel et méthodes

II.3.2 Localisations des stations de prélèvement

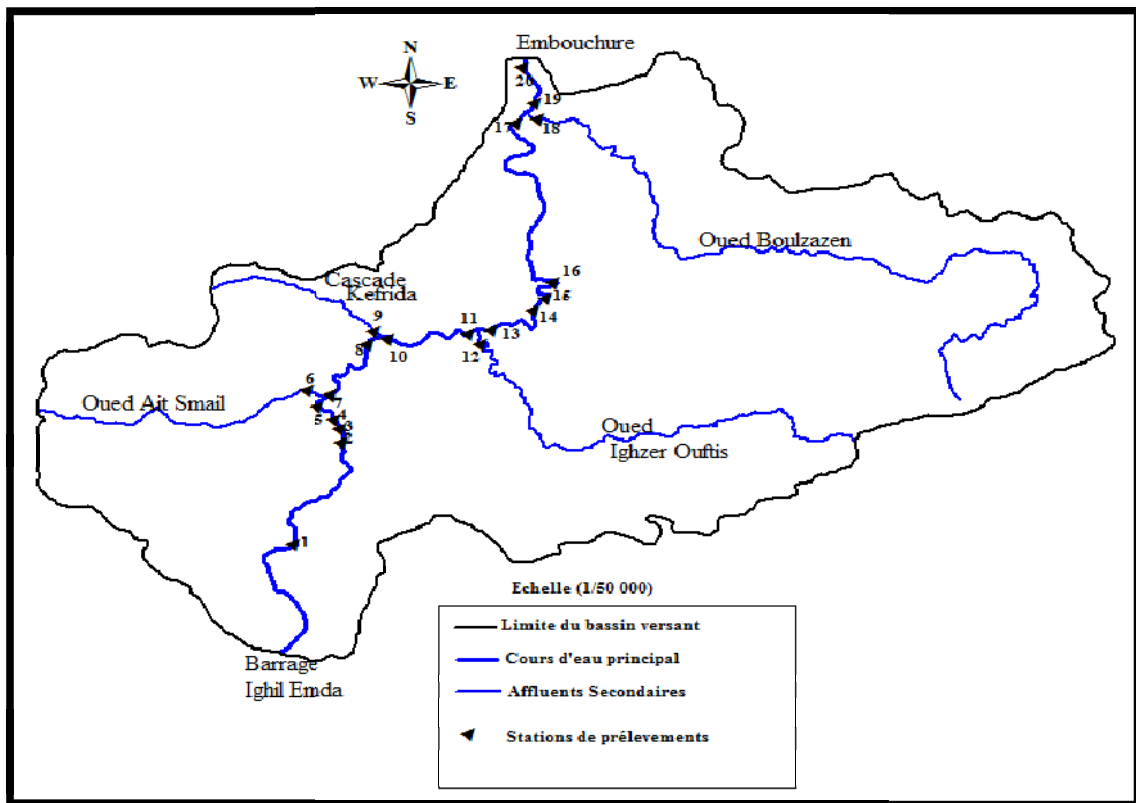


Figure N°5 : Carte de localisation des stations de prélèvement réalisée à l'aide de MapInfo.

II.3.3. Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donné.

L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (RODIER, 2009).

Pour cela l'échantillonneur doit respecter certaines recommandations qui sont :

- ✓ Les mesures sur le terrain (température, pH, conductivité électrique, etc.) ne doivent jamais être faites à partir d'un échantillon qui sera expédié au laboratoire. Il faut prendre ces mesures directement dans le cours d'eau ou à partir d'un échantillon que l'on jettera une fois l'opération terminée.
- ✓ Les échantillons pour laboratoire doivent être prélevés de préférence dans des flacons en verre ou des flacons en polyéthylène.

II. Matériel et méthodes

- ✓ Les bouteilles utilisées pour l'échantillonnage doivent être rincées au moins cinq fois avec de l'eau à prélever.
- ✓ Les prélèvements se font à une profondeur de 5cm à 10cm de la surface de l'eau, en évitant la pénétration de l'air et de ne pas touché le fond du cours d'eau avec les bouteilles, afin d'éviter de mettre en suspension des particules de sédiment qui risquent de contaminer l'échantillon.
- ✓ Les bouteilles doivent être remplies à ras et bouchées avec précaution.
- ✓ Les bouteilles sont désignées par une étiquette ou est indiquée l'origine de l'échantillon.
- ✓ Le transport des échantillons depuis le point de prélèvement jusqu'au laboratoire se fait dans une glacière à 4°C.
- ✓ Les échantillons sont mis au réfrigérateur après leurs conservations.

Pour des raisons météorologiques, nous n'avons effectué qu'une seule campagne de prélèvement sur 20 stations de surface.

II.4. Méthodes d'analyse

II.4.1. Paramètres physiques

❖ La couleur

La couleur des eaux a été estimée par un simple examen visuel des échantillons.

❖ L'odeur et la saveur

L'odeur et la saveur ont été mises en évidence par un simple examen sensoriel lors du prélèvement.

❖ La turbidité

La turbidité a été mesurée à l'aide d'un colorimètre de marque **HACH HD/890 (Fig.6)**



Figure N°6 : Le colorimètre (HACH HD/890)

II. Matériel et méthodes

➤ **Principe de la méthode**

La détermination de la turbidité mesure une propriété optique de l'échantillon d'eau qui résulte de la dispersion et de l'absorption de la lumière par les particules de matières en suspension présentes dans l'échantillon. La quantité de turbidité mesurée dépend de variables telles que la taille, la forme et les propriétés de réfraction des particules (Ann. I).

❖ **Les matières en suspension**

Les matières en suspension ont été mesurées de la même manière que la turbidité mais en changeant le programme de mesure.

➤ **Principe de la méthode**

La méthode photométrique de détermination des matières en suspension est une mesure directe qui ne nécessite ni filtration, ni séchage, ni pesée (Ann. I).

❖ **Mesure de la température**

La température est mesurée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre de type EXTECH Instruments. La température est exprimée en degré Celsius.

❖ **Mesure de potentiel d'hydrogène (pH)**

Le pH est mesuré sur le terrain à l'aide d'un multi paramètre de type EXTECH Instruments.

❖ **Mesure de la conductivité électrique**

La conductivité est mesurée in situ avec un multi paramètre de type EXTECH Instruments. Elle est exprimée en micro siemens/cm.

❖ **Total des solides dissous (TDS)**

Le TDS est mesuré in situ grâce à un multi paramètre de type EXTECH Instruments. Elle exprimé en ppm.

II. Matériel et méthodes

❖ La salinité

La salinité est mesurée in situ à l'aide d'un multiparamètre de type EXTECH Instruments. Elle est exprimée en ppm.

❖ Mesure de l'oxygène dissous (Méthode électrochimique)

Pour la mesure de l'oxygène dissous nous avons utilisé la méthode électrochimique grâce à un multiparamètre de type (inoLAB* pH/ION/Cond 750).



Figure N° 7 : Le multiparamètre (inoLAB* Ph/ION/Cond 750)

❖ Principe de la méthode

La méthode consiste à calibrer la sonde de l'oxymètre, la calibration de la sonde s'effectue à l'air saturé en vapeur d'eau. Pour notre cas, nous avons utilisé le bêcher **Oxical^R-SL** (pour la calibration dans l'air).

II.4.2 Paramètres chimiques

❖ Dosage des chlorures par la méthode de « MOHR »

➤ Principe de la méthode

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

II. Matériel et méthodes

❖ Dosage des nitrites (Méthode au réactif de ZEMBELLI)

➤ Principe de la méthode

L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique et en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en Nitrite (Ann. II).

❖ Dosage des nitrates (Méthode au salicylate de sodium)

➤ Principe de la méthode

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalisylate de sodium, coloré en jaune susceptible d'un dosage colorimétrique (Ann. II).

❖ Dosage des phosphates

➤ Principe de la méthode

Les ions orthophosphates peuvent être dosés avec précision par colorimétrie. Ils réagissent avec le molybdate d pour donner de l'acide molybdophosphorique. Cet acide donne lieu à diverses réactions colorées. La réaction au chlorure stanneux ou à l'acide ascorbique donne du molybdène qui développe une coloration bleu susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 690 nm (Ann. II).

III. Résultats et discussions

III. Résultats

III.1. Résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques

III.1.1. Résultats d'analyse des paramètres physiques

Le tableau XII donne les résultats d'analyse des paramètres physiques de la première campagne.

Tableau XII : Résultats d'analyses des paramètres physiques de la première campagne : 11/05/2013.

Stations/Paramètre	Couleur	Odeur et saveur	Turbidité	MES	T	Ph	EC	TDS	Salinité	OD
Unités	-	-	FAU	mg/l	°C	-	µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l
Norme	-	-	-	-	20-30	6.5-8.5	1500	1200	0	>5
Barrage de Chabet El Akhra	Verdâtre	Absence	23	26	21	8.43	2020	off 1	0.8	0.24
Amont de la source bleue	Incolore	Absence	2	4	19.5	8.11	2100	off 1	0.9	0.17
La source bleue	Incolore	Absence	0	0	17.2	7.45	1406	1390	0.5	0.19
Aval de la source bleue	Incolore	Absence	0	2	20.8	7.84	1914	1892	0.8	0.21
Amont de l'Oued Ait Smail	Incolore	Absence	0	2	19.6	7.91	1900	1899	0.8	0.23
Oued Ait Smail	Jaunâtre	Absence	7	10	20.3	8.19	2270	off 1	1	0.11
Aval de l'Oued Ait Smail	Incolore	Absence	5	2	21.4	8.18	2050	off 1	0.8	0.22
Amont de la cascade Kefrida	Incolore	Absence	0	0	21.9	8.13	872	863	0.2	0.13
Cascade Kefrida	Incolore	Absence	0	0	19.6	7.97	1981	1963	0.8	0.19
Aval de la cascade Kefrida	Incolore	Absence	0	3	20.7	8.16	1848	1842	0.7	0.28
Amont de l'Oued Ighzer Oufdis	Incolore	Absence	0	0	21	8.07	1321	1309	0.4	0.28
Oued Ighzer Oufdis	Incolore	Absence	0	0	21	8.4	1635	1618	0.6	0.2
Aval de l'Oued Ighzer Oufdis	Incolore	Absence	0	0	20.9	8.12	1171	1754	0.7	0.24
Amont du canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	Incolore	Absence	0	0	16.8	8.37	1544	1527	0.6	0.26
Canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aval du canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Amont de l'Oued Boulzazen	Incolore	Absence	0	0	20.7	8.37	1605	1588	0.6	0.14
Oued Boulzazen	Incolore	Absence	0	3	20.4	8.21	1369	1357	0.4	0.24
Aval de l'Oued Boulzazen	Incolore	Absence	0	3	20	8.26	1411	1405	0.5	0.27
Embouchure	Incolore	Absence	0	3	21.1	8.12	1535	1527	0.6	0.26
Moyenne			2.05	3.22	20.21	8.12	1664	1566.71	0.65	0.21

III. Résultats

Le tableau XIII donne les résultats d'analyses physiques de la deuxième campagne.

Tableau XIII : Résultats d'analyses physiques de la deuxième campagne 12/05/2012 réalisé par : REDOUANE A. et AOUALI A.

Stations/Paramètres	Couleur	Odeur et saveur	Turbidité	MES	T	pH	EC	TDS	Salinité	OD
Unités	–	–	FAU	mg/l	°C	–	µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l
Norme	–	–	–	–	20-30	6.5-8.5	1500	1200	0	> 5
Barrage de Chabet El Akhra	Verdâtre	Absence	19	14	18.4	8.48	925	748	0.46	7.53
Amont de la source bleue	Incolore	Absence	08	10	18	8.24	777	781	0.48	6.62
La source bleue	Incolore	Absence	00	00	16.4	7.48	827	661	0.41	6.49
Aval de la source bleue	Incolore	Absence	02	05	17.2	7.76	902	729	0.45	6.86
Amont de l'Oued Ait Smail	Incolore	Absence	06	02	18.2	8.05	908	727	0.45	7.17
Oued Ait Smail	Jaunâtre	Absence	21	15	19.2	8.40	1110	890	0.55	7.09
Aval de l'Oued Ait Smail	Incolore	Absence	12	08	19.4	8.20	969	776	0.48	6.71
Amont de la cascade Kefrida	Incolore	Absence	13	09	20.8	8.38	989	791	0.49	7.10
Cascade Kefrida	Incolore	Absence	06	03	17.8	8.42	494	394	0.24	6.60
Aval de la cascade Kefrida	Incolore	Absence	09	10	21.6	8.45	886	708	0.44	7.18
Amont de l'Oued Ighzer Oufdis	Incolore	Absence	07	07	21.8	8.49	921	736	0.46	7.19
Oued Ighzer Oufdis	Incolore	Absence	02	01	21.2	8.47	758	605	0.37	6.87
Aval de l'Oued Ighzer Oufdis	Incolore	Absence	05	08	22.6	8.49	890	712	0.44	6.71
Amont du canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	Incolore	Absence	04	05	23.3	8.50	842	672	0.41	7.45
Canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	Incolore	Absence	05	05	19.8	8.43	860	688	0.42	7.15
Aval du canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	Incolore	Absence	08	06	23.3	8.50	841	672	0.41	7.10
Amont de l'Oued Boulzazen	Incolore	Absence	03	04	24.4	8.42	830	664	0.41	7.08
Oued Boulzazen	Incolore	Absence	04	01	22.8	8.29	742	592	0.36	6.48
Aval de l'Oued Boulzazen	Incolore	Absence	04	04	24.2	8.40	776	619	0.38	7.12
Embouchure	Incolore	Absence	06	09	24	8.39	827	661	0.41	6.97
Moyenne			6.5	6.3	20.71	8.31	853.7	691	0.42	6.97

III. Résultats

Le tableau XIV donne les résultats d'analyses chimiques des deux campagnes.

III.1.2. Résultats d'analyse des paramètres chimiques.

Tableau XIV : Résultats d'analyse des paramètres chimiques des deux campagnes.

Campagnes	01				02			
	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
Paramètres	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Unités	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Norme	250	1	25	0.7	250	1	25	0,7
Barrage de Chabet El Akhra	99.26	0.41	2,4	0.14	85.2	0.47	5.83	0.18
Amont de la source bleue	56.7	0.1	1,39	0.05	56.8	0.29	2.20	0.16
La source bleue	56.7	0.13	0,78	0.1	56.8	0.08	2.02	0.13
Aval de la source bleue	70.9	0.15	1,38	0.15	56.8	0.17	2.45	0.15
Amont de l'Oued Ait Smail	56.8	0.16	1,1	0.28	85.2	0.16	2.40	0.15
Oued Ait Smail	42.6	0.15	1,94	0.15	113.6	0.22	4.49	0.25
Aval de l'Oued Ait Smail	42.6	0.25	1,52	0.07	85.2	0.19	1.83	0.20
Amont de la cascade Kefrida	42.6	0.11	1,05	0.23	85.2	0.17	0.77	0.13
Cascade Kefrida	42.6	0.37	1,01	0.12	56.8	0.17	2.43	0.21
Aval de la cascade Kefrida	42.6	0.2	0,88	0.07	85.2	0.18	1.82	0.16
Amont de l'Oued Ighzer Ouftis	28.4	0.1	0,55	0.05	85.2	0.18	1.46	0.16
Oued Ighzer Ouftis	42.6	0.22	0,9	0.07	56.8	0.09	1.58	0.13
Aval de l'Oued Ighzer Ouftis	28.4	0.11	0,85	0.06	85.2	0.17	1.50	0.16
Amont du canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	26.76	0.12	0,85	0.06	56.8	0.14	3.13	0.18
Canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	-	-	-	-	56.8	0.13	4.45	0.13
Aval du canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	-	-	-	-	56.8	0.14	3.85	0.13
Amont de l'Oued Boulzazen	26.76	0.1	0,7	0.09	58.2	0.11	3.71	0.13
Oued Boulzazen	26.76	0.11	0,59	0.01	56.8	0.12	2.85	0.13
Aval de l'Oued Boulzazen	40.14	0.09	0,82	0.07	56.8	0.10	4.14	0.13
Embouchure	40.14	0.11	0,65	0.07	113.6	0.13	5.46	0.15
Moyenne	45.2	0.16	1,07			0.11	73.84	0.19

• La 2^{ème} campagne est réalisée par : RADOUANE A. et AOUALI A. en 12/05/2012.

III. Résultats

IV. Discussion des résultats des paramètres physico- chimiques

IV.1. Discussion des paramètres physiques

❖ La couleur

L'étude menée sur les eaux de surface de l'Oued Agrioun montre que les eaux sont incolores, sauf pour les deux stations barrage de Chabet El Akhra et l'Oued Ait Smail. La couleur des eaux de Barrage Chabet El Akhra est bleu verdâtre qui pourrait être dû à la présence d'algues.

La couleur des eaux de l'Oued Ait Smail est jaunâtre. Cela pourrait être due à la pollution par les composés organiques colorés ou naturelles par des matières en suspensions causées par l'érosion.

❖ L'odeur et le goût

Hormis les deux stations ; Barrage Chabet El Akhra et Oued Ait Smail qui ont un goût désagréable, les eaux de l'Oued Agrioun sont sans odeur pour les 18 stations de prélèvement. Cette odeur proviendrait de la présence de matières organiques dissoutes dues à la décomposition des matières organiques végétales et des rejets urbains.

❖ La turbidité et les matières en suspension

Les valeurs enregistrées en matière en suspension varient entre 0 mg/l et 26mg/l lors de la première campagne. La plupart des valeurs mesurées sont nulles sauf la station Barrage Chabet El Akhra. Cette forte teneur pourrait être due aux rejets liquides ainsi que les déchets solides déposés aux deux rives de l'Oued.

De même pour la turbidité, les valeurs enregistrées sont presque négligeable sauf pour la station Barrage Chabet El Akhra, qui atteint la valeur 23mg/l.

❖ La température

Les températures varient entre 16.4C° et 21.9C° pendant la première campagne. La deuxième campagne oscille entre 16.8C° et 24.4 C°.

Elle augmente de l'amont vers l'aval.

Les facteurs pouvant expliquer ces différentes variations sont :

- L'heure à laquelle les mesures ont été prises (de 8 à 14 heures),

- Les caractérisations géologiques des cours d'eaux (couleur souvent sombre),
- Site de prélèvement, altitude, largeur, profondeur.

❖ PH

Pendant la première campagne, le pH fluctue entre 7.45 et 8.43. Alors que les valeurs de la deuxième campagne oscillent entre 7.48 et 8.50. La faible valeur enregistrée au niveau de la station La Source Bleue destinée à l'alimentation en eau potable de la région de Béjaia, ceci indique que les valeurs sont proches des valeurs naturelles, et conformes aux normes de l'OMS (Tab. XII).

Le pH d'une eau naturelle dépend de la nature des terrains traversés et des rejets déversés.

❖ La conductivité électrique

La différence de conductivité entre les stations est forte lors de la première campagne, au vu des valeurs enregistrées qui varient entre 872 et 2270 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La faible valeur est de 872 $\mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée au niveau de l'amont de la cascade Kafrida dénote une faible minéralisation et la forte valeur localisée au niveau de l'Oued Ait Smail est 2270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ montre une forte minéralisation. La moyenne de la conductivité est 1664 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Pour la deuxième campagne, les valeurs varient entre 494 et 1110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et la moyenne est de 853.7 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Les fortes valeurs de la conductivité pourraient être dû aux :

- ✓ lessivage des sols riches en sédiments, des produits phytosanitaires lors des fortes pluies, ainsi que l'augmentation des teneurs en minéraux dissous lors de l'évaporation des eaux.
- ✓ La position des points qui se situent à proximité des zones des rejets des eaux usées.
- ✓ Les engrais utilisés en agriculture.

❖ Total des Solides Dissous (TDS)

Les valeurs de TDS enregistrées durant les deux campagnes sont différentes ; la valeur enregistrée durant la première campagne est très élevée. Elle dépasse la norme recommandée par l'OMS. Lors de la deuxième campagne, les valeurs oscillent entre 394 et 890 mg/l. Ces valeurs sont conformes avec celle de l'OMS (Tab.XII). La valeur de TDS est trop élevée. Ce qui pourrait être dues à la dissolution des roches de la région riche en carbonate (origine naturelle) ou bien anthropique (eaux usées et/ou déchets solides).

❖ La salinité

La variation de la salinité entre les deux campagnes de prélèvement est très faible. La teneur en sel a évolué de 0.2 et 1 mg/l. La moyenne est 0.65 mg/l. Pour la deuxième campagne, elle varie entre 0.24 et 0.55 mg /l. Ces valeurs sont supérieures à la norme l'OMS qui est de 0 mg/l (Tab. XII). Les teneurs élevées pourraient être dû à la géologie des terrains traversés et à la dissolution des terrains salifères et/ou à l'activité anthropique (agricole et/ou eaux usées).

❖ Oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous entre les deux campagnes est très faible. Il varie entre 0.11 et 14.4mg/l. La moyenne est 0.21mg/l lors de la première campagne. Durant la deuxième campagne, les valeurs varient entre 6.48 à 7.53 mg/l et la moyenne est de 6.97mg/l. Les valeurs enregistrés au cours de la deuxième campagne est conforme à la norme de l'OMS (Tab. XII). Par contre, la teneur en oxygène dissous de la première campagne est inférieure à la norme l'OMS.

Ces concentrations sont faibles. Elles pourraient être dû aux :

- ✓ Réchauffement de l'eau par le rayonnement solaire.
- ✓ Faible débit de l'Oued provoquant une diminution de la dissolution de l'oxygène.
- ✓ L'augmentation de la consommation de l'oxygène par des microorganismes vivants dans l'eau et d'origine anthropique dû à la charge organique des rejets urbaines.

IV.2. Discussion des résultats des paramètres chimiques

❖ Chlorures

Les teneurs enregistrées pendant les périodes de prélèvement montrent que ces valeurs ne dépassent pas les normes de l'OMS. La teneur en chlorures pour la première campagne varie entre 26.76 mg/l et 99.26 mg/l. La moyenne est de 45.2 mg/l (**Tab. XIV**). Lors de la deuxième campagne, les valeurs varient entre 56.2 mg/l et 113.6 mg/l. La moyenne est de 73.84mg/l. Ce sont des teneurs faibles. La valeur maximale est enregistrée au niveau de Barrage Chabet El Akhra. La teneur la plus forte en chlorures est enregistrée au cours de la deuxième campagne au niveau des stations Oued Ait Smail et l'Embouchure.

Les chlorures peuvent avoir plusieurs origines :

- ✓ Les argiles sableuses gypsifères qui couvrent la partie en amont du bassin.

✓ Le déversement des eaux usées.

❖ **Phosphates**

Les teneurs en phosphates enregistrées dans les deux campagnes de prélèvement sont de faibles concentrations. Elles sont conformes aux normes de l’OMS. Lors de la première campagne, les valeurs sont comprises entre 0.01 mg/l et 0.28 mg/l et la moyenne est de 0.11 mg/l (Tab.XIV). Les phosphates pourraient être d’origine organique ou minérale.

❖ **Nitrates (NO₃⁻)**

Les teneurs enregistrées pendant les deux campagnes de prélèvements sont conformes à la norme de l’OMS qui est de 25 mg/l. Lors de la première campagne, les concentrations varient entre 0.7 et 2.4 mg/l. La moyenne est de 2.9 mg/l (Tab. XIV). Les valeurs de la deuxième campagne varient entre 0.77 mg/l à 5.83 mg/l. La moyenne est de 2.9 mg/l. Les nitrates peuvent provenir de l’utilisation des engrais azotés par les agriculteurs, des rejets urbains et des matières organiques qui se déversent dans les cours d’eaux.

❖ **Les nitrites (NO₂⁻)**

Les concentrations en nitrites des deux campagnes de prélèvement est très faible. Les résultats de première campagne oscillent entre 0.09 mg/l et 0.41 mg/l. La moyenne est de 0.16 mg/l. Pour la deuxième campagne, les valeurs varient entre 0.08 mg/l et 0.47 mg/l. La moyenne est de 0.19 mg/l. Les valeurs enregistrées sont conformes à la norme de l’OMS qui est de 1mg/l (Tab. XIV). Les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates (NO₃⁻) et d’azote ammoniacal. Ce qui explique les faibles concentrations.

IV.3.Appréciation de la qualité des eaux de l'Oued Agrioun

Tableau XV : Appréciation de la qualité des eaux de l'Oued Agrioun

Paramètres	Classe	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S17	S18	S19	S20
T (°C)	Moyenne	19.7	18.75	16.8	19	18.7	19.7	20.4	21.3	18.7	21.1	21.4	21.7	21.7	20	22.55	22.3	22.1	22.55
	Classe	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
pH	Moyenne	8.45	8.17	7.46	7.8	7.98	8.29	8.19	8.29	8.19	8.30	8.28	8.43	8.30	8.43	8.39	8.25	8.33	8.25
	Classe	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B
EC (µs/cm)	Moyenne	1472.	1438.	1116.	140	140	169	1509.	930.	123	136	112	119	103	1193	1217.	1055.5	1093.5	1181
		5	5	5	8	4	0	5	5	7.5	7	1	6.5	0		5			
	Classe	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
MES (mg/l)	Moyenne	20	7	0	5	2	12.5	5	4.5	1.5	6.5	3.5	0.5	4	2.5	2	2	3.5	6
	Classe	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A
Chlorures (mg/l)	Moyenne	92.23	56.75	56.75	63.8	71	78.1	63.9	63.9	49.7	63.9	56.8	49.7	56.8	41.78	42.48	41.78	48.47	76.87
	Classe	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A
Phosphates (mg/l)	Moyenne	0.16	0.1	0.11	0.15	0.21	0.2	0.13	0.18	0.16	0.11	0.1	0.1	0.11	0.12	0.11	0.07	0.1	0.11
	Classe	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A
Nitrates (mg/l)	Moyenne	4.11	1.79	1.9	1.9	1.75	3.21	1.67	0.91	1.72	1.35	1	1.24	1.17	1.99	2.2	1.72	2.48	3.05
	Classe	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	A1	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A	1A
Nitrites (mg/l)	Moyenne	0.44	0.19	0.1	0.16	0.16	0.18	0.22	0.14	0.27	0.19	0.14	0.1	0.14	0.13	0.1	0.11	0.09	0.12
	Classe	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B	1B

IV. Discussions

1A : Excellente qualité.

1B : Bonne qualité.

2 : Qualité passable.

Dans le tableau XV, nous avons donné quelques paramètres physico-chimiques des eaux des 18 stations de prélèvements. On a calculé la moyenne de chaque paramètre des deux campagnes.

Selon le décret N° 2001-1220, 2001 de classification es eaux de surface (Annexe V), aux appréciations de la qualité des eaux de l'Oued Agrioun, nous avons classé les eaux de la catégorie des eaux de moyenne qualité de point de vue physico-chimique.

Conclusion

Le respect de l'environnement est aujourd'hui une préoccupation majeure dans nos sociétés.

Afin d'apprécier la qualité des eaux de l'Oued Agrioun, nous nous sommes basées sur la mesure des paramètres physico-chimiques tels que, la température, le pH, la turbidité, les matières en suspension, la conductivité, le TDS, l'oxygène dissous, les chlorures, les nitrates, les nitrites et les phosphates de plusieurs échantillons prélevés au niveau de 18 stations réparties entre le barrage de Chabet El Akhra et l'embouchure de Souk El tenine.

La conductivité électrique enregistrée lors de la première campagne varie entre 2050 et 2270 μ s/cm et est supérieure à la norme fixée par l'OMS et est due à la minéralisation excessive des eaux de l'Oued Agrioun qui augmente de l'amont vers l'aval.

Les valeurs de TDS atteignent les valeurs 1963 mg/l et dépassent par moment la norme prescrite par l'OMS.

L'oxygène conforme à la norme avec des valeurs ne dépassant pas 0.28mg/l.

Le dosage des nitrates et des nitrites montre des concentrations faibles. Elles correspondent à la norme fixée par l'OMS.

L'ensemble des paramètres d'évaluation du degré de pollution des eaux du cours d'eau a permis d'apprécier la qualité des eaux de l'Oued Agrioun qui sont jugées de qualité moyenne.

Néanmoins, le nombre de campagnes d'échantillonnage, le manque de réactifs et d'appareils de mesure (SAA, spectrophotomètre, ...etc.) ne permettent pas d'avoir une caractérisation complète des eaux superficielles. D'autres campagnes et un suivi permanent de la qualité avec le pouvoir de mesurer les éléments traces donneraient de meilleurs résultats.

Références bibliographiques

- ANONYME₁ (2007).** Protection du couloir KHERRATA Souk El Tenine contre les crues de l'Oued Agrioun, Mission C : Etude hydraulique. Bureau d'ingénieurs conseils, 55 p.
- ANONYME₂ (2008).** Water quality criteria. Ornamental Aquatic Trade Association (OATA) Ltd, P: 5-7, 14.
- ANONYME₃ (2009).** Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie. 19 p.
- ARRIGNON J. (1976).** Aménagement écologique et piscicultures des eaux douces. 3^{ème} édition : bordas : 340 p.
- BAZIZ N. (2008).** Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé. Cas de la ville de Batna. *Mémoire de magistère en aménagement du territoire*. Option : dynamique des milieux physiques et risque naturels. Université El Hadj Lakhdar – Batna.
- BONTOUX J. (1983).** Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. Edition *CEBEDOC Sprl*.
- DAJOZ R. (1985).** Précis d'écologie. 5^{ème} édition DUNOD. *Université Paris* P : 472.
- DAJOZ R. (2003).** Précis d'écologie. 7^{ème} édition *DUNOD, université paris*, 160 p.
- DECAMPS H. (1971).** La vie dans les cours d'eau. 1^{ère} édition, SAIN GERMAIN, Paris, 48 p.
- DEGREMENT (1989).** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, Tome I. Dixième édition, Lavoisier SAS, pp 5-6.
- GAMRASNI M. (1986).** Le goût de l'eau. Etude de synthèse. Association française pour l'étude des eaux, 21 rue de Madrid, 75008 Paris, 60 p.
- GAUJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2^{ème} édition *Lavoisier TEC & DOC*, 220 p.
- KETTAB A., MITICHE R., et BENNACAR N. (2008).** De l'eau pour un développement durable : enjeux et stratégies. *Revue des sciences de l'eau*. Journal of water science 21 (2) : 247-256.
- LAGARDETTE J. (2004).** L'eau potable et l'assainissement. Edition *Johanet. PARIS*, 154 p.
- LAPPEGUE P. et RIBSTEIN P. (2006).** La qualité et les analyses d'eaux : Action contre la faim en Espagne et au Mali. Master 2 en Sciences de l'Univers, Environnement, écologie. Université Pierre et Marie Curie,

Références bibliographiques

- Ecole des Mines de Paris & Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, pp 22-23.
- LOUNNAS A. (2009).** Amélioration des procédés de classification des eaux de la station Hamadi- Kroma de Skikda. *Mémoire de magistère* en sciences fondamentales. Option pollutions chimiques et environnement. Université Skikda, 82 p.
- MADJI A. et MAUCHE A. (2008).** Contribution à l'étude des oiseaux de l'Embouchure de l'Oued Agrioun (Bejaïa). *Mémoire de fin d'étude* en biologie et physiologie animale. Université de Béjaïa, 60 p.
- MEBARKI K. & SMAHI A. (2006).** Analyses physico-chimiques et appréciation des eaux de l'Oued Agrioun. *Mémoire de fin d'étude* en Génie des procédés (DEUA). Université de Béjaïa, 58 p.
- METAHRI M. (2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP Est de la ville de TIZI-OUZOU. *Thèse de doctorat*. Option génie des procédés. Université TIZI-OUZOU, 135 p.
- RAMADE F. (1984).** Eléments d'écologie -écologie fondamentale. Edition *Marc Graw-Hill, Paris*, 397 p.
- REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux : aspect réglementaire et technique. Edition *CRDP AQUITAINE*. Collection biologique technique, 64 p.
- REMINI B. (2008).** La problématique de l'eau en Algérie. 2^{ème} Edition, place de Ben-Aknoun (Alger), 162 p.
- RODIER J. (1984).** Analyse de l'eau : Eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 7^{ème} édition *DUNOD Paris*, 1353 p.
- RODIER J. (1996).** Analyse de l'eau : Eau naturelle, eau résiduaire, eaux de mer. 8^{ème} édition. *DUNOD Paris*, 1400 p.
- RODIER J. (2009).** Analyse de l'eau : Eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 9^{ème} édition *DUNOD Paris*, 1573 p.
- SADAT et AL. (2011).** L'analyse multidimensionnelle de l'eau d'un système lacustre tropical. *Journal of Bioscience* 38 : 2573-2585.
- SAOU H. & KHALIFA D. (1992).** Alimentation en eau potable du village Melbou. *Thèse d'ingénieur d'état en hydraulique*. Université de Béjaïa, 136 p.
- SELTZER R. (1946).** Le climat de l'Algérie. Institut de Météorologie de la physique du globe, Université d'Algérie, p 219.

Références bibliographiques

- THOMAS O. (1995).** Métrologie des eaux résiduaires. Edition *CEBEDOC sprl*, pp 51-53-55
- VILAGINES R. (2003).** Eau, environnement et santé publique : Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} édition, médicales Internationales, Lavoisier, pp. 71-75-183.

Annexes

Annexe I : Les modes opératoires

1. Turbidité (Méthode de d'atténuation de radiation (lecture directe))

❖ Mode opératoire :

Pour effectuer la lecture de l'échantillon, il faut :

- Entrer le N° du programme mémorisé pour la turbidité.
- Presser PRGM ; l'affichage indique : PRGM?
- Presser 95, Entrer. L'affichage indique FAU.
- Homogénéiser 500 ml d'échantillon dans un homogénéisateur à grande vitesse pendant 02 minutes, et le verser dans un bêcher de 600 ml
- Ramener l'appareil à (0 FAU) en effectuant la lecture avec le blanc (Eau distillée).
- Verser 25 ml de l'échantillon dans une autre cuvette colorimétrique, l'agiter pour éliminer les bulles de gaz et obtenir une suspension uniforme, le placer dans les puits de mercure.
- Placer le capot de l'appareil (Pare-Lumière) sur la cuvette d'échantillon et presser la touche READ. Après une courte pause, les résultats sont affichés. On trouve les valeurs en unité FAU.

2. Matière en suspension (Méthode photométrique) :

❖ Mode opératoire :

Entrer le N° du programme mémorisé pour les MES.

- Presser PRGM ; l'affichage indique :PRGM ?
- Presser 94, entrer. L'affichage indique mg/l.
- Homogénéiser 500 ml d'échantillon dans un homogénéisateur à grande vitesse pendant 02 minutes, et le verser dans un bêcher de 600 ml
- Ramener l'appareil à (0 FAU) en effectuant la lecture avec le blanc (Eau distillée).

- Verser 25 ml de l'échantillon dans une autre cuvette colorimétrique, l'agiter pour éliminer les bulles de gaz et obtenir une suspension uniforme, le placer dans les puits de mercure
- Presser READ, le résultat en mg/l des matières en suspension s'affiche.

3. Dosage des chlorures (méthode de Mohr)

❖ Mode opératoire

25ml d'eau à analyser sont introduites dans un bécher contenant un barreau aimanté et complétés à 100ml avec de l'eau distillée dans un erlen, puis 1ml de la solution de chromate de potassium à 5% jouant le rôle d'un indicateur coloré est ajouté.

Remplir la burette de la solution de nitrate d'argent à 0,2N et titrer ensuite goutte à goutte la solution du départ contenant l'eau à analyser et le chromate de potassium en prenant soin de bien entretenir assez vigoureuse la solution de façon à briser les grumeaux qui se forment au fond de l'erlen.

Aux approches du point d'équivalent, la couleur de la solution passe du vert-jaune au jaune, mais celui-ci est atteint lorsque la couleur jaune foncé vire vers le orange, couleur qui doit persister 1 minute.

Retenir

Le nombre de millilitres de nitrate d'argent utilisés (Cb).

❖ Expression des résultats

La teneur en ions chlorure est obtenue comme suite :

$$[\text{Cl}] = (\text{Cb} \cdot \text{N} \cdot \text{M}_{\text{eqCl}}) / \text{PE}$$

Avec :

Cb ; Chute de burette (volume en ml de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage).

N : normalité de la solution de $\text{AgNO}_3 = 0.01$

M_{eqCl} : masse équivalente du Cl^- , qui est égale à 33,45g.

PE : prise d'essai (volume en ml de l'échantillon d'eau à analyser).

4. Dosage des nitrites (méthode de réactif de ZEMBELLI)

❖ Mode opératoire

Prélever 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de réactif de Zambelli. Agiter et laisser au repos 10 minutes. Ajouter ensuite 2 ml d'ammoniaque pure ; effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 435 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage. (RODIER, 1984).

❖ Réactifs et préparations des solutions**- Ammoniaque pure (d=0,9 25)****- Réactif de ZAMBELLI :**

- Acide chlorhydrique pure (d= 1,19)..... 260ml
- Acide sulfanilique..... 05g
- Phénol cristallisé..... 07,5g
- Chlorure d'ammonium.....13,5ml
- Eau distillée.....625ml.

Dans une fiole jaugée d'un litre, introduisez l'eau distillée et l'acide chlorhydrique, puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain marie. Après dissolution complète ajoutez le chlorure d'ammonium et agitez jusqu'à dissolution puis ajustez s'il ya lieu le volume de la solution à 1litre avec de l'eau distillée après refroidissement.

- Solution mère étalon de NO₂ à (0,23g/l) :

- Nitrite de sodium.....0,345g
- Eau distillée.....1000ml

- Solution fille étalon d'ion NO₂ à 0,0023g/l :

- Amener 1 ml de la solution mère d'azote nitrique à 100 ml avec de l'eau distillée

5. Dosage des nitrates (méthode au salicylate de sodium)**❖ Mode opératoire :**

Introduire 10ml d'eau à analyser dans une capsule de 60ml.

Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium.

Ajouter 1ml de la solution de salicylates de sodium puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage en suite effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 415nm.

En tenant compte de la valeur lue pour le témoin. Se rapporter à la courbe d'étalonnage (J.RODIER, 1984).

❖ Réactifs et préparation des solutions :

- Solution de salicylate de sodium à 0,5% (à renouveler toutes les 24 heures)
- Solution d'acide sulfurique concentré ($d=1,84$)
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
 - Hydroxyde de sodium 400g.
 - Eau distillée 100 ml.
 - Tartrate double de sodium et de potassium.

Faire dissoudre les dans l'eau, laisser refroidir et compléter à 100 ml.

A conserver dans un flacon en polyéthylène.

-Solution mère étalon d'azote nitrique à 0,1 mg/l :

- Nitrate de potassium anhydre 0,722 g.
- Eau distillée 100 ml.
- Chloroforme (pour conserver) 1ml.

-Solution fille étalon d'azote nitrique à 0,005 g/l.

-Amener 50 ml de la solution mère à 1000 ml de l'eau distillée.

6. Dosage des phosphates

❖ Mode opératoire :

Introduire 40 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml, ajouter 4 ml de solution de l'acide molybdate, puis 10 gouttes de la solution de chlorure stanneux. Ajuster jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée, bien mélanger. Laisser 5 minutes puis effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 690 nm.

❖ Réactifs :

- Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- Hydrogénophosphate de potassium KH_2PO_4 ,
- Chlorure stanneux (SnCl_2).
- Glycérol
- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré.

❖ Préparation des solutions :

a. Solution mère de phosphate à 0,5mg/l :

Hydrogénophosphate de potassium sec KH_2PO_40,07615g les dissoudre dans 10ml d'eau distillée dans un bécher. Transférer la solution dans une fiole jugée de 1000ml et rincer le bécher avec 1ml de CHCl_3 puis compléter au trait de jauge avec d'eau distillée.

b. Solution standard de phosphate à 0,05mg/l :

1ml de la solution mère de phosphate à 0,5mg/l dissout dans 100ml d'eau distillée.

c. Solution de molybdate d'ammonium :

- Acide sulfurique concentré.....25ml
- Eau distillé.....40ml

Dans un bécher, on met d'abord l'acide sulfurique concentré puis on rajoute petit à petit l'eau distillée).Laisser la solution se refroidir à la température ambiante.

Peser 2,5g de molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ et les dissoudre dans 7,5ml d'eau bi-distillée.

Mélanger la solution de molybdate d'ammonium avec la solution d'acide refroidi puis ajuster à 100ml avec d'eau distillée.

d. Solution de chlorure stanneux :

- Chlorure stanneux ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).....0,25g
- Glycérol.....10ml

Mélanger puis chauffer la solution au bain marie tout en remuant avec une baguette en verre jusqu'à dissolution complète du stanneux.

❖ **Expression des résultats :**

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin et tracer la courbe d'étalonnage.

Extraire les concentrations en phosphates à partir de la courbe d'étalonnage et calculer les teneurs en phosphate dans l'échantillon selon la formule suivante :

$$\left(\quad / \quad \right) = \frac{\quad \times 50}{\quad}$$

Avec:

: La concentration obtenue à partir de la courbe d'étalonnage

: Volume de l'échantillon

: Teneur en phosphate

Annexes II : Les courbes d'étalonnages

1- Dosage des phosphates :

Etablissement de la courbe d'étalonnage ($\lambda = 690 \text{ nm}$)

Numéro des fioles	T	I	II	III	IV
Solution standard de phosphate 0,005 g/l	0	1	2	3	4
Eau distillée (ml)	50	49	48	47	46
Solution de chlorure de stanneux (gouttes)	10	10	10	10	10
Solution d'acide molybdate (ml)	4	4	4	4	4
Equivalent en mg/l de phosphate	0	0,1	0,2	0,3	0,4
Abs	0	0,08	0,16	0,22	0,28

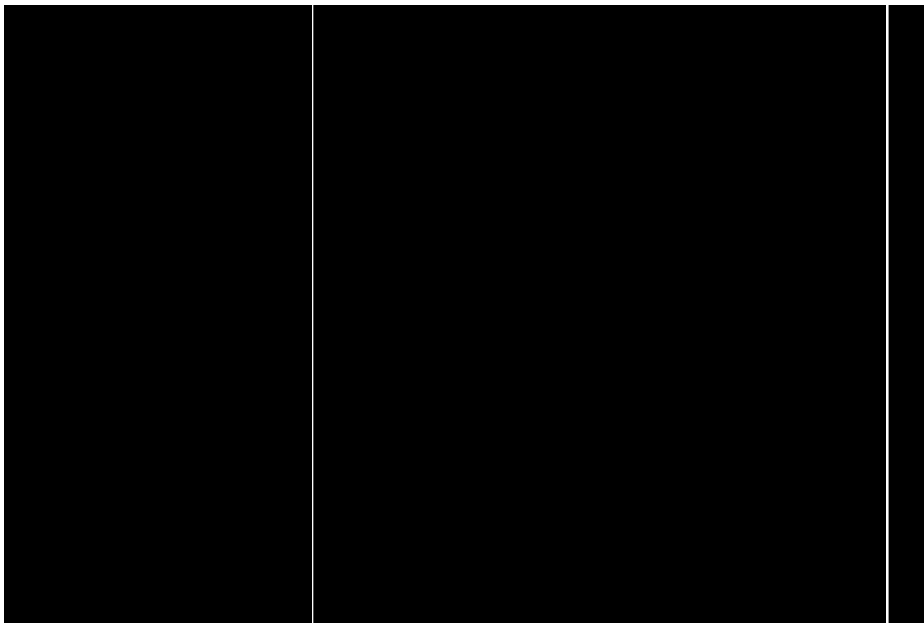


Figure N° 8: Courbe d'étalonnage des phosphates.

2- Dosage des nitrites :

Etablissement de la courbe d'étalonnage ($\lambda = 435$)

Numéro de fioles	T	I	II	III
Solution fille étalon à 0,0023g/l de NO_2 (ml)	0	1	5	10
Eau distillée (ml)	50	49	45	40
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2
Attendre 10 minutes puis ajouter				
Ammoniaque pure (ml)	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO_2^-	0	0,046	0,23	0,46
Abs	0	0,036	0,14	0,27

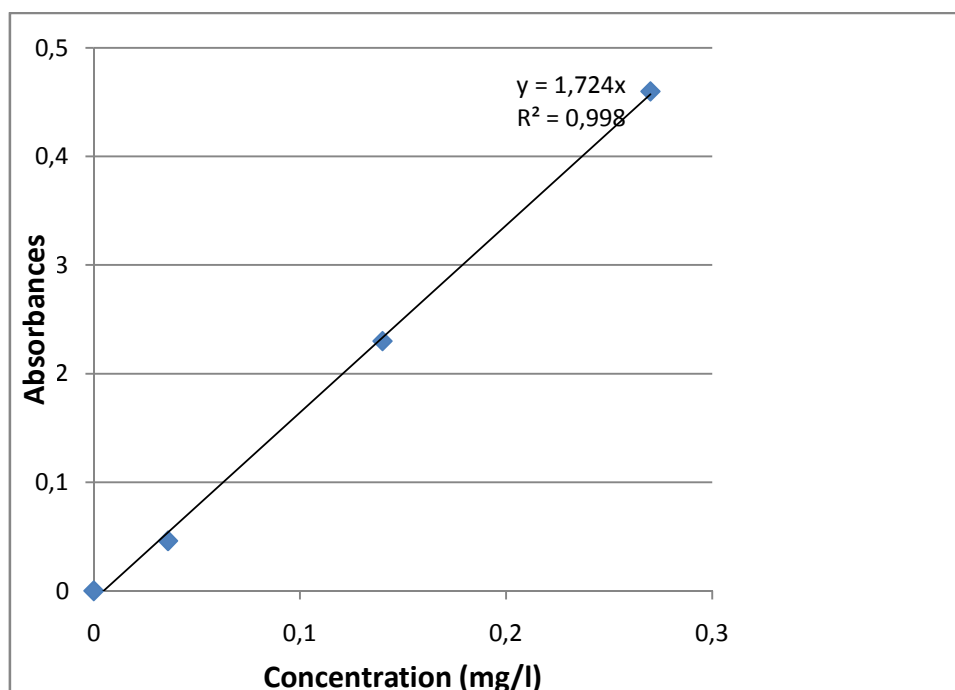


Figure N°9 : Courbe d'étalonnage des nitrites

3. Dosage des nitrates :

Etablissement de la courbe d'étalonnage ($\lambda = 415$)

N° de creuset	T (témoin)	I	II	III
Solution étalon d'azote nitrique à 0,005 g/l	0	1	2	5
Eau distillée (ml)	10	9	8	5
Solution de salicylate de sodium (ml)	1	1	1	1
Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5
Abs	0	0,18	0,28	0,714

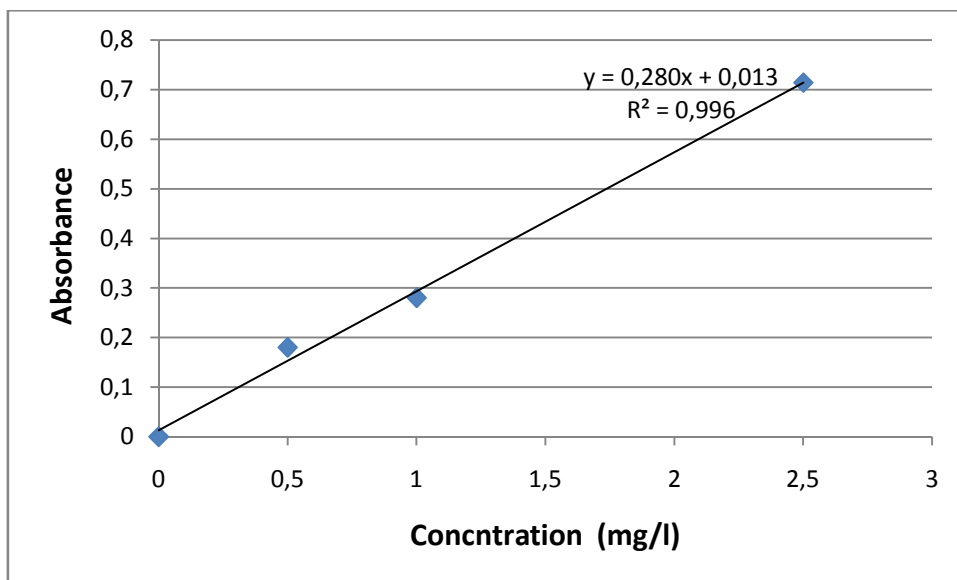


Figure N°10 : La courbe d'étalonnage des nitrates

Annexe III

Les modes de conservation des échantillons (Rodier, 1996)

Paramètres	Agent de conservation	Contenant	Volume suggère (ml)	Délai de conservation	Température de conservation (°C)
Odeur, couleur et saveur	N	V	500	24h	4
pH	N	P ou V	50	24h	4
Dureté	AN	P ou V	100	1 mois	-
TA, TAC, TH	N	P ou V	200	24h	4
Chlorures	N	P ou V	100	15j	4
Nitrates	N	P ou V	125	48h	4
Nitrites	N	P ou V	100	48h	4
Phosphates	N	P ou V	100	48h	4
Oxygène dissous	N	Vb	300	24h (obs.)	4
Conductivité	N	P ou V	100	24h (obs.)	4
Turbidités	-	P ou V	100	24h (obs.)	4
Calcium	AN	V	800	Plusieurs mois	-
Magnésium	AN	V	800	Plusieurs moi	-
Potassium	AN	V	800	Plusieurs mois	-
Fer	-	P	20	-	-
Cuivre	AN	P ou V	100	6mois	-
MES	N	P ou V	1000	6h (obs.)	4

P : Polyéthylène

V : Verre

Vb : Verre borosilicaté

Obs. : Obscurité

AN : Acide nitrique

N : Aucun agent de conservation requis

Annexe IV

Caractéristique des stations de prélèvement

Stations	Localisation	X	Y	Z
S₁	Barrage de ChaabetLakhra	0703407	4041672	449
S₂	A l'amont de la source bleue	0703342	4046286	136
S₃	La source bleue	0704302	4046304	151
S₄	En aval de la source bleue	0704291	4046467	147
S₅	A l'amont de l'Oued Ait Smail	0703978	4047069	143
S₆	Oued Ait Smail	0704004	4047075	138
S₇	En aval de l'Oued Ait Smail	0704070	4047028	127
S₈	A l'amont de la cascade Kefrida	0705515	4048898	104
S₉	Cascade Kefrida	0705314	4049287	118
S₁₀	En aval de la cascade Kefrida	0706289	4048758	91
S₁₁	A l'amont de l'Oued IghzerOuftis	0708024	4049179	79
S₁₂	Oued IghzerOuftis	0708155	4049076	76
S₁₃	En aval de l'Oued IghzerOuftis	0708206	4049145	76
S₁₄	A l'amont du canal des rejets de la centrale Hydroélectrique	0709522	4049228	63
S₁₇	A l'amont de l'Oued Boulzazen	0709518	4055998	4
S₁₈	Oued Boulzazen	0709588	4055917	11
S₁₉	En aval de l'oued Boulzazen	0709618	4056189	6
S₂₀	L'embouchure	0708888	4057551	2

Annexe V

Paramètres de classification des eaux de surface (J.O.R.A.D.P Décret N° 2001-1220, 2001)

Classe	1A	1B	2	3	HC
Paramètres					
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	<400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 3000	>3000
Température ($^{\circ}\text{C}$)	<20	20 à 22	22 à 25	25 à 30	>30
pH	<6,5	6,5 à 8,5	6 à 9	5,5 à 9,5	9,5
MES (mg/l)	<30	<30	<30	<30	150
OD (mg/l)	>7	5 à 7	3 à 5	<3	<3
DBO ₅ (mg/l)	<3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	25
DCO (mg/l)	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
Fe (mg/l)	< 0,5	0,5 à 1	1 à 1,5	>1,5	>1,5
Cu (mg/l)	0,02	0,02	0,05 à 1	>1	>1
Pb (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Mn (mg/l)	<0,1	0,1 à 0,25	0,25 à 0,5	1	>1
F (mg/l)	< 0,7	0,7 à 1,5	0,7 à 1,7	>1,7	>1,7
Zn (mg/l)	<0,5	0,05	1 à 5	>5	>5
Cd (mg/l)	<0,5	<0,05	<0,05	>0,05	>0,05
Hg (mg/l)	< 0,0005	<0,01	<0,0005	>0,0005	>0,0005
Detergents (mg/l)	<0,2	<0,001	0,2 à 0,5	>0,5	>0,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	-	0,1	0,3	1	>2
NO ₃ ⁻ (mg/l)	25	50	50	50	>50
PO ₄ (mg/l)	< 0,4	-	-	-	>7
Chlorures (mg/l)	<150	200	200	200	>250
Sulfates (mg/l)	<150	200	250	250	>250

Résumé

L'étude porte sur l'évolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques au cours de deux campagnes d'échantillonnage. L'analyse a été réalisée au niveau de dix-huit stations réparties sur l'ensemble du bassin versant de l'Oued Agrioun.

L'Oued Agrioun est situé dans la région de *Kherrata* dans le Sud-est de la wilaya de Bejaia. Ces analyses ont concerné les concentrations en éléments majeurs et quelques éléments physiques tels que la conductivité électrique qui atteint une valeur de $2270\mu\text{c}/\text{cm}$, pour TDS d'une valeur $1963\text{ mg}/\text{l}$, qui dépasse les normes fixées par l'OMS. L'interprétation de ces données a révélé que les eaux de l'Oued Agrioun sont chargées de quelques éléments de pollution. L'eau est jugée de qualité moyenne.

Mots clés : Oued Agrioun, paramètres physico-chimiques.

Abstract

The study relates to the space-time evolution of the physicochemical parameters during two sampling campaigns. The analysis was carried out on eighteen stations distributed on the whole of the catchment area of the Agrioun Wadi.

The Agrioun Wadi is located in the area of Kherrata in the South-east of the wilaya of Bejaia. These analyzes related to the concentrations in major elements and some physical elements such as the electric conductivity which reaches a value of $2270\mu\text{c}/\text{cm}$, for TDS of a value 1963 Mg , which exceeds the standards fixed by WHO. The interpretation of these data revealed that water of the Agrioun Wadi is charged with some elements of pollution. Water is judged of average quality.

Key words: Agrioun wadi, physicochemical parameters.