

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur
et de recherche scientifique

Eco. 45/07



01
01

Université de Jijel
Faculté des sciences
Département d'écologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en écologie végétale et environnement
Option : Pathologie des écosystèmes

Thème

Contribution à l'étude des paramètres physico-
chimiques et microbiologiques des eaux du
barrage El Agram (Chadia)

Jury :

- ❖ Président : Boudjfel . F
- ❖ Examinatrice : Khaled Khoudja . S
- ❖ Encadreur : Krika . A

Présenté par :

❖ Nasri Siham

Promotion : 2007

Remerciements

En premier lieu je tiens à remercier dieu tout puissant qui m'a aidé à réussir dans mes études et qui ma donné le courage et la volonté de réaliser cette étude.

Je remercie tout d'abords mon encadreur monsieur Krika qui m'a proposé ce sujet de recherche et m'a soutenu.

Il est de mon devoir de remercier monsieur Boudjlel et mademoiselle Khaled Khoudja qui ont bien voulu me honorer de leur participation à mon jury et pour avoir accepter d'évaluer ce modeste travail.

Mes remerciement vont également à l'ensemble des personnels du laboratoire de biologie surtout : Sonia et Soumia, ainsi que monsieur Mezouad responsable du laboratoire de l'ADE pour son orientation et ses précieux conseils.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements envers tous les collègues de la promotion 2007 écologie et spécialement : Samira, Nassim et Zinou.

MERCI

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I-1- L'eau.....	2
× I-2- Les Besoins en eau.....	2
✓ I-2-1- Les Besoins en eau de boisson.....	2
× I-2-2- Les Besoins domestique.....	2
✓ I-2-3- Les Besoins agricoles.....	2
× I-2-4- Les Besoins industriels.....	3
✓ I-2-5- Autre type de besoins.....	3
✗ I-3- Qualité générale des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement.....	3
I-3-1- les eaux souterraines.....	3
I-3-2- Les eaux de surface.....	3
I-3-2-1- Les eaux de courantes.....	4
I-3-2-2- Les eaux stagnantes.....	4
I-3-3- les eaux de mer.....	4
I-4- L'eau potable.....	4
I-4-1- La qualité de l'eau.....	4
× I-5- principaux paramètres physico-chimiques de l'eau destinée à la consommation.....	6
✓ I-5-1- La Température.....	6
✓ I-5-1-1- intérêt de la détermination.....	6
✓ I-5-1-2- Effets et nuisances.....	7
✓ I-5-2- Le pH.....	7
✓ I-5-2-1- Intérêt de la mesure du pH.....	7
✓ I-5-2-2- Effets et nuisances.....	7
✓ I-5-3- L'oxygène dissous.....	8

I-5-3-1- Intérêt de la détermination de la concentration de l'O ₂	8
I-5-3-2- Effets et nuisance.....	8
I-5-4- La Conductivité électrique.....	8
I-5-4-1- Intérêt de mesure de conductivité électrique.....	8
I-5-4-2- Effets et nuisances.....	9
I-5-5-La Turbidité.....	9
I-5-.5-1- Intérêt de la détermination.....	9
I-5-5-2- Effets et nuisances.....	9
I-5-6- La demande biochimique en oxygène DBO ₅	9
I-5-6-1- Intérêt de détermination de DBO ₅	10
I-5-6-2- Effets et nuisances.....	10
I-5-7- La Demande chimique en oxygène DCO.....	10
I-5-7-1- Intérêt de la détermination.....	10
I-5-8- les nitrates.....	11
I-5-8-1-Intérêt de la détermination.....	11
I-5-8-2- Effets nuisances.....	11
I-5-9- Les nitrites.....	11
I-5-9-1- Effets nuisances.....	11
I-6- Les paramètres microbiologiques.....	12
I-6-1- Les coliformes.....	12
I-6-1-1- Les coliformes totaux.....	12
I-6-1-2- Les coliformes thermotolérants on ficaux.....	12
I-6-2- Les streptocoques groupe D.....	12
I-6-3- Intérêt de la détermination.....	13
I-6-4- Effets et nuisances.....	13
I-7-Traitement des eaux.....	13
I-7-1-L'objectifs du traitement.....	15
I-7-2- Les étapes du traitement des eaux.....	15
I-7-2-1- Le dégrillage.....	15
I-7-2-2- L'aération.....	15

I-7-2-3- La coagulation.....	15
I-7-2-4- Flocculation.....	16
I-7-2-5- La décantation.....	16
I-7-2-6- Filtration.....	16
I-7-2-7- Désinfection.....	16

Chapitre II : Matériels et méthodes

II-1- Présentation de la zone d'étude.....	18
II-1-1- Localisation.....	18
II-1-2- Justification de l'aménagement.....	18
II-1-3- Caractéristiques principales.....	18
II-1-4- La Station de traitement d'eau de chadia.....	19
II-2- Climat.....	19
II-2-1- Caractéristique de la station de référence.....	19
II-2-2- La Pluviométrie.....	19
II-2-3- La Température.....	20
II-2-4- Synthèse climatique : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.....	21
II-3- Choix des Stations.....	22
II-4- Choix des paramètres.....	22
II-4-1- La Température.....	22
II-4-2- Le pH.....	22
II-4-3- L'oxygène dissous.....	22
II-4-4- La Conductivité.....	22
II-4-5- La Turbidité.....	23
II-4-6- La Demande biochimique en oxygène.....	23
II-4-7- La Demande chimique en oxygène.....	23
II-4-8- Les nitrates.....	23
II-4-9- Les nitrites.....	24

II-4-10- Les Paramètres microbiologiques.....	24
II-5- Méthodes d'analyses.....	25
II-5-1- Analyse Statistique.....	26

Chapitre III : Résultats et discussions

III-1-Résultats et discussions.....	27
III-1-1-Paramètres physicochimiques.....	27
III-1-1-1-La Température	27
III-1-1-2-Le pH.....	28
III-1-1-3-L'oxygène dissous.....	29
III-1-1-4-La conductivité électrique.....	30
III-1-1-5- Turbidité.....	32
III-1-1-6-La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	33
III-1-1-7-La demande chimique en oxygène (DCO).....	34
III-1-1-8-Le rapport DCO/ DBO ₅	36
III-1-1-9-Les nitrates.....	37
III-1-1-10- Les nitrites.....	38
III-1-2-Les paramètres microbiologiques.....	39
Conclusion	41
Références bibliographiques.....	42

Annexe

Introduction

L'importance de l'eau dans la vie quotidienne ne cesse de croître, et l'approvisionnement en eau potable devient de plus en plus difficile. Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne ; on est passé alors de l'emploi des eaux de source à une utilisation de plus en plus poussée des eaux de surface.

La région de Jijel est alimentée en eaux potables par le barrage d'El Agram situé dans le lieu dit chadia où convergent les différentes sources de la région montagneuse de Texenna.

La présente étude qui s'inscrit dans le cadre d'un mémoire d'ingénieur en écologie, était proposée suite à la contestation successive depuis ces dernières années de la plus part de la population jijelienne, devant la dégradation de la qualité des eaux de boisson, qui alimentent leurs robinet depuis le barrage d'El Agram.

Le travail s'articule sur trois chapitres principaux :

- Le premier est une synthèse bibliographique : qui s'attache à étudier les paramètres physico-chimiques et microbiologiques en cause et leurs effets indésirables en cas de dépassement de la norme.
- Le deuxième chapitre : traitera les techniques et les méthodes suivies lors de la réalisation de l'étude.
- Le troisième chapitre : sera réservé à l'analyse, la discussion et l'interprétation des résultats obtenus.

Le travail sera clôturé par une conclusion générale.

I-1- L'eau

L'eau doit être considérée comme élément liquide avec ses caractéristiques physico-chimiques particulières et ses multiples usages, mais également comme constitutif d'un milieu naturel d'un écosystème (**Grosclaude, 1999**).

L'eau est l'élément de la nature qui illustre aux mieux les liens étroits qui existent entre l'homme et son environnement, cette liaison est particulièrement étroite pour les besoins en eau de l'homme, puisque il consomme des quantités énormes d'eau et en polluent la totalité (**Bouziani, 2000**).

De ce fait le domaine de l'eau est très difficile à border et il en résulte une réglementation naturellement extrêmement complexe et deux aspects importants sont à considérer :

- ✚ Le milieu eau qu'il faut connaître.
- ✚ Le milieu eau qu'il faut gérer. (**Grosclaude, 1999**).

I -2- Les besoins en eau

I-2- 1-Les besoins en eau de boisson

Chez l'individu, les besoins corporels en eau sont plus impératifs que tout autre besoin, à part l'oxygène. Généralement, un sujet adulte élimine, par les urines, la sueur, la perspiration cutanée et la respiration pulmonaire environ trois litres d'eau, par jour .

L'homme a donc besoins quotidiennement d'une quantité égale dont la moitié est apportée par l'eau contenue dans les aliments solides, le reste, soit un litre et demi, est fourni journallement par les boissons (**Dajoz, 1982**).

I-2-2- Les besoins domestiques

Les besoins domestiques en eau sont nécessaires pour l'hygiène personnelle, les lavages divers, l'arrosage des jardins et aussi l'hygiène publique. La quantité nécessaire par habitant augmente proportionnellement avec la densité de la population et avec la taille des localités. (**Bouziani, 2000**).

I-2-3- Les besoins agricoles

Les besoins agricoles sont très important pour le développement de l'élevage et de l'agriculture et afin d'assurer une autosuffisance alimentaire. Pour l'irrigation, les besoins varient selon les régions et selon le type de plante (il faut par exemple 360 à 760 mm d'eau au m² pour le blé). (**Bouziani, 2000**).

I-2-4- Les besoins industriels

L'eau dans l'industrie contribue au fonctionnement des usines et au progrès technologique, mais les quantités d'eau nécessaires utilisés dans les complexes industriels deviennent énormes parfois et sont totalement polluées (**Bouziari, 2000**).

I-2-5- Autres types de besoins en eau

L'eau indispensable à toutes les activités humaines, mais aussi à l'entretien de l'environnement (les espaces vert) et pour les loisirs (natation, piscines, sport...). (**Bouziari, 2000**).

I-3- Qualité générale des eaux issues de diverses sources d'approvisionnement

Les réserves disponibles d'eaux naturelles sont constituées des eaux souterraines, des eaux de surface retenues on en écoulement et des eaux de mer (**Monod, 1989**).

I-3-1- Les eaux souterraines

Leur origine est due à l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et de sa structure géologique, elles se réunissent en nappes. Il en existe plusieurs types :

- ✚ la nappe libre est directement alimentée par les eaux de ruissellement, très sensible à la pollution.
- ✚ la nappe captive est séparée de la surface du sol par une couche imperméable elle n'est donc pas alimentée directement par le sol (**Cardot, 2001**).

Les principales caractéristiques des eaux souterraines sont :

- ✚ Turbidité faible
- ✚ Contamination bactérienne faible
- ✚ Température constante
- ✚ Indice de couleur faible
- ✚ Débit constant (**Desjardins, 1990**)

I-3-2- Les eaux de surface

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (**Monod, 1989**), elles se forment soit de l'émergence des nappes profondes en source, soit du rassemblement d'eau de ruissellement. Elles sont généralement riches en oxygène dissous, en matières en suspension et organiques et elles sont très sensibles à la pollution (**Cardot, 2001**).

Elles contiennent :

I-3-2-1- Les eaux courantes

Ce sont les eaux courantes des rivières et des fleuves dénommées eaux à faciés lotique en écologie, elle présentent une stratification longitudinale (Faurie et al, 1998). Elles sont caractérisées par une surface de contact eau- atmosphère et une vitesse de circulation appréciable (Monod, 1989).

I-3-2-2- Les eaux stagnantes

Elles sont caractérisées par une surface d'échange eau- atmosphère quasiment immobile et une profondeur qui peut être importante et un temps de séjour appréciable. Elles peuvent se trouver stockées en réserves naturelles (lacs, mares, étangs) ou artificielles (retenues, barrages). (Monod, 1989).

I-3-3- Les eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on utilise parce qu'il n'y a pas moyen d'approvisionner en eau douce.

Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sel dissous, c'est ce qu'on appelle leur salinité, elle varie de 33000 à 37000 mg/l (Desjardins, 1990).

I-4- l'eau potable

L'eau potable est une eau qui est apte à être utilisée par l'être humain (Bliefert et Perraud, 2001). Cette dernière doit plaire au consommateur et ce ci sera le cas pour une eau fraîche, limpide, sans couleur, sans odeur et de saveur (Franck, 2002) aussi pauvre en germes microbiens que possible et en matières en suspensions, ne pas renfermer des substances chimiques pouvant provoquer des maladies et ne pas avoir des propriétés agressives vis-à-vis des canalisations (Kettab, 1992).

+ I-4-1- La Qualité de l'eau

L'eau considérée souvent comme un symbole de pureté, vecteur privilégié de la vie et élément indispensable de l'activité humaine, et est depuis quelques années le produit alimentaire le plus surveillé et dont les normes de qualité ne cessent d'être développées.

L'eau est un élément naturel qui fait l'objet d'une surveillance intense à travers le monde, les objectifs majeurs de la surveillance de la qualité de l'eau sont de préserver la santé des consommateurs.

La surveillance de la qualité de l'eau et de l'état des sources, des puits, des installations hydrauliques et des réseaux de distributions est une activité fondamentale de prévention (Bouziani, 2000).

Le tableaux (I) récapitule la norme de la qualité des eaux de surface .Ainsi le tableaux (II) fixe les limites de qualité des eaux destinées à la consommation.

Tableau I. Grille de qualité des eaux superficielles.

Classe de qualité paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Excessive
Température	°C	25	>25	30	>30	-
pH	Unité pH	6,5-8,5	5,5-9	-	-	-
O ₂ dissous	Mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<50	0
Conductivité	µs/cm	400	1000	1000	-	-
Turbidité	UJT	5	5-7	10	>10	-
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
Nitrates (NO ₃)	Mg/l	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
Nitrites (NO ₂)	Mg/l	<0.1	0.1 à .02	0.3 à 1	1 à 2	>2
Coliformes totaux (100 ml)	n/100ml	50	50-5000	>5000	-	-
Coliformes fécaux (100 ml)	n/100ml	20	20-2000	>2000	-	-
Streptocoques D (50 ml)	n/50ml	20	20-1000	>1000	-	-

Source : (cahier de l'agence ABH, 2002)

- | | | | |
|---|--------------------------|---|--------------------------|
|  | Eau d'excellente qualité |  | Eau de qualité médiocre |
|  | Eau de bonne qualité |  | Eau excessivement pollué |
|  | Eau de qualité passable | | |

Tableau II : Limites de qualité des eaux destinées à la consommation (journal officiel algérien, 1998).

Paramètres	paramètre	Limite de qualité
Paramètres physico-chimiques liés à la structure naturelle des eaux	Température (C°)	25
	pH (unité de pH)	$6,5 \leq pH \leq 9$
	O ₂ dissous (mg/l)	>7
	Conductivité (µs/cm)	400
	Turbidité (UJ)	2
	DBO ₅ (mg/l)	–
	DCO (mg/l)	–
Paramètre concernant les substances indésirables	Nitrates (mg/l)	≤50
	Nitrites (mg/l)	0,1
Paramètre microbiologiques	Coliformes totaux 37 C° (100 ml)	<10
	Coliformes fécaux/100ml	absence
	Streptocoques D/50ml	absence

I-5- Principaux paramètres physicochimiques de l'eau destinée à la consommation

I-5-1- la température

La température est un facteur écologique important du milieu (**Gaujous, 1995**). Elle joue un rôle important dans la modification des propriétés chimiques (**Rodier, 1978**).

I-5-1-1- Intérêt de la détermination

Elle peut influencer sur l'activité biologique, car la vie ne peut exister que dans une marge étroite de température. A une température élevée, la solubilité d'un gaz diminue et la conductivité est élevée (valeur normale 20C°). d'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air (**Rodier, 1996**)

↳ I-5-1-2- Effets et nuisances

La diminution de la température entraîne les effets suivants :

- ✚ diminution de l'efficacité des traitements dans la désinfection.
- ✚ augmentation de la viscosité de l'eau.
- ✚ diminution des vitesses de sédimentation et de filtration (**Savary, 2003**).

L'augmentation de la température à diverses conséquences :

- ✚ croissance bactérienne favorisée induisant des problèmes de saveur, de couleur, de corrosion voire d'hygiène (**potelon et Zysman, 1998**).

I-5-2- Le pH

Le pH est le nombre variant de 0 à 14 exprimant la quantité d'ions H_3O^+ présents dans une solution (**Loup, 1974**). Le pH influence beaucoup sur l'activité biologique qui est induit généralement à un pH compris entre 5 et 9 (**Rodier, 1984**).

Généralement le pH est élevé en été quand la photosynthèse est rapide et bas en hiver ou la plus part de la végétation de l'été se décompose. Sa valeur change dans l'espace et dans le temps (**Leynaud et Verrel, 1980**).

I-5-2-1- Intérêt de la mesure de pH

- ✚ Ce paramètre conditionne l'équilibre physico-chimique d'une eau (**Bremond, 1973**). Le contrôle du pH permettra de maintenir une eau à l'équilibre en évitant qu'elle soit agressive ou incrustante (**Franck, 2002**).

I-5-2-2 Effets et nuisances

Des pH acides peuvent provoquer une corrosion sévère des tuyauteries métalliques conduisant à une augmentation des concentrations de certaines substances métalliques (plomb, cadmium).

Des pH supérieurs à 8 entraînent une diminution de l'efficacité du processus de désinfection au chlore car celui-ci se trouve sous forme non bactéricide. (**potelon et Zysman, 1998 et Savary, 2003**).

I-5-3- L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie des êtres vivants et conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. Dans le domaine de l'épuration, il est indispensable pour la dégradation biologique des matières polluantes qui se fait principalement en aérobiose (Franck, 2002). Les eaux superficielles au contact permanent avec l'atmosphère, sont également les plus riches en oxygène (7 à 8mg /l) (Mounier, 1933).

I-5-3-1- Intérêt de la détermination de concentration de l'oxygène

Cette détermination est plus intéressante au niveau du procédé de traitement pour renseigner sur sa fiabilité, en particulier pour les procédés d'épurations biologique (Franck, 2002) pour maintenir une concentration d'oxygène dissous satisfaisante, il faut veiller par exemple à ce que les teneurs en matières oxydables demeurent aussi faibles que possible (Savary, 2003).

I-5-3-2- Effet et nuisances

La diminution de l'oxygène dissous jusqu'à moins de 80% environ de la saturation entraîne une altération organoleptique de l'eau ce pendant, elle ne représente aucun effet direct sur la santé (Savary, 2003).

I-5-4- la conductivité électrique

La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique, elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations (Franck, 2002).

La mesure de conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau, son augmentation est proportionnelle à la température, elle s'exprime généralement en micro -siemens par centimètre ($\mu\text{s/cm}$) (Ramade, 1998).

I-5-4-1- Intérêt de mesure de conductivité électrique

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et d'ensuire l'évolution. Dans le contrôle de l'eau potable l'intérêt de cette détermination réside dans un enregistrement en continu de cette valeur qui permettra de déceler des variations de composition ionique de l'eau pouvant traduire des arrivées d'eaux parasites (Franck, 2002).

I-5-4-2- Effets et nuisances

La conductivité étant que telle n'a pas d'effets sur la santé puisqu'elle reflète la concentration de l'ensemble des minéraux dissous.

La minéralisation de l'eau peut entraîner selon les cas un goût salé (variable selon la nature des sels présents) (Savary, 2003).

I-5-5- Turbidité

C'est la diminution de transparence des eaux causée par la présence de sédiments et autres matières en suspension ainsi que, de la plus ou moins grande abondance du plancton (Ramade, 1993), l'appréciation de l'abondance de ces matières mesure le degré de turbidité (Rodier, 1974).

I-5-5-1- Intérêt de mesure de la turbidité de la détermination.

La turbidité sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace. Les mesures de turbidité ont donc un grand intérêt dans le contrôle des eaux brutes (Rodier, 1996).

I-5-5-2- Effets et nuisances

Les risques sanitaires ne sont pas directement liés à la présence des particules en suspension mais aux bactéries, parasites et surtout les virus qui s'y fixent et sont ainsi protégés de l'action des désinfectants.

Le risque microbiologique est aggravé par la présence des matières organiques qui neutralisent le désinfectant.

Par ailleurs les particules en suspension peuvent générer des saveurs et des odeurs désagréable (Potelon et Zysman, 1998).

I-5-6- Demande biochimique en oxygène DBO₅

Cette valeur est la quantité d'oxygène que des bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO₂ des substances organiques dans l'eau, en ce temps donné (Bliefert et Perraud, 2001). On la mesure dans des tests normalisés après 5 jours d'oxydation des matières organiques d'où le terme de DBO₅ (Ramade, 1998).

I-5-8- Les nitrates

Des sels minéraux de l'acide nitrique. Les nitrates sont des éléments minéraux nutritifs tant pour les organismes autotrophes terrestres qu'aquatiques (**Ramade, 1998**).

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et ils se trouvent naturellement dans les eaux de surface ainsi que dans les eaux souterraines (**Franck, 2002**)

I-5-8-1- Intérêt de la détermination

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur le sol constituant le bassin versant. Leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3 mg/l dans les eaux superficielles et quelques mg/l dans les eaux souterraines. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates (**Franck, 2002**).

I-5-8-2- Effets et nuisances

Ces nitrates dans le milieu naturel ne sont pas directement toxiques mais participent à l'important phénomène d'eutrophisation des eaux stagnantes, Ce phénomène touche maintenant les eaux stagnantes et le littoral (**Fanck, 2002**).

L'effet des nitrates ne sont pas en eux mêmes dangereux pour la santé mais c'est leur transformation en nitrites dans l'organisme qui présente un. potentiel toxique (**Potelon et Zysman , 1998**).

I-5-9- Les nitrites

La présence des nitrites d'origine naturelle est très rare (**Franck, 2002**) .les sels de l'acide nitreux (NO_2^-) se forment lorsque les conditions sont réductrices (**Ramade, 1993**).

Les nitrites proviennent sont d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque sont d'une réduction des nitrates (**Rodier, 1972**).

I-5-9-1- Effets et nuisances

Leur présence dans l'eau soulève de sérieux problèmes pour la santé publique (**Ramade, 1993**).

Les nitrites peuvent être dangereux tant à court terme qu'à long terme. Cette nocivité revêt d'eux aspects :

- ✚ La transformation de l'hémoglobine du sang en méthémoglobine.
- ✚ les nitrites sont considérés comme des agents mutagènes. (**Franck, 2002**).

I-6- Les paramètres microbiologiques

L'analyse bactériologique de l'eau a pour but de mettre en évidence la présence des bactéries dites pathogènes qui modifient l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée.

L'eau destinée à l'alimentation autant que boisson ou à l'industrie alimentaire en générale doit présenter une grande pureté du point de vue microbiologique (**Belhouel et al, 2002**).

I-6-1- Les Coliformes

Sous les termes coliformes sont regroupées certaines espèces bactériennes appartenant à la famille des *enterobacteriaceae*.

Selon l'organisation internationale de standardisation (ISO) se sont des : « bacilles à gram négatif, non sporogènes, oxydases négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possèdent des activités inhibitrices de croissance similaires et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures (**Franck, 2002**) .

On distingue dans l'analyse des eaux deux groupes au plan nosologique (**Ramade, 1998**).

I-6-1-1- Coliformes totaux

Rencontrés les eaux naturelles et de sols incultes, ces espèces nouvellement mises en évidence, sont largement répandues dans les eaux de distribution et peuvent donc être confondues avec les coliformes fécaux , leur température optimale de croissance se situant entre 30°C . Elles sont incapables de se multiplier à haute température (supérieure à 42°C) mais capables de se multiplier à 4 °C. (**Franck, 2002**).

I-6-1-2- Coliformes thermotolérants ou Coliformes fécaux

Rencontrés dans les matières fécales humaines ou animales, les eaux usées et les eaux de surface polluée, leur température optimale de croissance se situe à 37 °C , mais il sont capables de se multiplier à des températures élevées jusqu' 44 °C. (**Franck, 2002**).

I-6-2- les Streptocoques du groupe D

Bactéries de gram positive, sphériques à ovoïdes, formant des chaînettes .sporulées, catalase négative, possèdent l'antigène de groupe D, cultivant en anaérobiose à 44 °C et capables d'hydrolyser l'éculline en présence de 40 % de bile. (**Franck, 2002**).

I-5-6-1- Intérêt de détermination de DBO₅

L'oxygène maintient le développement de la flore et de la faune présentes dans le milieu naturel. La détermination de la DBO a donc pour but d'évaluer cette nuisance et d'en estimer les effets, même si ceux-ci ne sont pas uniquement liés à la valeur de la DBO mais aussi aux conditions hydrauliques et météorologique du milieu récepteur (**Franck, 2002**).

I-5-6-2- Effets et naissances DBO₅

La DBO₅ est un indicateur crucial de la santé d'une rivière, certains organismes vivants dans l'eau sont très importants pour en assurer l'équilibre, ils décomposent les matières organiques en des substances moins complexes mais ces organismes ont besoin de l'oxygène pour leur existence. Une DBO₅ élevée indique que l'oxygène est en déficit et que les organismes vont mourir et qu'il n'y a pas de renouvellement de l'oxygène perdu (**Connolly, 1995**).

L'augmentation de la charge en matières dégradables, par conséquent de la DBO₅ entraîne une augmentation parallèle des bactéries et des cyanophycées et une diminution de la diversité de phytoplancton (**Argelin, 1980**).

La valeur déterminée par l'organisation mondiale de la santé pour la DBO₅ résulte de 4 mg/l, dépassant cette valeur d'eau n'est plus consommable car elle peut être favorable au développement des bactéries et des germes pathogènes ou indésirables (**Kemp, 1971**).

I-5-7- Demande chimique en oxygène DCO

Il s'agit de la quantité d'oxygène qui est nécessaire pour oxyder principalement les composés organiques présents dans l'eau (**Bliefert et Perraud, 2001**).

La quantité d'oxygène est exprimée en milligramme d'oxygène par litre d'eau (mg/l) (**Grosclaude, 1999**).

I-5-7-1- Intérêt de la détermination de DCO

La signification de la DCO est contenue dans son principe, elle ne représente rien d'autre qu'un phénomène d'oxydation chimique des molécules oxydables d'une eau, et ne peut être comparée à la biodégradabilité d'un effluent (déterminée par DBO₅). Elle ne permet donc pas de prédire l'effet de la matière organique dans le milieu récepteur (**Franck, 2002**).

I-6-3- Intérêt de la détermination

L'eau destinée à la consommation humaine peut donc contenir des microorganismes pathogènes pouvant être responsable d'épidémies. Ce risque microbiologique est aigu et correspond à une pollution essentiellement intermittente, c'est pourquoi on va chercher non pas la présence de l'agent impliqué mais la possibilité de la présence de cet agent, la recherche des streptocoques fécaux ne doit être considérée que comme un complément à celle des coliformes et, en particulier, des coliformes thermotolérants. La présence de streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes thermotolérants pour être le signe certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation (**Franck, 2002**).

I-6-4- Effets et nuisances

Les maladies liées à l'eau sont une tragédie humaine, il s'agit de plusieurs groupes d'infections qui tuent encore des millions de personnes et empêchent des millions de mener une vie saine et productive (**Anonyme, 1978**). La santé humaine est altérée s'il ne dispose pas d'eau pour boire et se nourrir, mais aussi, si l'eau dont on dispose est de mauvaise qualité ou bien si elle est polluée par des substances toxiques ou par agents pathogènes (**Anonyme, 1998**). Parmi les infections hydriques dont l'impact sur la santé publique est important, on distingue surtout les maladies hydriques d'origine bactérienne, Les conséquences sont en très grande majorité des gastro-entérites (nausées, vomissements, diarrhées, fièvre, douleurs abdominales) (**Bouziati, 2000**).

I-7- Traitement des eaux

Les eaux brutes destinées à la consommation qu'elles soient d'origine superficielle ou profonde, sont souvent trop chargées en particules ou en polluants divers avant leur utilisation et leur distribution aux consommateurs, elles doivent impérativement faire l'objet de plusieurs procédés de traitement et de désinfection. (**Bouziati, 2000**)

Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, la quelle est en fonction de son origine et peut varier dans le temps. L'eau à traiter doit donc être en permanence analysée car il est primordial d'ajuster le traitement d'une eau à sa composition et si nécessaire la modules dans le temps en fonction de la variation observée de ses divers composants (**Berné et cordonnier, 1991**).

Tableau III : limites de qualité des eau brutes destinées à la production d'eau de consommation selon la norme française :

Groupe de paramètres	paramètres	A1	A2	A3
Paramètres physico-chimiques liés à la structure naturelle des eaux	Température	25	25	25
	pH	6,5-8,5	5,5-9	5,5-9
	Taux de saturation en oxygène dissous (% O ₂)	>70	>50	>30
	Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$	1000	1000	1000
	turbidité	5	5-7	10
	DBO ₅	<3	<5	<7
	DCO	<20	20-25	25-40
Paramètres concernant les substances indésirables	Nitrates (mg/ l NO ₃)	≤ 50	≤ 50	≤ 50
	Nitrites (mg/l NO ₂)	<0,1	<0,1	<0,1
Paramètres microbiologiques	Coliformes totaux 37°C (100 ml)	50	5000	50000
	Coliformes thermotolérants (100 ml)	20	2000	20000
	Streptocoques fécaux D (100 ml)	20	1000	10000

- A1, A2, A3 procédés de traitement types permettant la transformation des eaux superficielle en eau alimentaire.

A1 = traitement physique simple et désinfection.

A2 = traitement normal physique, chimique et désinfection.

A3 = traitement physique chimique poussé, affinage et désinfection.

I-7-1- Objectifs du traitement

Pour définir l'objectif du traitement, deux paramètres s'imposent :

a- La connaissance de l'eau à traiter

- ✚ analyses complètes sur l'échantillon représentatif.
- ✚ méthodes d'analyses et de prélèvement.
- ✚ variations annuelles des caractéristiques de l'eau à traiter avec la connaissance des maxima et minima. (Kettab, 1992)

b- La définition des objectifs exacts du traitement

- ✚ la santé publique.
- ✚ L'agrément du consommateur.
- ✚ La protection du réseau distribution, et aussi des installations des usagers. (Kettab, 1992)

I-7-2- Les étapes de traitement des eaux

I-7-2-1- Le dégrillage

Le dégrillage, premier poste de traitement, indispensable aussi bien en eau de surface qu'en eau résiduaire, permet de :

Protéger les ouvrages aval contre l'arrivée de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation
Séparer et d'évacuer facilement les matières volumineuses charriées par l'eau brute, qui pourrait nuire à l'efficacité des traitements suivants, ou en compliquer l'exécution. (Bernard, 1989).

I-7-2-2- Aération

L'aération est une opération qui consiste à mettre en contact intime l'eau et l'air. Elle peut avoir plusieurs objectifs :

- ✚ Eliminer les gaz en excès : gaz carbonique, hydrogène sulfuré (pour en faire disparaître l'odeur).
- ✚ Introduire de l'oxygène, soit pour en accroître la teneur, soit pour assurer l'oxydation de certains corps réducteurs (en particulier les ions ferreux et manganéux). (Masschelin, 1996).

I-7-2-3- Coagulation

La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est à dire de faciliter leur agglomération, en pratique ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques. (desjardins, 1988).

I-7-2-4- Flocculation

Sous le terme de flocculation on entend tous les processus physicochimiques ou relevant du génie chimique, par les quels des particules colloïdales ou des solides en fine suspension qui ne peuvent pas être séparés par filtration car ils sont trop fins ou qui ne sédimentent que très lentement, sont transformées en espèces plus visibles et séparables, qu'on appelle des floccs (**Bliefert et perraud, 2001**).

I-7-2- 5- Décantation

Procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau, ces particules sont en générale des particules de flocc. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement l'eau clarifiée située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration (**desjardins, 1988**)

I-7-2-6- Filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux.

Les solides en suspension ainsi retenue par le milieu poreux s'y accumulent, il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou façon intermittente.

La filtration habituellement précédée des traitements de coagulation, flocculation et de décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries et amélioration de goût, de couleur et d'odeurs (**Desjardins, 1988**).

I-7-2-7- Désinfection

La désinfection est un traitement visant à éliminer les micro-organismes pathogènes, virus et parasites ainsi que la majorité des germes banals moins résistants. C'est le moyen de fournir une eau bactériologiquement potable, tout en y maintenant un pouvoir désinfectant suffisamment élevé pour éviter les reviviscences bactériennes dans les réseaux de distribution. La désinfection est un post-oxydation, en eau potable, elle est assurée par des oxydants chimiques tels que le chlore (Cl_2), le dioxyde de chlore (ClO_2), l'ozone O_3 et dans certains nombres de cas, par un procédé physique comme le rayonnement UV (**Cardot, 2001**).

II-1- Présentation de la zone d'étude

II- 1-1- Localisation

Le barrage d'El Agrem est situé à 12 Km environ au Sud Est de la ville de Jijel dans la commune de Kaous-Daira de Texenna au dessous des monts de Sidi Yahaia sur l'oued EL Agram. (figure.01)

II- 1-2- Justification de l'aménagement

Le barrage El Agrem est destiné pour l'irrigation d'environ 5000 ha des plaines côtière de Jijel à l'aval du barrage et pour l'approvisionnement en eau de la ville de JIJEL et des localités environnante (Kaous, Emir Abdel Kader).

II- 1-3- Caractéristiques principales

a- Retenue

- ✚ Capacité brute : 38 millions de m³
- ✚ Capacité utile : 35 millions de m³

b- Hydrologie

- ✚ Superficie du bassin versant : 39.5 Km²
- ✚ pluviométrie interannuelle moyenne : 1225 mm

c- Galerie de dérivation

- ✚ Longueur : 440 m
- ✚ Section : circulaire 4m
- ✚ Capacité d'évacuation (sous H=12m) : 140 m³/sec

d- Galerie de vidange

- ✚ Capacité d'évacuation : 90 m³/sec
- ✚ Equipement de contrôle : 1 vanne de garde avec clapet

e- Tour de prise d'eau

- ✚ Tour submergée au niveau 110
- ✚ Alimente 2 tuyaux de 800 placés dans le radier de la dérivation
- ✚ Deux vannes à jet creux à l'extrémité

f- Evacuation de crues

- ✚ Seuil déversant en rive droite : longueur 10 m
- ✚ Coursier en béton : longueur 160 m
- ✚ Cuillère en béton : type en saut de ski

II- 1-4- La station de traitement d'eau de Chadia

Elle entre dans le cadre de l'alimentation en eau potable des centres urbains (Jijel, Kaous, Emir Abdel kader).Elle produit de l'eau traitée des eaux brutes du barrage El Agram, avec un débit d'entrée entre 800m³/h et 1000 m³.

II-2- Climat**II-2-1- Caractéristiques de la station de référence**

L'analyse climatique est réalisée à partir des données établies par l'office national de météorologie (O.N.M). Pour la station de Jijel, en raison de sa proximité du site de l'étude et du fait que les séries pluviométrique des vents et de l'humidité sont complètes.

Pour l'analyse des données climatiques on dispose d'une série d'observation allant de 1985 à 2006, soit une période de 20 ans.

Les coordonnées géographique de cette station sont : 36°83 N de l'altitude et de 07°82 E de longitude.Elle se trouve à une altitude de 3m.

II-2-2- Pluviométrie

Le tableau ci-dessous montre que la moyenne pluviométrique annuelle, enregistrée sur une période de 20 ans (1985-2006), est de 987 mm. La période pluvieuse se situe entre les mois de septembre à mai, totalisant 938 mm, soit 97,06 % des précipitations.

Tableau IV. Moyennes mensuelles de précipitation.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Pluviométrie (mm)	148	114	81	80	47	13	4	12	71	80	143	194	987

Source O.N.M (1985-2006)

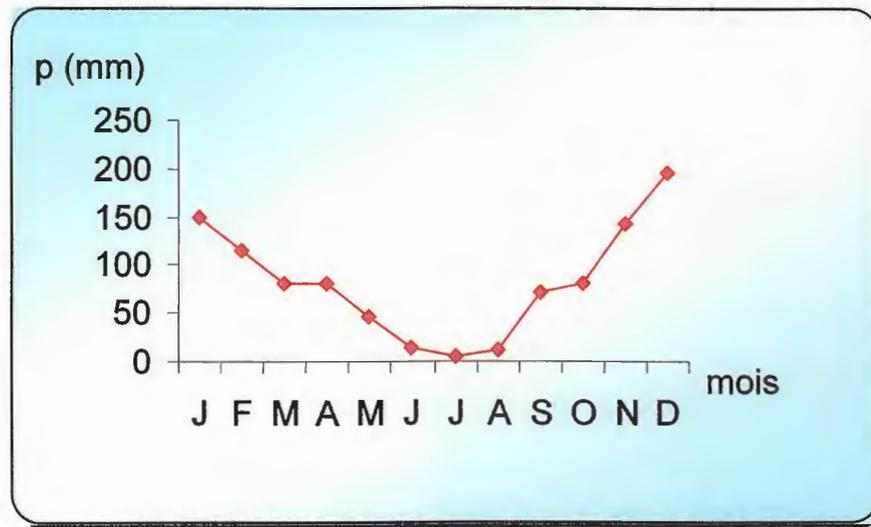


Figure 02. Moyennes mensuelles de précipitation.

II -2-3- la température

Comme pour les précipitations les données concernant les températures ont été obtenues de l'office national de météorologie (O.N.M).

Il ressort que la température annuelle moyenne est relativement douce, elle est de l'ordre de 17,78C° d'après le tableau IV

Tableau V. Moyennes mensuelles de températures.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
T°C	11,3	11,6	13,2	14,9	18,2	21,5	24,7	25,8	23,5	20,4	15,7	12,6	17,78

Source O.N.M (1985-2006)

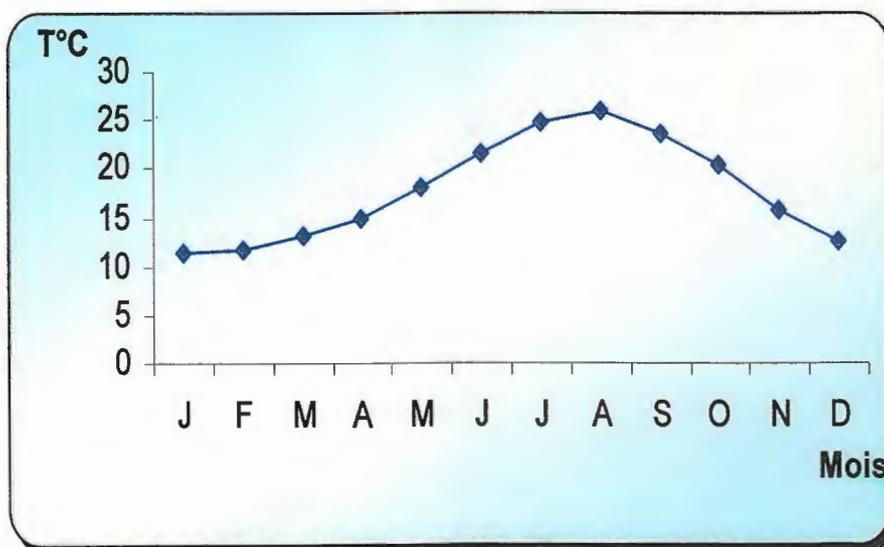


Figure 03. Moyennes mensuelles de température.

II-2-4- Synthèse climatique : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Afin d'avoir une idée sur le caractère des saisons dans la région nous avons établi le diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour la station de jijel. L'intersection des deux courbes de précipitation et de température, montre une saison sèche relativement courte, s'étalant du mois de juin au mois de septembre, et une saison humide qui s'étend sur le reste de l'année (figure 04)

Notons toute fois que les valeurs des précipitations sont le double des valeurs des températures.

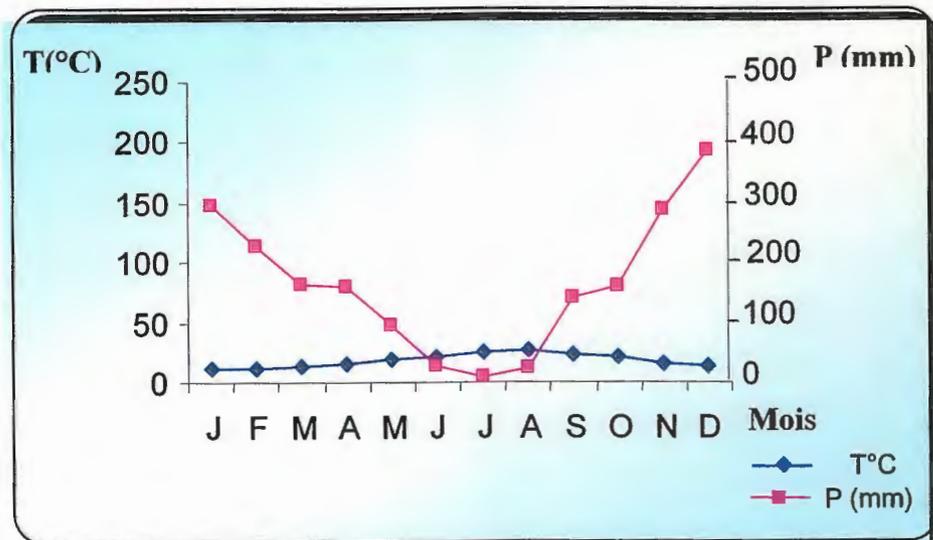


Figure 04. Diagramme Ombrothermique de GUASSEN.

II-3- Choix des stations

- 📍 Station 1 : se situe sur la rive droite du barrage
- 📍 Station 2 : se situe sur la rive gauche du barrage
- 📍 Station 3 : se situe avant l'entrée de station de traitement
- 📍 Station 4 : à la sortie de la station de traitement c'est de l'eau traitée

Au niveau de chaque station, on a effectué 3 répétitions (Figure 05).

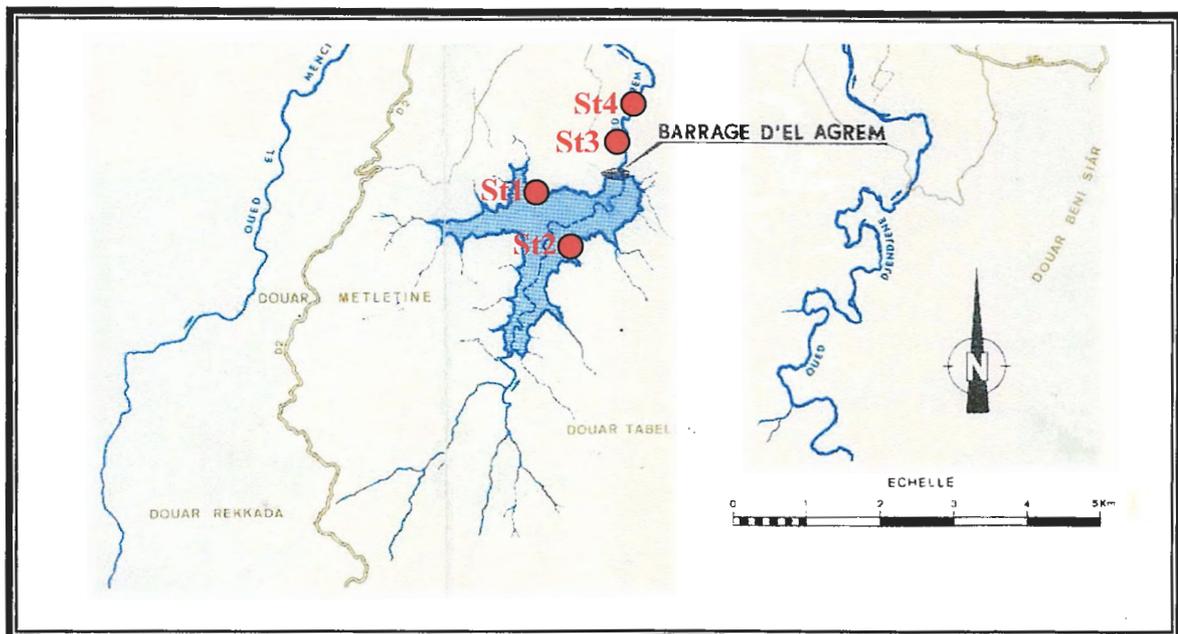


Figure 05. Localisation des stations de prélèvement.

II-4- Choix des paramètres

II.4.1. La température

La température d'une eau potable devrait être inférieure en été et supérieure en hiver à la température de l'air parce que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit se situer entre 8 et 15°C, entre 20 et 25 °C elle désaltère mal (Rodier, 2005) l'élévation de la température de l'eau est une pollution, elle modifie le taux d'oxygène dissous (Loup, 1974 et Ramade, 1982).

II-4-5- La turbidité

La plupart des eaux superficielles ont une turbidité importante et leur consommation directe est impossible (Rodier, 2005).

II-4-2- Le pH

Le pH est une mesure physico-chimique donnant les indications sur les déversements anormaux de rejets fortement basiques ou acides. Il y a une grande influence sur l'activité des microorganismes durant l'épuration biologique (Loup, 1974).

II-4-4- La conductivité

La mesure de la conductivité permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau et d'en suivre d'évolution (**Rodier, 2005**), c'est un indice global pour détecter l'origine de certains polluants (**Leynaud, 1980**).

II-4-3- L'oxygène dissous

La saturation en oxygène de l'eau à la température considérée est assurée par les échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère à travers l'interface an eau (**Leynaud, 1980**). L'oxydation biologique des matières organiques carbonées joue un rôle très important dans la diminution du taux d'oxygène dans l'eau (**Eckenfelder, 1982**).

II-4-6- La demande biochimique en oxygène

Les phénomènes d'autoépuration naturelle dans les eaux superficielles résultent de la dégradation des charges organiques polluantes, sous l'action de microorganismes. Il en résulte une consommation d'oxygène qui s'exprime par la demande biochimique en oxygène ou DBO₅. il faut se convenir que dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO₅ peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs, d'où l'intérêt de ne pas considérer la DBO₅ comme unique critère d'estimation de la qualité d'une eau (**Rodier, 2005**)

II-4-7- La demande chimique en oxygène

C'est un paramètre qui donne une indication sur les quantités des substances chimiquement oxydables présentes dans l'eau. (**Bliefert, 2001**). Elle permet donc d'estimer de manière assez satisfaisante la quantité totale de matière organique contenue dans une eau (**Franck, 2002**).

II-4-8- Les nitrates

Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux proviennent en grande partie de l'action de l'écoulement des eaux sur les sol constituant le bassin versant, leurs concentrations naturelles ne dépassent pas 3mg/l dans les eaux superficielles et quelques mg/l dans les eaux souterrains. La nature des zones de drainage joue donc un rôle essentiel dans leur présence et l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates (**Franck, 2002**).

II-4-9- Les nitrites

Leur présence est due soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates, ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates (Franck, 2002).

Une eau refferme des nitrites est considérée comme suspecte car ces derniers sont souvent associés a une détérioration de la qualité microbiologique (Rodier, 2005).

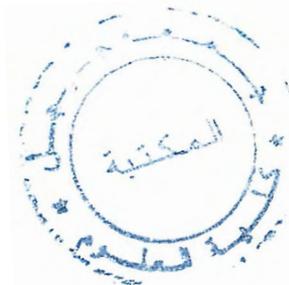
II-4-10- Les paramètres microbiologiques

Le risque toxique dans le domaine de l'eau est dans la presque totalité des cas un risque chimique. Au contraire , le risque microbiologique est un risque aigu correspond à une pollution essentiellement intermittente , il ne s'agit donc plus de rechercher la présence et la concentration de l'agent du risque comme c'est le cas le plus fréquent dans le risque chimique mais de prévoir dans qu'elle mesure une telle présence pourrait survenir, il faut en outre, à la suite de cette prévision, évaluer l'acceptabilité du risque en tenant compte des modalités d'utilisation de l'eau (Rodier, 2005)

II-5- Méthodes d'analyses

Tableau V. Les méthodes utilisées pour les différents dosages.

Paramètres	Unité	Méthodes d'analyses
Température	°C	Utilisation d'un thermomètre classique
pH	-	A l'aide d'un pH mètre
Oxygène dissous	mg/l	Utilisation d'un oxymètre
Conductivité électrique	µs/cm	Utilisation d'un conductimètre de type HANA
Turbidité	UJT	Utilisation d'un turbidimètre
Demande biochimique en oxygène DBO ₅	mg/l	Selon la méthode de HACH 1979
Demande chimique n oxygène DCO	mg/l	Selon la méthode de HACH 1979
Nitrates NO ₃	mg/l	Selon la méthode de RODIER 1996
Nitrites NO ₂	mg/l	Selon la méthode de RODIER 1996
Paramètres microbiologiques	n/100ml	Technique de dénombrement sur milieu liquide



II-5-1- Analyse statistique

Pour le calcul des statistiques élémentaires et pour une meilleure illustration des résultats nous avons procédé au calcul des moyennes, d'écartype, l'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de la variance (ANOVA), tous les calculs ont été effectués en utilisant les logiciels STATISTICA (version 6.0), pour illustrer nos résultats, nous avons réalisé des histogrammes.

III-1-Résultats et discussions

III-1-1-Paramètres physicochimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques sont représentés dans les tableaux (VIII-XVIII) et les figures (06-14). Les résultats obtenus seront comparés à ceux de la norme Française pour les stations (St01, St02 et St03) mentionnées dans le tableau (III) représentant l'eau brute destinée à la production d'eau de consommation, et cela vue l'absence de norme Algérienne. Pour l'eau potable nous avons utilisé la norme Algérienne, tableau (II).

Tableau VII. Matrice de corrélation globale.

Variable	T-C	PH	OD	CE	DBO	DCO	TUR	NO ₃	NO ₂
TC	1.00								
pH		1.00	.68	-.71	-.80				
OD			1.00			-.60			
CE				1.00					
DBO					1.00			-.70	
DCO						1.00			
TUR							1.00	.89	
NO ₃								1.00	
NO ₂									1.00

III-1-1-1-La Température

L'étude des valeurs du tableau (VIII) et l'observation de la figure (06), nous laisse dire que la variabilité stationnelle concernant ce paramètre est faible. Ces valeurs sont comprises dans un intervalle variant en moyenne de $19,33 \pm 0,24$ °C pour la station (St 01) à $18,76 \pm 0,17$ °C pour la station (St 02). Les stations (St 03) et (St 04) enregistrent respectivement des valeurs moyennes de température de $18,93 \pm 0,04$ °C et $18,83 \pm 0,22$ °C. D'après ces résultats, on constate qu'ils sont loin de dépasser la norme en vigueur que ce soit pour les stations (St 01, St 02 et St 03), comparativement à la norme française ou pour celle de la station (St 04) par rapport à la norme Algérienne.

Cette variabilité stationnelle était vérifiée par l'analyse de la variance (ANOVA) qui a montré l'absence d'un effet station significatif.

Tableau VIII. Valeurs de la température spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
T (°C)	19,5 19 18,9	18,5 18,9 18,9	18,9 18,9 19	19 18,5 19
Moy ± écartype	19,33 ± 0,24	18,76 ± 0,17	18,93 ± 0,04	18,83 ± 0,22

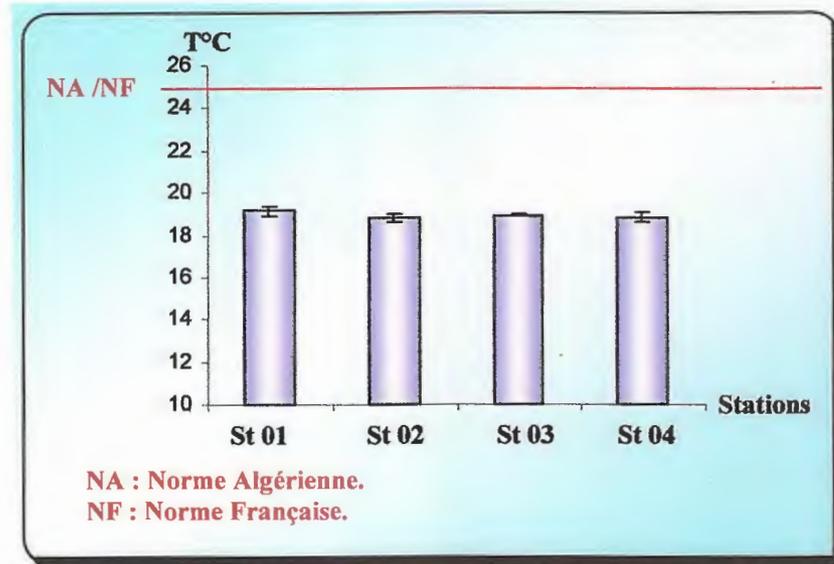


Figure 06. Variation de la température spatiale de l'eau.

III-1-1-2-Le pH

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, d'après les résultats du tableau(IX), on constate que les valeurs moyennes du pH varient de $9,02 \pm 0,015$ au niveau de la station (St 01) à $7,95 \pm 0,02$ au niveau de la station (St 03), les valeurs moyennes des deux autres stations (St 02) et (St 04) varient respectivement de $9,03 \pm 0,01$ à $8,00 \pm 0,02$.

Tableau IX. Valeurs du pH spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
pH	9,01	9,04	7,98	8,03
	9,04	9,02	7,96	8
	9,02	9,03	7,93	7,99
Moy \pm SD	$9,02 \pm 0,015$	$9,03 \pm 0,01$	$7,95 \pm 0,02$	$8,00 \pm 0,02$

Comparativement aux valeurs recommandées, que ce soit pour l'eau brute ou l'eau potable, on constate une légère élévation de ces valeurs marquée au niveau des stations (St 01) et (St 02), mais qui reste toujours négligeable, alors que pour les deux autres stations (St 03) et (St 04), les valeurs du pH sont conformes à celles des deux normes.

L'étude de la figure (07), révèle que la variation du pH de l'eau diffère significativement d'une station à l'autre. Cette variation était vérifiée statistiquement par l'analyse de la variance qui

révèle la présence d'un effet station hautement significatif ($F = 30123,706$; $p < 0,0000$) (Annexe.03).

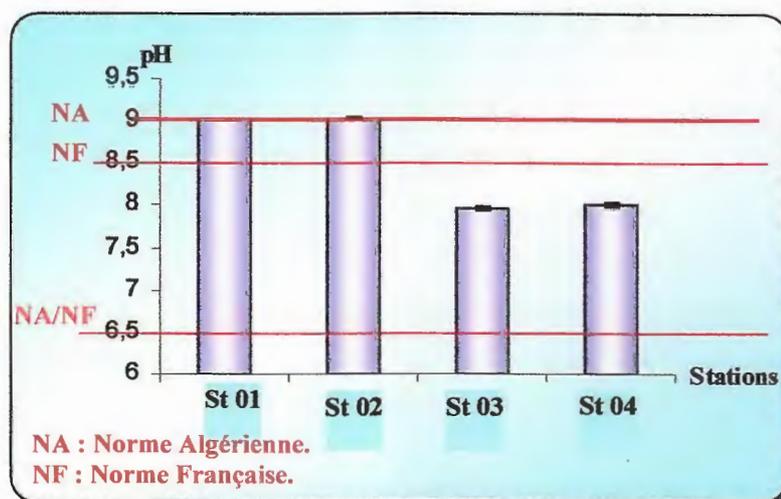


Figure 07. Variation du pH spatiale de l'eau.

Cette analyse de la variance manifeste que ce sont les stations (St 01) et (St 02) qui révèlent les valeurs les plus élevées du pH, ceci est due à la présence d'une végétation assez dense dans la cuve du barrage, ce qui favorise notablement les phénomènes de la photosynthèse, l'influence de la température aboutissant ainsi au déplacement de l'équilibre carbonique vers la formation des carbonates (Rodier, 1984). Pour les deux autres stations (St 03) et (St 04), l'absence de la végétation et donc de la photosynthèse expliquerait la diminution des valeurs de ce paramètre.

III-1-1-3-L'oxygène dissous

Pour les quatre stations étudiées au niveau du périmètre d'étude, les valeurs moyennes enregistrées varient de $5,10 \pm 0,15$ mg/l au niveau de la station (St 01) à $3,80 \pm 0,27$ mg/l pour la station (St 03). Pour les stations (St 02) et (St 04), les valeurs moyennes en oxygène dissous varient respectivement de $4,68 \pm 0,56$ mg/l à $4,53 \pm 0,18$ mg/l.

Tableau X. Valeurs de l'oxygène dissous spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
pH	5,01	5,13	3,72	4,74
	5,03	4,05	3,58	4,48
	5,28	4,88	4,11	4,38
Moy \pm SD	5,10 \pm 0,15	4,68 \pm 0,56	3,80 \pm 0,27	4,53 \pm 0,18

la valeur de la troisième station (St 03) montre que l'oxygène dissous à diminuer avec la profondeur, car l'échantillon de l'eau à traiter était pris en bas de la cuve, puis cette valeur va augmenter pour atteindre un seuil de 4,53 mg/l, du fait du procédé d'aération au niveau de la station (St 04), pour ce paramètre, nous avons constaté que la législation algérienne n'a pas fixé une norme, mais elle recommande seulement que le niveau de l'oxygène dissous soit maintenu aussi près que possible de la saturation soit ($> 7\text{mg/l}$).

L'analyse de la variance révèle une absence de variabilité spatiale pour ce paramètre.

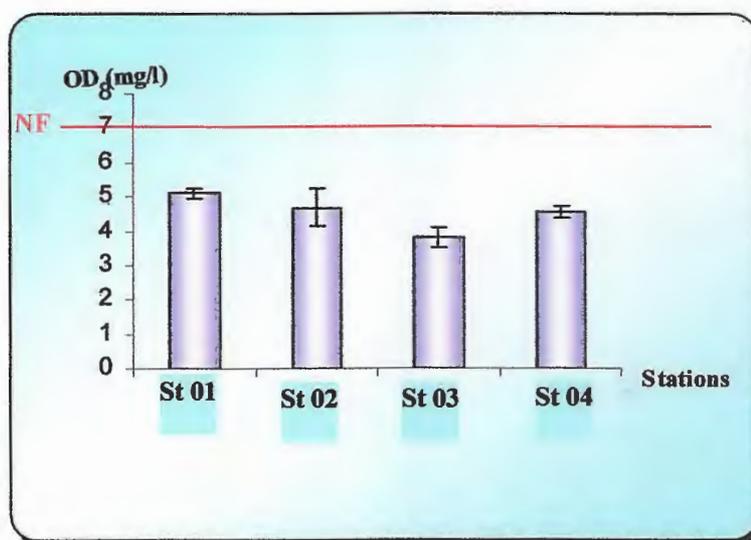


Figure08. Variation de l'oxygène dissous spatiale de l'eau

L'étude de la figure (08) montre que le taux d'oxygène dissous est plus important pour les deux stations (St 01) et (St 02) situées au niveau de la cuve du barrage, par rapport aux stations (St 03) et (St 04). Ceci peut être expliqué par l'emplacement de ces deux stations (St 01) et (St 02) par rapport aux autres, du fait qu'elles seront en contact direct avec l'oxygène atmosphérique, pour la troisième station (St 03), c'est beaucoup plus la présence des microorganismes et des germes aérobies, qui constituent un apport supplémentaire en oxygène dissous.

III-1-1-4-La conductivité électrique (CE)

C'est la mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau. D'après les résultats du tableau (XI), il se manifeste que les valeurs moyennes de la conductivité électrique sont comprises entre un maximum de $386,33 \pm 0,57 \mu\text{s/cm}$ pour la station (St 04), et un minimum de $372,33 \pm 0,57 \mu\text{s/cm}$ pour la station (St 01), tandis que les valeurs moyennes enregistrées pour les stations (St 01) et (St 03) sont respectivement de l'ordre de $379 \pm 6,08 \mu\text{s/cm}$ et $385,66 \pm 9,50 \mu\text{s/cm}$.

Tableau XI. Valeurs de la conductivité électrique spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
CE($\mu\text{s}/\text{cm}$)	383	373	376	386
	382	372	386	387
	372	372	395	386
Moy \pm écartype	379 \pm 6,08	372,33 \pm 0,57	385,66 \pm 9,50	386,33 \pm 0,57

Malgré cette variation d'écart-type, l'analyse de la variance n'a pas pu prouver l'existence d'un effet station significatif pour ce paramètre (Figure 09).

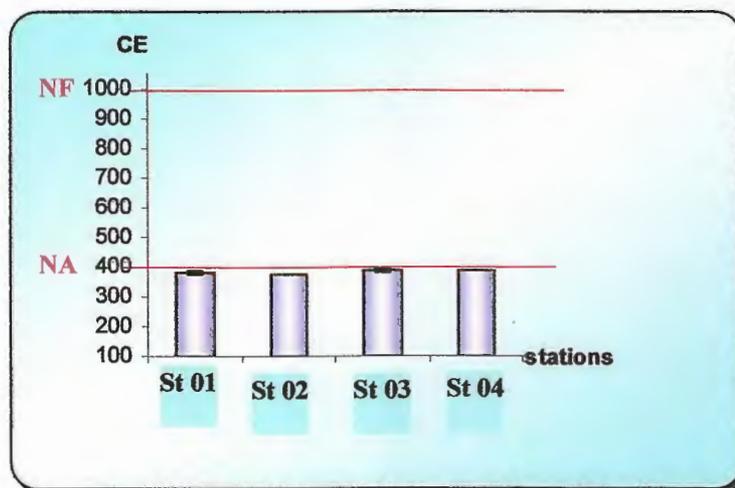


Figure 09. Variation de la conductivité électrique spatiale de l'eau.

Comparativement à la norme 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour les stations (St 01, St 02 et St 03)(eau brute) et la norme 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour la station (St 04)(eau potable) , les résultats des quatre stations sont loin de dépasser cette valeur limite. En plus, d'après les résultats obtenus, on a constaté que les plus fortes valeurs de la conductivité électrique ont été enregistrées dans les deux stations (St 03) et (St 04), contrairement à ce qui était obtenu pour le pH, ceci est toute à fait logique, car selon la matrice de corrélation (tableau VII), il existe une très bonne corrélation négative entre les deux paramètres ($r = -0,71$), ce qui signifie que plus le pH est acide plus que la solubilité des sels dans l'eau diminue, donc une conductivité plus faible.

III-1-1-5- Turbidité

Tableau XII. Valeurs de turbidité spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
Tur (UJT)	8,06	9,87	1,2	3,55
	9,1	10	11	3,35
	9,27	9,41	11,04	3,97
Moy ± écartype	8,82± 0,66	9,76± 0,31	10,77± 0,43	3,62± 2

Pour la turbidité, les valeurs obtenues, nous ont permis de déduire que la totalité des stations étudiées présentent des concentrations élevées, la plus basse valeur était de l'ordre de $(3,62 \pm 0,25$ UJT) pour la station (01), et la plus élevée était de l'ordre de $(10,77 \pm 0,43$ UJT), ces valeurs restent notablement supérieures à celle recommandée par la norme française pour les eaux brutes destinées à la production d'eau de consommation fixée de (5 UJT), en effet la plus part des eaux superficielles ont une turbidité assez importante et leurs consommation directe est impossible.

Pour la station (04) qui est de l'eau potable la valeur est de $(3,62 \pm 0,25$ UJT) qui dépasse la norme fixée de 2 UJT.

En effet, l'analyse de la variance ne montre aucun effet station (figure 10).

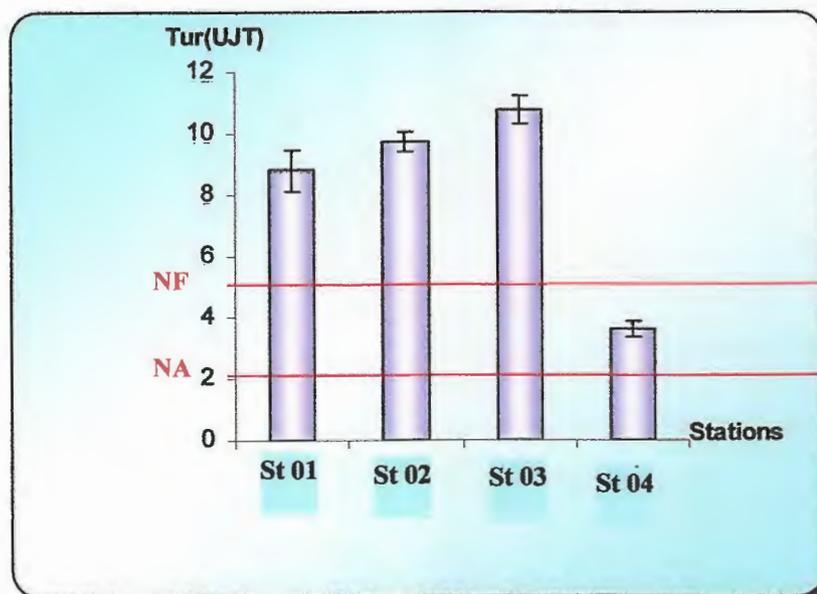


Figure 10. Variation de la turbidité spatiale de l'eau.

Toujours d'après les résultats du tableau(XII) on constate que les valeurs des stations (St 01, St 02 et St 03) qui manifestent les valeurs les plus élevées par rapport à la station (St 04), aussi entre ces trois stations la station (St 03) représente la valeur la plus élevée des deux

stations, pour les stations (St 01, St 02) ceci s'explique par la période du prélèvement qui était en pleine période pluvieuse et après des averses, ce qui va engendrer une agitation de l'eau au niveau de la cuve, sans oublier les apports en matières en suspension provenant des petits cours d'eaux qui alimentent le barrage .Pour la station (St 03) qui a enregistré la valeurs la plus élevée puisque la prise d'eau est du fond du barrage, on a constaté que une fois la vanne est ouverte, l'eau qui coule est fortement turbide . Pour la station (St 04) la valeur élevée est expliquée par une défaillance ou un dysfonctionnement de processus de traitement de la station de traitement.

III-1-1-6-La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs moyennes de la demande biochimique en oxygène, obtenues pour les quatre stations d'études se situent dans un intervalle qui varie de $9,19 \pm 0,46$ mg/l pour la station (St 04) à $5,97 \pm 0,60$ mg/l pour la station (St 01).

A l'intérieur de cette fourchette, on rencontre les valeurs des deux autres stations (St 02) et (St 03) et qui varient respectivement de $5,30 \pm 0,31$ mg/l à $7,11 \pm 0,61$ mg/l. (Tableau XIII).

Tableau XIII .Valeurs de la DBO₅ spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
DBO ₅	5,41	5,3	7,81	9,73
	6,62	5,61	6,64	8,85
	5,89	4,99	6,88	9,01
Moy ± écartype	5,97±0,60	5,3±0,31	7.11±0.61	9,19±0,46

En revanche, l'étude de la figure (11) montre un effet station, ceci était bien vérifié par le test de l'analyse de la variance qui a montré la présence d'un effet station hautement significatif ($F = 32,69$; $P < 0,0000$) (annexe 03).

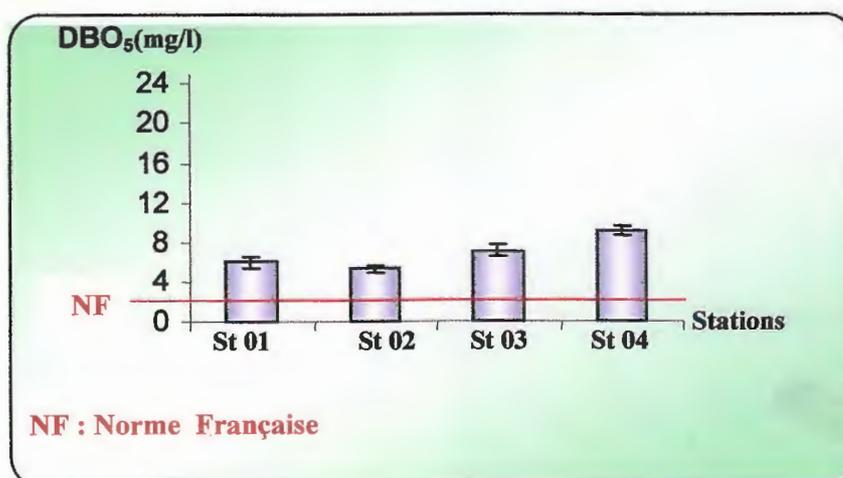


Figure11. Variation de la DBO₅ spatiale de l'eau.

Aussi les résultats de la matrice de corrélation montre que ce paramètre est en bonne corrélation négative avec le pH ($r = -0,80$). Ceci veut dire que le pH est inversement proportionnel à la DBO₅, chose qui peut être expliquer pour les stations (St 01) et (St 02) par le changement du pH "préférendurm" ou le "pH ambiant", ce qui va engendrer une baisse dans l'activité biologique et micro-germes aquatiques, donc une baisse de la valeur de la DBO₅.

Aussi, il est à noter que pour ce paramètre, bien qu'il n'existe pas des normes pour l'eau potable, il est évident que celle-ci ne doit pas avoir une DBO₅ significative.

Pour ce qui est de l'eau brute (St 01, St 02 et St 03), la valeur doit être inférieur à 3 mg/l chose qui n'est pas vrai pour ces trois dernières stations où les valeurs enregistrées dépassent largement cette limite. Ceci peut s'expliquer par un apport excessif en azote ce qui va engendrer une consommation de l'oxygène dissous et donc des valeurs de la DBO₅ élevées, ce qui explique l'existence la bonne corrélation négative contre la DBO₅ et les nitrates ($r = -0,70$).

III-1-1-7-La demande chimique en oxygène (DCO)

D'après les résultats répertoriés dans le tableau (XIV) et représentés graphiquement dans la figure (12), on constate que les valeurs moyennes de la DCO varient de $13,27 \pm 1,26$ mg/l pour la station (St 03) à $9,22 \pm 2,51$ mg/l pour la station (St 04), les deux autres stations (St 01) et (St 02) enregistrent des valeurs qui varient respectivement de $10,54 \pm 1,16$ mg/l à $10,14 \pm 0,31$ mg/l.

Tableau XIV. Valeurs de la DCO spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
DCO (mg/l)	10,31	10,51	14,2	9,81
	11,8	9,97	13,8	8,97
	9,51	9,96	11,83	8,88
Moy ± écartype	10,54 ± 1,16	10,14 ± 0,31	13,27 ± 1,26	9,22 ± 0,51

En effet, la figure (12), ne montre aucune différence stationnelle significative, chose déjà vérifiée par l'analyse de la variance.

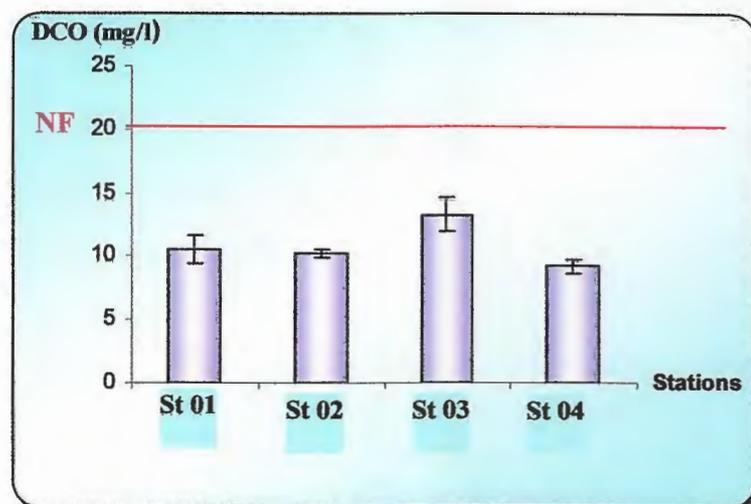


Figure12. Variation de la DCO spatiale de l'eau.

Pour la norme française des eaux brutes (<20 mg/), on constate que les valeurs obtenues pour les stations, (St 01, St 02 et St 03) répendent à cette dernière, tandis que pour les eaux de la station (St 04) (eaux potables) la norme algérienne n'a pas exigée une valeur seuil .

Toujours d'après les résultats du tableau (XIV), on a constaté que les valeurs de la DCO sont supérieures à celles de la DBO₅, pour les stations (St01, St 02 et St 03), ceci s'explique par la nature des eaux déversés dans l'oued qui alimente le barrage, qui sont d'origine domestiques à base de détergents, provenant principalement des localités de Texanna et chadia. Ainsi, la matrice de corrélation met en évidence l'existence d'une très bonne corrélation négative avec l'oxygène dissous ($r = -0.60$). Ceci montre que ces eaux sont fortement chargées par des matières oxydables.

Ceci sera vérifié ultérieurement par le rapport DCO/ DBO₅ qui classe les eaux de ces trois stations dans la catégorie des eaux usées domestiques.

III-1-1-8-Le rapport DCO/ DBO₅

Le rapport de la DCO/DBO₅ définit la biodégradabilité de la matière organique calculé à partir de l'équation suivante:

$$F = \text{DCO} / \text{DBO}_5$$

L'équation permet la classification suivante (selon les normes algériennes):

- Si $F = 1$: eaux potables.
- Si $1,4 \leq F \leq 2,5$: eaux usées domestiques.
- Si $2,5 \leq F \leq 3,5$: eaux usées industrielles.

Tableau XV. Rapport DCO/ DBO₅.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
DCO/DBO ₅	1,6	1,9	1,8	1,003

D'après les résultats obtenus, on distingue que les résultats du rapport "F" des stations (St 01), (St 02), (St 03) se situent dans l'intervalle $1,4 \leq F \leq 2,5$, ce qui classe les eaux de ces trois stations dans la catégorie des eaux usées domestiques des centres et des agglomérations urbaines (Texenna, Chadia) situées à proximité du barrage qui versent leurs effluents domestiques dans l'oued El Agram qui alimente le barrage.

Ces eaux usées domestiques caractérisées par un taux d'oxygène faible, un important apport de matières organiques biodégradables. Ces conditions favorisent le développement de certains germes microbiens et de virus pathogènes, qui sont à l'origine de nombreuses maladies à transmission hydrique.

La station (04) se situe dans la classe d'eau potable avec un apport DCO/DBO₅ égale à 1,003.

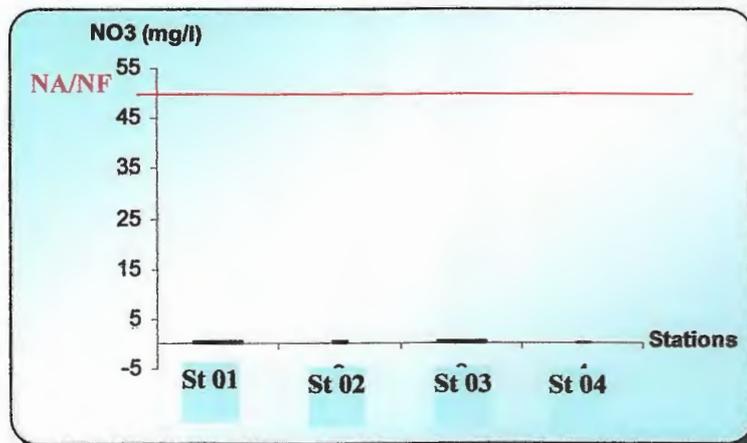
III-1-1-9-Les nitrates

Tableau XVI . Valeurs des nitrates spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
Les nitrates NO ₃	0,33	0,6	0,4	0.13
	0,48	0,36	0,34	0.12
	0,41	0,3	0,39	0.12
Moy ± écartype	0,40 ± 0,075	0,34 ± 0,034	0,37 ± 0,032	0,12 ± 0,005

Les résultats obtenus pendant le prélèvement nous permettent de déduire que la valeur la plus basse a été enregistré dans la station (St 04) de l'ordre $0,12 \pm 0,075$ mg/l, la plus élevée de l'ordre de $0,40 \pm 0,075$ mg/l au niveau de la station (St 01). Les valeurs obtenues ne dépassent plus la norme fixée de 50 mg/l pour les deux types d'eau, ceci peut être due à la localisation du barrage qui se situe dans une zone forestière vierge pauvre de toute sorte d'activité agricole.

La figure (13), montre l'existence d'une variabilité stationnelle, cette dernière et vérifiée par l'analyse de la variance qui révèle la présence d'un effet station ($F= 25,07, <0,000202$)(annexe 03).

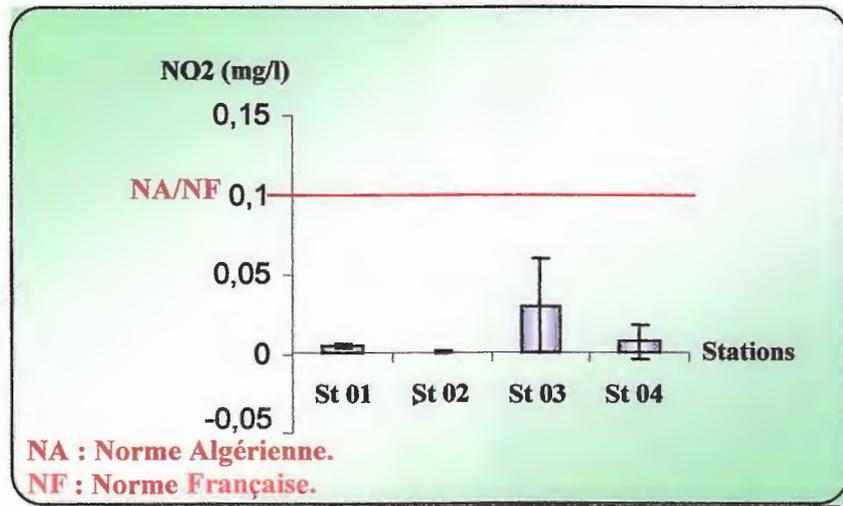
Figure13. Variation des NO₃ spatiale de l'eau.

III-1-1-10 - les nitrites

Tableau XVII. Valeurs des nitrites spatiale de l'eau.

Stations	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04
Nitrites (NO ₂)	0,003	0,001	0	0,02
	0,007	0,001	0,03	0,001
	0,005	0,002	0,06	0,001
Moy ± écartype	0,005 ± 0,002	0,001±0,005	0,03 ± 0,03	0,007±0,010

Les résultats obtenus du prélèvement nous permettent de constater que la valeur la plus basse a été signalée dans la station (St 02), elle était de l'ordre de $0,001 \pm 0,005$ mg/l, alors que celle la plus élevée était de l'ordre de $0,03 \pm 0,03$ mg/l au niveau de la station (St 03).

Figure14. Variation des NO₂ spatiale de l'eau.

La figure (14) montre l'absence d'un effet station, ceci a été vérifié par l'analyse de la variance.

Comparativement aux normes recommandées soit pour l'eau brute soit pour l'eau potable fixée de 0,1 mg/l, les valeurs obtenues sont loin de la dépasser. Ceci peut être due à la localisation du barrage.

III-1-2-Les paramètres microbiologiques

Tableau XVIII. Résultats de l'analyse microbiologique.

STATIONS	PARAMETRE	N/TUBES	NPP/G
St (01)	Coliformes T	310	43
	Coliformes F	211	20
	Streptocoques D	010	3
St (02)	Coliformes T	220	21
	Coliformes F	110	7
	Streptocoques D	110	7
St (03)	Coliformes T	333	> 1100
	Coliformes F	301	39
	Streptocoques D	120	11
St (04)	Coliformes T	210	15
	Coliformes F	100	4
	Streptocoques D	000	< 3

Quand une eau n'est pas naturellement apte à être distribuée comme eau potable, on doit y remédier par un traitement approprié. Cependant, une limite de qualité est imposée aux eaux brutes, au-delà de la quelle une procédure spéciale est nécessaire pour obtenir l'autorisation de les transformer en eau destinée à la consommation humaine. Dans le domaine de la microbiologie, ces limites concernant les paramètres spécifiques de la pollution fécale : coliforme fécaux et streptocoques fécaux dont les concentrations ne doivent pas excéder respectivement 20 000 et 10 000 par 100 ml.

Dans les résultats obtenus pour les stations (St 01),(St 02) et (St 03) le nombre le plus probable ne dépasse pas la valeur indiquée par la norme, mais on remarque que la station (St 03) enregistre la valeur la plus élevée, cela est due aux conditions favorables de culture comme la turbidité élevée qui permet au microorganisme d'avoir un support de culture et surtout la température qui est relativement ambiante (Potelon et Zysman, 1998) et pour les streptocoques fécaux la diminution de l'oxygène dissous dans cette station à permet leur développement puisque ce sont des germes anaérobies (Franck, 2002).

Après le traitement, le risque est essentiellement fonction de la qualité de l'eau brute, pour la norme algérienne elle exige une valeur limite de <10/100ml pour les coliformes totaux et

l'absence totale des coliformes fécaux et les streptocoques, pour la station (St 04) on a déduit d'après les résultats que les valeurs obtenues ne répondent pas à la norme pour les coliformes totaux et fécaux cela est probablement dû par une défaillance du traitement notant tout de fois qu'un pH supérieur à 8 entraîne une diminution de l'efficacité du processus de désinfection au chlore car celui-ci se trouve sous forme non bactéricide (**Potelon et Zysman, 1998**) .

Conclusion

A la lumière des résultats obtenus au cours de ce travail, qui est considéré comme une tentative à la quelle nous avons essayé de trouver une réponse à la non satisfaction de la majorité de la population jijilienne à propos la qualité des eaux potables qui arrivent à leurs robinet.

Nous pouvons dire d'une manière générale que, la qualité de ces eaux ne répond pas à la norme en vigueur pour les paramètres suivants :

- Oxygène dissous : la valeur obtenue pour la quatrième station (eaux potables) est inférieure à la limite qui exige une valeur près de la saturation.
- La turbidité : la valeur moyenne obtenue est supérieure à la valeur limite (2 UJ).
- La demande biochimique en oxygène : est la plus élevée au niveau des eaux potables.
- Pour la demande chimique en oxygène : malgré que la norme n'exige pas une valeur limite, mais elle doit être plus faible que possible.
- Pour les paramètres microbiologiques : la présence des coliformes totaux dans une eau potable doit être inférieure à 10/100ml, alors que nos résultats affichent une valeur de 15/100ml ; pour les coliformes fécaux la norme exige l'absence totale de ces germes, alors que les résultats obtenus montrent un dépassement, ce que veut dire que les eaux ne sont pas entièrement désinfectées.

En conclusion, on peut dire, qu'une révision des processus de traitement des eaux est nécessaire, si on ne veut pas mettre la vie des consommateurs en péril.

Références bibliographiques

- **1. Anonyme ,1978** – Américain pollution control association bulletin .5, 28 p
- **2. Anonyme ,1998** – Solutions pour un monde qui manque d'eau, Baltimore–marylande–serie . M.N° 14 . 15 p
- **3. Angelin N. ,1980** – Interaction entre la qualité de l'eau et les éléments de son plancton .In : Pesson .P. ,1980 – La pollution des eaux continentales, incidences sur les biocénoses aquatiques .édition Gauthier – villards . 146 p
- 4. Berné et cordonnier. ,1991**–Traitement des eaux .techniq paris 5 p
- **5. Belhoul S et al., 2002**–étude de la qualité physico-chimique de l'eau minérale de Sidi yakoub (thèse DUEA).23p.
- **6. Bliefert C. , Perraud .R ;2001**– Chimie de l'environnement :air, eau, sols, déchets. édition dunod.Pp282– 318
- **7. Bouziani M. ,2000** – L'eau de la pénurie au maladies .édition ONP .Pp 40–121
- 8. Bremond R.,Vuichard. R.,1973**– Les paramètres de la qualité des eaux .édition la documentation française.
- 9. Cardot C.,2001**– le traitement de l'eau .édition tech–doc .9 p
- 10. Chevolet H.,1996**– processus unitaire de traitement de l'eau potable édition paris Pp 10–308
- 11. Connoly T.,1995**– River pollution–oxygène deficiency in rivers, science and technology now. 45 p
- 12. Dussart D.,1995**– Limnologie, l'étude des eaux continentale,édition Gauthier–villards,paris.967 p
- 13. Defranceshi M.,2001**–L'eau dans tous ses états .édition ellipses Pp 99–127
- 14. Desjardins R.,1990**–Traitement des eaux. édition paris .3-6 p.
- 15. Eckenfelder W.,1981** – Gestion des eaux usées urbaines et industrielles caractérisations techniques d'épuration, Aspects économiques .édition paris .Pp 14–25
- 16. Faurie C., Ferra C., Medori P.,Devaux J ,et Hemptienne .,1998** –Ecologie approche scientifique et pratique .3^{ème} édition
- 17. Franck R.,2002.** –Analyse des eaux :Aspects réglementaires et techniques .série sciences et techniques de l'environnement .Pp19 –187.
- 18. Gaid.A.,1984**–Epuraton biologique des eaux usées urbaines .Tome I office des publications universitaires p 261.

19. **Gaujous D., 1995**–La pollution des milieu aquatiques, aide mémoire . loivoisier tec et doc édition paris Pp 40–57.
20. **Genin B., Chauvin C., 2003**–cours d'eau pollution , méthodes IBGN et indice microbiologique édition EDUCAGRI, Dijon,Pp18 –49.
21. **Grosclaude.G.,1999**–L'eau tome II usage et polluants .INRA .paris Pp195–196
22. **journal officiel Algerien N°35 . ,1998**-17 p .
23. **Kemp P. ,1971**–The écology of raning waters liverpool . 555 p.
24. **Kettab A. , 1992**–Traitement des eaux : les eaux potables .édition office des publications universitaires. 7–19 p.
25. **Larpent J P. ,1997**–Méménto technique de microbiologie. édition tec do. 134 p.
26. **Leynaud G .,Verrel J. , 1980**– Modification du milieu aquatique sous l'influence des polluants édition Gauthier .p
27. **Loup J., 1974**–Hydrologie continentale. Masson et science paris.171p
28. **Masschelein W.J ., 1997**–Processus unitaire de traitement de l'eau potable .Edition Lavoisier. 1–14 p.
29. **Monod J ., 1989**– Memento technique de l'eau . Edition degrement Tome I .21– 23 p.
30. **Monod J.,1989**– Memento technique de l'eau. Tome II .595 p
31. **Mounier P. , 1933** –Analyses et microbiologiques des eaux potables. Edition médicale.Maloine.paris.342 p.
32. **Potelon J.L. , Zysman K.,1998**–guide des analyses de l'eau potable.édition tech et doc.Pp73–205.
33. **Ramade F . , 1982** –Dictionnaire encyclopédique de pollution .édition dunod.
34. **Ramade F . , 1993** –Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. édition dunod .357p
35. **Ramade F . , 1998**–Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau .édition dunod .112-139-399 p .
36. **Rodier J . ,1974**–L'analyse de l'eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .édition dunod .Pp162-194 .
37. **Rodier J . ,1978**–L'analyse de l'eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .édition dunod .
38. **Rodier J . ,1984**–L'analyse de l'eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .édition dunod .125 p.
39. **Rodier J . ,1996**–L'analyse de l'eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .édition dunod .213 p.

- 40. Rodier J .,2005**–L’analyse de l’eau : eau naturelles, eaux résiduaires, eau de mer .édition dunod .Pp 46-564.
- 41.Savary P ., 2003**–Guide des analyses de la qualité de l’eau .édition technique.Pp

Liste des tableaux

Tableau I. Grille de qualité des eaux superficielles.

Tableau II. Limites de qualité des eaux destinées à la consommation (journal officiel algérien).

Tableau III. Limites de qualité des eau brutes destinées à la production d'eau de consommation selon la norme française.

Tableau IV. Moyennes mensuelles de précipitation.

Tableau V. Moyennes mensuelles de température.

Tableau VI. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN.

Tableau VII. Les méthodes utilisées pour les différents dosages

Tableau VIII. Matrice de corrélation globale

Tableau IX. Valeurs de la température stationnelle.

Tableau X. Valeurs du pH stationnelle de l'eau.

Tableau XI. Valeurs de l'oxygène dissous stationnelle de l'eau.

Tableau XII. Valeurs de la conductivité électrique stationnelle de l'eau.

Tableau XIII. Valeurs de turbidité stationnelle de l'eau.

Tableau XIV .Valeurs de la DBO₅ stationnelle de l'eau.

Tableau XV. Valeurs de la DCO stationnelles de l'eau.

Tableau XVI. Rapport DCO/ DBO₅.

Tableau XVII .Valeurs des nitrates stationnelles de l'eau.

Tableau XIX. Valeurs des nitrites stationnelles de l'eau.

Tableau XX. Résultats de l'analyse microbiologique.

Liste des figures

Figure 01. Localisation de la zone d'étude.

Figure 02. Moyennes mensuelles de précipitation.

Figure 03. Moyennes mensuelles de température.

Figure 04. Diagramme ombrothermique de GAUSSEN

Figure 05. Localisation des stations de prélèvement.

Figure 06. Variation stationnelle de la température de l'eau.

Figure 07. Variation stationnelle du pH de l'eau.

Figure 08. Variation stationnelle de l'oxygène dissous de l'eau.

Figure 09. Variation stationnelle de la conductivité de l'eau.

Figure 10. Variation stationnelle de la turbidité de l'eau.

Figure 11. Variation stationnelle de la DBO₅ de l'eau.

Figure 12. Variation stationnelle de la DCO de l'eau.

Figure 13. Variation stationnelle des nitrates de l'eau.

Figure 14. Variation stationnelle des nitrites de l'eau.

ANNEXE 01

Méthodes d'analyse

1. Température

Lecture directe à l'aide d'un thermomètre.

2.pH

Le pH a été mesuré sur terrain avec un pH mètre digital.

3. L'oxygène dissous

Pour mes prélèvements nous avons utilisé un oxymètre de terrain. L'oxymètre nous donne directement les résultats en mg/l d'oxygène dissous et pourcentage de saturation.

4. La conductivité électrique

Les mesures de la conductivité ont été faite sur lieu de prélèvement des échantillons à l'aide d'un conductimètre de terrain à électrode confinée. Les valeurs sont données en $\mu\text{s}/\text{cm}$ et ns/cm .

5.Turbidité

A l'aide d'un turbidimètre de terrain, les résultats exprimés en UJT.

6.Mesure de DBO_5

Le dosage de la DBO est effectué en incubant un échantillon d'eau (ml), enfermé à l'abri de la lumière et maintenue à 20 C° pendant 5 jours. La mesure est effectuée à l'aide d'un appareil manométrique de DBO type «HACH» à lecture directe qui nécessite un minimum de préparation de l'échantillon et n'exige pas de dosages d'oxygène dissous pour les solutions incubées. Hors de la biodégradation des matières organiques, les microorganismes consomment l'oxygène contenu dans le flacon et la pression au dessus de l'échantillon diminue. Cette pression est tamisée au nanomètre à mercure et la DBO est lue sur l'échelle nanométrique.

Le CO_2 formé est absorbé sur de la chaux soudée.

7. Mesure de DCO

▪ Dosage de sel de Mohr :

Le sel de Mohr étant très instable, il est nécessaire de le peser pour chaque série d'essai:

Dans un erlen {
- 25 ml de $K_2 Cr_2 O_7$ 0.25N (exactement mesurés).
- 200 ml d'eau distillé.
- 700 ml d'acide sulfurique.

On laisse refroidir, on titre le sel de Mohr en présence de Ferroïne

▪ Dosage de l'échantillon

La prise d'essai est variable selon la nature de l'échantillon de 1 à 50 ml. Si l'échantillon est trop concentré (couleur verte après l'addition de tous les réactifs) on procède à sa dilution avant de répéter le dosage.

On introduit la prise d'essai dans un ballon de 500 ml, on complète le volume de 50 ml avec de l'eau distillée.

Parallèlement, on fait un essai à blanc en remplaçant l'eau à doser par de l'eau distillée (50 ml).

On ajoute dans chaque ballon:

- 1g environ de sulfate de mercure II.
- 25ml exactement mesurés de $K_2 Cr_2 O_7$ 0.25 N.
- quelques billes de verre.

Adapter le réfrigérant au ballon, porter à ébullition pendant deux heures, laisser refroidir.

Ajouter quelques gouttes de ferroïne. Doser par le sel de Mohr.

La coloration de l'organe passe au vert intense puis au rouge bien indiquant la fin du virage.

$$DCO = \frac{8000 (V_0 - V_1) \times T}{V} = \text{mg/l}$$

V_0 = volume de sel Mohr utilisé pour l'essai à blanc (ml).

V_1 = volume de sel Mohr utilisé pour l'échantillon (ml).

V = volume de la prise d'essai (ml).

T= titre de sel de Mohr.

8. Dosage des Nitrates

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrolicylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 415 nm.

- Etablissement de la courbe d'étalonnage

Numéro des capsules	T	I	II	III	IV
- Solution étalon de Nitrique 5 mg/1(ml)	0	1	2	5	10
- Eau permutée (ml)	10	9	8	5	0
- Correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5
- Solution d'azoture de sodium (ml)	05	0.5	0.5	0.5	0.5
- Acide acérique	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

- Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 C°.
- Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer, laisser refroidir.
- Reprendre le résider par 1ml d'acide sulfurique concentré.
- Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau puis 10 ml de solution de NaOH.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm.

- Mode opératoire:

- Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml.
- Alcaliniser faiblement avec le NaOH.
- Poursuivre le dosage comme pour la cause d'étalonnage.
- Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml.
- Effectuer la lecture au spectrophotomètre.

9. Dosage des Nitrites

- Principe:

La diazotation de l' amino -4- benzenésulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlore de N-(naphtyl-1) diamino -1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 543

- Mode opératoire:

-Introduire 50ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée.

- Ajouter 1,0 ml du solution de sulfanilamide.

-Laisser reposer 2 à 8 min.

-Ajouter 1,0ml du solution de N-NAPHTYL-ETHYLENEDIAMINE et mélanger à nouveau.

-Attendre au moins 10 min mais pas plus de 2 h.

-Mesurer l'absorbance en cuve de 10 cm de trajet optique à la longueur d'onde de 543 nm, en prenant de l'eau distillée comme référence.

-Les concentrations seront obtenues selon l'équation $y=0,0421x+0,0237$ (y =Abs témoin–Abs échantillon).

10.Dénombrement des Coliformes et Coliformes fécaux

-Teste de préemption: (Coliformes totaux)

- Préparer une série de tube de BCPL+cloche de Durham.
- Les numéroter de la façon suivante:
 - 3 tubes de BCPL+cloche D/Censemencés avec 10ml de la solution mère.
 - 3 tubes de BCPL+cloche S/Censemencés avec 1ml de la solution mère.
 - 3 tubes de BCPL+cloche S/Censemencés avec 0.1ml de la solution mère.
 - Incubation à 37 C° pendant 24h.
 - Après la période d'incubation, les tubes présentant:
 - D'une part un dégagement de gaz dans le cloche (>1/10 de volume de la cloche).
 - Et d'une part un trouble bactérien, seront considérés comme positifs.

- Teste de confirmation

Chaque tube BCPL positif, sera repiqué (3 à 4 gouttes) sur:

- D'une part un autre tube de BCPL+cloche.
- D'autre part sur un tube d'eau peptonnée exempte d'indole (shubert).
 - Incubation à 44 C° pendant 24 heures.
 - Les tubes positifs auront la même allure que les premiers.

11. Dénombrement des Streptocoques fécaux du groupe D

- Teste de présempion

- Préparer une série de 3 tubes de Rothe double et simple concentration et les numéroter de la façon suivante:
 - 3 tubes de Rothe D/Censemencés avec 10ml de la solution mère.
 - 3 tubes de Rothe S/Censemencés avec 1ml de la solution mère.
 - 3 tubes de Rothe S/Censemencés avec 0.1ml de la solution mère.
 - Incuber à 37 C° pendant 24h à 48 heures.
 - Après incubation les tubes de Rothe présentant un trouble microbien seront considérés comme positifs.

- Teste de confirmation

- Chaque tube trouvé positif sera repiqué (3 gouttes) sur 1 tube d'EVA (Lytski).
- Incuber à 37 C° pendant 24 heures.
- Les tubes présentant d'une part un trouble microbien et d'autre part une pastille violette au fond du tube, seront considérés comme positifs.

Tableau I. résultats de la courbe étalonnage des nitrates

Absorption (nm)	Concentration (mg /l)
0	0
0.178	0.5
0.358	1
0.884	2.5
1.332	5

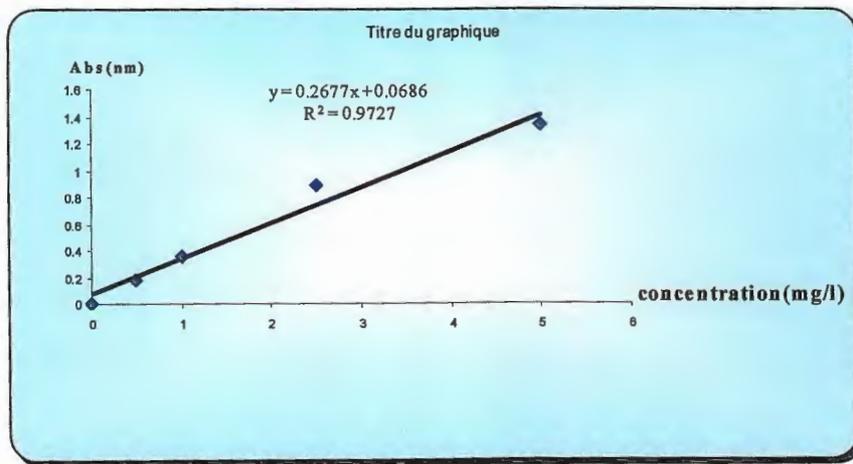


Figure 01. courbe d'étalonnage des nitrates

Annexe 03

Tableau I. Résultat de l'analyse de la variance pour le pH.

	DL EFFET	MC EFFET	DL ERREUR	MC ERREUR	F	NIVEAU P
1	3	1,093297	8	,000350	3123,706	,000000

Tableau II. Résultat de l'analyse de la variance pour la DBO₅.

	DL EFFET	MC EFFET	DL ERREUR	MC ERREUR	F	NIVEAU P
1	1	2	8	0,267242	32,69471	0,000077

Tableau III. Résultat de l'analyse de la variance pour les NO₃.

	DL EFFET	MC EFFET	DL ERREUR	MC ERREUR	F	NIVEAU P
1	3	,049522	8	,001975	25,07454	,000202