

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES ET DE L'INGENIERIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Spécialité : Biochimie Microbiologie Appliquée
Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

Thème

Evaluation de la Qualité Physico – Chimique et Bactériologiques des
Eaux Potables : Cas de la Station de Traitement de Hammam
Debagh - Guelma

Présenté par : Asma REGGAM

Devant le jury composé de :

Président : M. DJEKOUN Mohamed (M.A)
Examineur : M. HOUHAMDI Moussa (Pr.)
Encadreur : M. BOUCHELAGHEM EL Hadi (M.A)

Juin 2010

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu grâce à DIEU,

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à :

· Mes parents, pour tous le soutien et l'encouragement qu'ils m'avaient donné, mes frères et sœurs.

· Je remercie tout particulièrement Monsieur BOUCHELAGHEM ElHadi, enseignant à l'université de Guelma, de m'avoir encadré et suivi mon travail de près avec sa rigueur scientifique et ses précieux conseils.

· Tout le corps enseignant du Département de Biologie de l'Université 8 mai 1945 de Guelma pour la qualité de leur enseignement.

Notre travail ne saurait être mené à de meilleurs résultats sans les précieuses informations de Monsieur M. CHAALAL, Directeur de l'Algérienne des Eaux de Guelma; Monsieur L. OUMEDDOUR, responsable de la Station Météorologique de Guelma et le Chef d'exploitation de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de Bouhamdane - Guelma.

Je remercie également toute l'équipe du laboratoire de l'Algérienne des Eaux de Hammam Debagh qui nous ont fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien nos expérimentations sur les paramètres physico chimiques et microbiologiques.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur : Abd Elghani ELLAGHINE, Chef de Station (ADE) et Salah AMRAQUI chef de labo, pour avoir bien accueilli et facilité mon intégration. Que Monsieur, Mahdi BOUKERDDINE, Mesdemoiselles, Mebarka BAOUT et Samira BOUCHEBOUT, Mesdames; Nawel REGIMI, Radia CHOUAREF, Amel FISLI, Wahiba DRIDRI, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude pour m'avoir accueillie dans leur laboratoire et m'avoir offert les moyens et beaucoup de facilités techniques dans mes expériences.

· Toutes les personnes qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce document.

· Nous voudrions remercier toutes celles et tous ceux qui ont bien voulu apporter leur contribution à la réalisation de ce mémoire.

· Nous voudrions remercier notre technicienne de Lab de Biologie, Houria DJORFI, fidèle complice et compagnon mémorable pour ses soutiens multiformes et pour la bonne ambiance dans laquelle elle nous a permis de travailler. Merci à nos camarades étudiants, pour le soutien inestimable qu'ils nous ont apporté.

· Nous tenons à exprimer nos reconnaissances envers Dr. Houhamdi M. et DJAKOUN M. qui ont eu la gentillesse de lire et corriger ce travail.

· Nous remercions toute notre famille pour sa patience durant toutes ces années. Que toutes celles et tous ceux qui ont bien voulu nous aider d'une manière ou d'une autre dans la réalisation de ce travail acceptent le témoignage de notre profonde gratitude.

DEDICACES

Je dédie ce mémoire :

Ma famille,

Mes parents qui m'ont toujours soutenu et aidé à réaliser mon rêve.

A tous mes camarades de classe, pour ces 5 années de compagnonnage, je vous adore tous

A tous mes voisins de chambre (ceux de la H41)

Produced with ScanTOPDF

TABLE DES MATIERES

Remerciements	
Dédicace	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des sigles et abréviations	
Présentation de l'étude	8
Introduction générale	9
CHAPITRE 01 : DESCRIPTION DE L'AIRE D'ETUDE	10
1.1. Présentation de la zone d'étude	11
1.1.1. Localisation géographique	11
1.1.2. Description de l'aire d'étude	11
1.2.3. Caractéristiques générales	13
1.2.4. Réseau hydrographique	14
1.2.5. Etude climatologique	15
1.2.5.1. Température	15
1.2.5.2. Humidité relative de l'air	16
1.2.5.3. Vent	16
1.2.5.4. Evaporation	17
1.2.5.5. Pluviométrie	18
1.2.5.6. Analyse de crues	19
1.2.5.6. Synthèse climatique	21
1.2. Critères de qualité descriptifs	23
1.3. Station de traitement des eaux potables (Station de Hammam Debagh)	24
1.3.1. Description de la station	24
1.3.1.1. Situation géographique	24
1.3.1.2. Origine de l'eau	24
1.3.1.3. Débit d'eau à traiter	24
1.3.1.4. Traitement effectués	24
1.3.2. Les procédés de traitement	25
1.3.2.1. Traitement physique	25
1.3.2.2. Traitement physico-chimique	25
1.3.2.3. Traitement chimique	27
1.3.2.4. Stockage de l'eau	27
CHAPITRE 2 : LES RISQUES LIES AUX MODES DE GESTION DE L'EAU	28
2.1. Introduction	29
2.2. Dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux	29
2.2.1. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux	29
2.2.1.1. Facteurs biologiques	29
2.2.1.2. Facteurs physico-chimiques	34
2.2.1.3. Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau	36
2.3. Maladies à transmission hydriques	37
2.3.1. Maladies d'origine hydrique	37
2.3.2. Maladies liées au manque d'hygiène	41

CHAPITRE 3 : MATERIEL ET METHODES	43
3.1. Echantillonnage.....	44
3.1.1. Site de prélèvement.....	44
3.1.2 Matériels de prélèvement.....	44
3.1.3. Mode de prélèvement.....	44
3.1.4. Transport de prélèvement.....	45
3.2. Méthode d'analyses.....	45
3.2.1. Différentes paramètres.....	45
3.2.1.1. Paramètres organoleptiques.....	45
3.2.1.2. Paramètres physico-chimiques.....	46
3.2.1.3. Les paramètres concernant des substances indésirables.....	47
3.2.1.4. Paramètres bactériologiques.....	48
3.2.2. Techniques d'analyses.....	50
3.2.2.1. Analyses physico-chimiques.....	50
A. Méthode électrochimique.....	50
B. Volumétrie.....	52
C. Spectrophotométrie.....	54
3.2.2.1. Analyses Microbiologique.....	56
A. Recherche et dénombrement.....	56
B. Confirmation.....	57
C. Isolement et identification.....	60
CHAPITRE4 : RESULTATS ET DISCUSSION	63
4.1. La qualité physico-chimique de l'eau.....	64
4.2. La qualité bactériologique de l'eau.....	79
Conclusion.....	89
Résumé	
ملخص	
Références bibliographiques	
Annexes	

LISTES DES FIGURES

CHAPITRE 01

Figure 1-1: Photo satellitaire de localisation du barrage de Hammam Debagh. (Google Earth 2010).	12
Figure 1-2 : Courbe d'évolution des températures à région d'étude (Année 1994-2010)	15
Figure 1-3 : Evaluation mensuelle de l'Humidité relative de la région d'étude (Années 1994-2010)	16
Figure 1-4 : Variations moyennes mensuelles des vents sur le site d'étude (Années 2009-2010)	17
Figure 1-5 : Variation mensuelle d'évaporation dans le Barrage de Hammam Debagh (Années 2008-2010)	18
Figure 1-6 : Moyennes mensuelles des précipitations (années 2008/2010)	19
Figure 1-7: Photo Principales crues sur Oued Bouhamdane au cours des années 2008/2009	20
Figure 1-8: Principales crues sur Oued Bouhamdane au cours des années 2009/2010	20
Figure 1-9 : Climagramme ombrothermique de la région d'étude (Années 1994-2010)	21
Figure 1-10 : Climagramme d'Emberger de la station de la région Guelma (1994/2008)	22
Figure 1-11 : Station de traitement d'eau potable de Guelma	24

CHAPITRE 02

Figure 2-1 : Représentation de l'évolution d'un bio film (CELERIER L., et FABY J.A.)	30
Figure 2-2 : Représentation schématique de la formation et de la structure d'un bio film au sein d'un réseau de distribution d'eau potable (Gauthier F., 2002)	32

CHAPITRE 03

Figure 3-1: pH mètre	50
Figure 3-2 : Conductimètre	51
Figure 3-3 : Turbidimètre	52
Figure 3-4 : Mannitol positif	59
Figure 3-5 : Présentation de l'Api 20E	61

CHAPITRE 04

Figure 4-1: Variation mensuelle de la turbidité	64
Figure 4-2 : Variation mensuelle de pH	66
Figure 4-3 : Variation mensuelle de la température	66

Figure 4-4 : Variation mensuelle de la conductivité électrique.....	67
Figure 4-5 : Variation mensuelle des TDS.....	68
Figure 4-6 : Variation mensuelle de la dureté totale	69
Figure 4-7: Variation mensuelle du taux de calcium	70
Figure 4-8: Variation mensuelle du taux de magnésium	70
Figure 4-9 : Variation mensuelle des chlorures	71
Figure 4-10 : Variation mensuelle des sulfates.....	72
Figure 4-11 : Variation mensuelle de l'alcalinité complète	72
Figure 4-12: Variation mensuelle de bicarbonate.....	73
Figure 4-13: Variation mensuelle de résidu sec.....	73
Figure 4-14 : Variation mensuelle des nitrates	74
Figure 4-15 : Variation mensuelle des nitrites.....	75
Figure 4-16 : Variation mensuelle de l'ammonium.....	76
Figure 4-17 : Variation mensuelle de fer.....	77
Figure 4-18: Variation mensuelle de la matière organique	77
Figure 4-19: Variation mensuelle de la MES.....	78
Figure 4-20 : Variation mensuelle des coliformes totaux	79
Figure 4-21 : Variation mensuelle des coliformes fécaux.....	80
Figure 4-22 : Variation mensuelle des streptocoques fécaux	81
Figure 4-23 : Variation mensuelle des germes totaux à 22°C.....	81
Figure 4-24 : Variation mensuelle des germes totaux à 37°C.....	82
Figure 4-25: Streptocoques fécaux (Cocci à gram positif).....	84
Figure 4-26 : Catalase positif	84
Figure 4-27: Profil biochimique de la souche <i>E. coli</i>	85
Figure 4-28 : Profil biochimique de la souche <i>Aeromonas salmonicida ssp salmonicida</i>	85
Figure 4-29 : Profil biochimique de la souche <i>Pasteurilla multocida 2</i>	86
Figure 4-30 : Profil biochimique de la souche <i>Citrobacter fereundii</i>	86

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE 01

Tableau 1-1 : Principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh	14
Tableau 1-2 : Variations moyennes mensuelles des vents sur le site d'étude (Années 2009-2010)	17
Tableau 1-3: Principales crues sur Oued Bouhamdane au cours des années 2008/2009.....	20
Tableau 1-4: Principales crues sur Oued Bouhamdane au cours des années 2009/2010.....	20
Tableau 1-5: Evaluation des températures mensuelles de la région d'étude (Années 1994-2010) Annexes	
Tableau 1-6: Evaluation mensuelle des humidités relatives (1994-2010)	Annexes
Tableau 1-7 : Variation mensuelle d'évaporation dans le Barrage de Hammam Debagh (Années 2008-2010)	Annexes
Tableau 1-8 : Moyennes mensuelles des précipitations (années 2008/2010).....	Annexes
Tableau 1-9 : Caractéristiques climatiques de la région de Guelma (Années 1994-2010)...	Annexes
Tableau 1-10 : Les différents coagulants	Annexes
Tableau 1-11 : Les différents floculants	Annexes

CHAPITRE 02

Tableau 2-1 : Organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux.....	34
Tableau 2-2 : Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises (SAMAK H., 2001)	38

CHAPITRE 03

Tableau 3-1: Types d'analyses bactériologiques (REJSK F. 2002)	48
Tableau 3-2: Tableau de lecture (Api.20E)	Annexes
Tableau 3-3: Tableau de lecture (Api.20 NE)	Annexes

CHAPITRE 04

✓	Tableau 4-1: Normes de qualité des paramètres physiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.....	65	X
✓	Tableau 4.2 : Normes de qualité des paramètres chimiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.....	68	X
	Tableau 4-3 : Normes de qualité des paramètres concernant des substances indésirables dans l'eau destinée à la consommation humaine.....	74	
	Tableau 4-4 : Regroupement des résultats de dénombrement de Staphylocoques.....	82	
	Tableau 4-5 : Caractères macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées des brutes, eaux traitées et eaux de robinet consommateur.....	83	
	Tableau 4-6 : Profil morphologique et biochimique des Staphylocoques.....	84	
	Tableau 4-7 : Résultats de l'identification par la galerie API 20 E et API 20 NE.....	85	
	Tableau 4-8 : Tableau récapitulatif des contaminations enregistrées sur le réseau de distribution pendant la période d'étude.....	87	
	Tableau 4-9: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (RF 1984).....	Annexe	
	Tableau 4-10: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (DCCE 15/07/1980).....	Annexe	
	Tableau 4-11: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (OMS 1983).....	Annexe	
	Tableau 4-12: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (NA).....	Annexe	

Produced with Scantopdf

LISTE DES SIGNES ET ABBREVIATION

EBV : Etage bioclimatique de végétation.

TGEA: Gélose Tryptone Glucose Agar.

ONPG : Ortho NitroPhénol Galactoperanozide

TDS : Taux des Sels

VG : Valeur Guide

NG: Niveau Guide

DE : Directives Européennes

NA : Normes Algériennes

TA : Titre Alcalimétrique Simple

TAC : Titre Alcalimétrique Complet

TH : Titre Hydrométrique (dureté totale)

UFC : Unité Formant Colonies

AAF : Aéro-anaérobie Facultatif.

AEP : Alimentation en Eau Potable

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

RF : Règlement française

DCCE : Directive du Conseil des Communautés Européennes

ADE : Algérienne des Eaux

Produced with ScanTOPDF

PRESENTATION DE L'ETUDE

Ce travail sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du Barrage de Hammam Debagh, est une étude qui veut mettre en évidence, un bilan des connaissances sur l'état du milieu, faisant un point aussi exhaustif que possible sur la situation de la qualité des eaux du barrage destinées à la consommation.

Un premier chapitre présente le domaine d'étude, la situation géographique de l'aire d'étude (Barrage de Hammam Débagh et la station de traitement des eaux potables).

Le second chapitre comporte deux parties. La première partie consiste en la réalisation de l'évolution des connaissances et des pratiques dans le domaine de la dégradation des eaux de réseau. La deuxième partie consiste en une analyse du risque sanitaire associé à l'eau (les maladies à transmission hydrique).

Le troisième chapitre présente le matériel et les techniques de recherche mises en disposition pour la réalisation de ce travail.

Le quatrième chapitre expose les résultats descriptifs issus des analyses de nature physico-chimique et bactériologique. Pour observer l'évolution de la qualité de l'eau traitée à sa sortie de l'usine, selon le temps de séjour dans le réseau.

Ces analyses permettent de rendre compte de la vétusté du réseau et du doute qui s'amplifie vis-à-vis de la qualité de l'eau du robinet.

En conclusion ce travail livre les résultats d'une étude de court terme, dont l'objectif final était de vérifier la potabilité de l'eau qui arrive au robinet du consommateur.

Il s'agissait de mettre à la disposition de la population, de l'eau potable et des dispositifs adéquats d'assainissement.

Cette approche rend compte des méthodes utilisées par les différentes administrations pour l'alimentation en eau potable selon le niveau d'équipement des quartiers urbains. Les problèmes posés aujourd'hui par la gestion de la qualité de l'eau destinée aux usages sont anciens et sont liés aux dynamiques démographiques et spatiales, ainsi qu'aux difficultés d'urbanisation à l'échelle de la ville de Guelma.

La prise de conscience collective du problème, la volonté de tous et de chacun de s'y attaquer, accompagnant le savoir-faire technique, sont un des plus sûrs garant d'une action efficace et d'un développement durable.

INTRODUCTION GENERALE :

L'eau représente la vie, dont on est sensé la protéger contre toutes formes de pollution pour assurer sa pérennité.

L'eau du robinet doit respecter des exigences de qualité réglementaires fixées par arrêté ministériel pour une soixantaine de paramètres ou groupes de paramètres de qualité, de façon à pouvoir être bue pendant une vie entière sans effet néfaste pour la santé.

Les traitements de l'eau visent donc à éliminer les éventuels micro-organismes pathogènes, les polluants et les excès de sels minéraux. Ils sont également destinés à maintenir la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau dans les réseaux de distribution jusqu'au robinet du consommateur.

La qualité de l'eau fait l'objet d'une surveillance réalisée par les producteurs et les distributeurs d'eau et d'un contrôle sanitaire permanent de la part de l'administration (plus de 203 prélèvements en 2009).

Le présent travail étudie l'état des ressources d'eau potable de la région de Guelma et ce qui peut être réalisé pour améliorer cette situation. Ils sont divisés en sections sur les sources, le traitement et la distribution de l'eau potable.

La section sur les sources liste l'emplacement et le mode de préservation de ces zones. Les types de sources disponibles déterminent aussi le genre de techniques de gestion à utiliser pour optimiser l'exploitation de l'eau jusqu'à la dernière goutte.

La section sur le traitement expose les modes de contamination des eaux, naturelle ou causée par les humains, et ce qui est en notre pouvoir pour les purifier.

Enfin, puisque la majorité des consommateurs ne vivent pas à proximité des sources d'eau potable, la section sur la distribution décrit les différentes manières de transporter l'eau et de l'amener à ceux qui l'utilisent chaque jour.

L'objectif principal de ce travail est de détecter les variations temporelles de la qualité de l'eau et d'en comprendre l'origine, afin d'appliquer les mesures appropriées pour protéger ou améliorer l'état du milieu aquatique.

CHAPITRE 1
DESCRIPTION DE L'AIRE D'ETUDE

Produced with ScanTOPDF

1.1. Présentation de la zone d'étude:

A l'exception des hauteurs granitiques de la chaîne numidique des montagnes de Debagh et Taya, Oued Bouhamdane a mis a nu sur une partie de son trajet, les terrains crétacé inférieur et calcaire jurassique, que recouvrent, en certains parages, d'assez vastes remblais tertiaires, de grès rouges siliceux, enfin des riches alluvions des vallées et de quelques lambeaux peu importants de formations diverses (BLAYAC 1912).

Le sol s'y présente, en général, sous la forme de plateaux pierreux, secs, arides, monotones, couverts de *Pistacia lentiscus* et *Olea europaea* croissant dans les cailloux, de terres rouges ou jaunâtres, de taillis couvrant à peine la nudité des collines ; des grottes, dont quelques-unes, tel que celle d'Osman, s'ouvrent au-dessus du lit de torrents dans les failles de la craie ou du calcaire.

1.1.1. Localisation géographique :

1. Localité : Hammam Debagh.
2. Longitude : E 007°14.042'
3. Latitude : N 36°27.559'.
4. Altitude : 390m.

1.1.2. Description de l'aire d'étude :

Le barrage de Hammam Debagh (Bouhamdane) est situé à 23 km du chef-lieu de wilaya, puisqu'il est implanté à 3 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, à l'aval de l'un des plus longs oueds c'est l'oued Bouhamdane qui prend sa source par la confluence de deux oueds : Oued Zenati et Oued Gherib (Fig.1-1).

La capacité du Barrage est de 220 hm³, avec une surface du bassin versant : 1070 km². Bien que la fonction principale de ce plan d'eau soit la production d'eau potable destinée à l'alimentation des villes principalement Guelma, Hammam Debagh, Medjez Amar et Ain Hessainia, il est utilisé aussi pour l'usage agricole (34 hm³) des deux périmètres Guelma-Boucheougouf (dont la superficie s'étend sur 13.000 ha) d'une part et Dréan-Besbès dans la wilaya d'El Taref, (2).

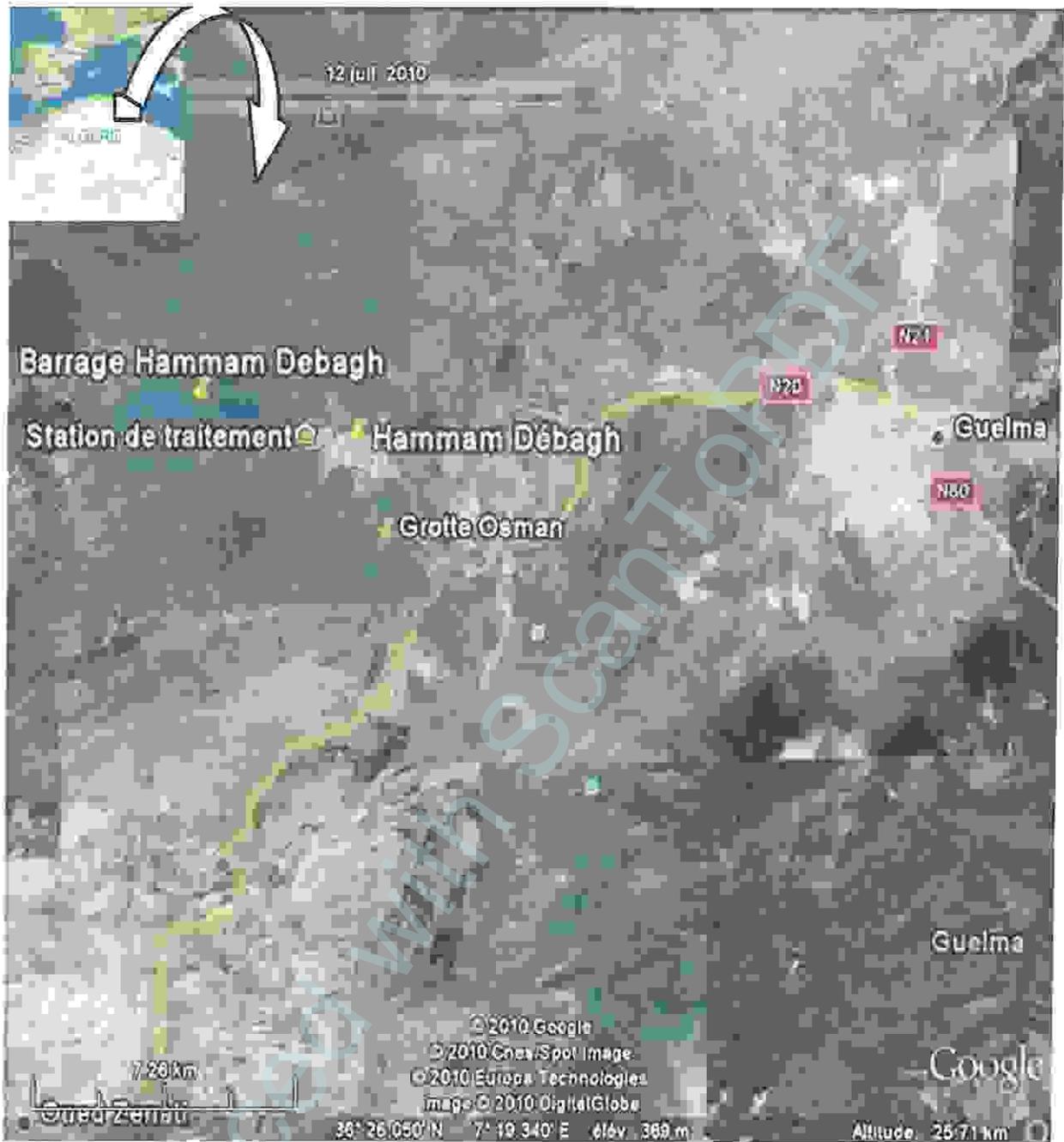


Figure 1-1: Photo satellitaire de localisation du barrage de Hammam Debagh. (Google Earth 2010).

1.1.3. Caractéristiques générales :

1.1.3.1. Une digue :

La digue est du type en terre composée d'un noyau argileux vertical, de recharges amont et aval en alluvions graveleuses, des filtres produits à partir des alluvions de l'oued.

1.1.3.2 Evacuateurs de crue et dérivation provisoire :

Les deux évacuateurs de crue sont de type en puits de section circulaire, et sont deux galeries situées en rive gauche et disposition parallèlement à 40 mètre. L'une de l'autre.

X 1.1.3.3. La vidange de fond :

Cet ouvrage situé en rive gauche comporte d'amont à aval : une tour de batardage d'une hauteur de 35 m, et la galerie circulaire de vidange d'un diamètre de 5 m. Une vidange de fond dans laquelle est incorporée la chambre des vannes en souterrain à 50 m à l'aval de l'axe de la digue.

1.1.3.4. La tour de prise d'eau : comporte :

- ❖ Une passerelle métallique d'accès à la cote 372.50.
- ❖ Trois grilles et trois vannes de garde des prises d'eau haute, moyenne et basse.
- ❖ Un pont portique dessert les trois prises d'eau.

1.1.3.5. Une tour de batardage de la vidange : comporte :

- ❖ Le batardeau de la vidange.
- ❖ La grille et la vanne wagon de garde de la prise d'eau auxiliaire.
- ❖ Une passerelle en béton armé d'accès à la cote 325.
- ❖ Un port portique roulant démontable dessert le batardeau et la prise auxiliaire.

Les principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh sont représentées dans le tableau 1-1.

Tableau 1-1 : Principales caractéristiques du barrage de Hammam Debagh

Barrage	
Hauteur maximale	93m
Longueur en crête	430m
Largeur en crête	9m
Largeur à la base	516m
Volume de la digue	6.500.00 m ³
Retenue	
Niveau maximal	372,5
Niveau retenu normal	360
Niveau au volume mort	315
Capacité totale	220h m ³
Capacité utile	200 h m ³

1.1.4. Réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique est l'ensemble des cours d'eau, affluents, et sous affluents, permanents ou temporaires, par lequel s'écoulent toutes les eaux de ruissellement et convergent vers un seul point de vidange du sous bassin versant. (GHODBANE M., 2009)

L'organisation du réseau hydrographique dans la région d'étude est commandée par l'agencement du relief. Véritable château d'eau alimenté par les précipitations de type « pluvial » apportées par les perturbations venues de l'Atlantique.

Le barrage reçoit les eaux des réseaux hydrographiques d'Oued Bouhamdane (37.49 km); Il draine un bassin de 1136 km² (14 - 03 du Nord Constantinois). (AGHACHI 1986)

Caractérisé par un régime de hautes eaux hivernales et de basses eaux estivales, mais l'Oued peut néanmoins connaître des crues exceptionnelles ou de graves étiages, rendus de plus en plus rares, toutefois, par l'important aménagement hydraulique (barrage).

Les cours d'eau tributaires d'Oued Bouhamdane sont représentés par le réseau hydrographique d'Oued Zenati et Oued Gherib.

Oued Bouhamdane est un affluent principal d'Oued Seybouse avec Oued Cherf, qui se rejoignent à la confluence de Medjez Amar donnant naissance à Oued Seybouse, ce dernier coule en direction du nord depuis Bouchegouf; et se jette dans la Méditerranée par l'estuaire de Sidi Salem à Annaba, c'est un des plus grands oueds d'Algérie, avec un débit annuel de 500 millions de m³.

1.1.5. Etude climatologique :

Le climat est un facteur abiotique important dans l'étude de la typologie et la fonction d'un milieu.

La région de Guelma est caractérisée par un climat continental avec des hivers froids et pluvieux, de type humide et sub-humide.

Des étés très chauds et secs, quelques nuages orageux rompent la monotonie du temps, accompagnés d'averses de grêle et de fortes précipitations brèves et locales, alterne souvent avec des chaleurs brûlantes qui peuvent se manifester de manière violente même en Juillet et début Août.

Les caractéristiques climatiques (La température et Humidité relative) de la zone d'étude sont obtenues à partir des données de la station météorologique de Guelma pour une période s'étalant de 1994 à 2010.

1.1.5.1. Température :

Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très importantes. Les moyennes des semestres froids (Nov. – Avr.) et chauds (Mai. -- Oct.) sont respectivement 12,10 et 22,70°C.

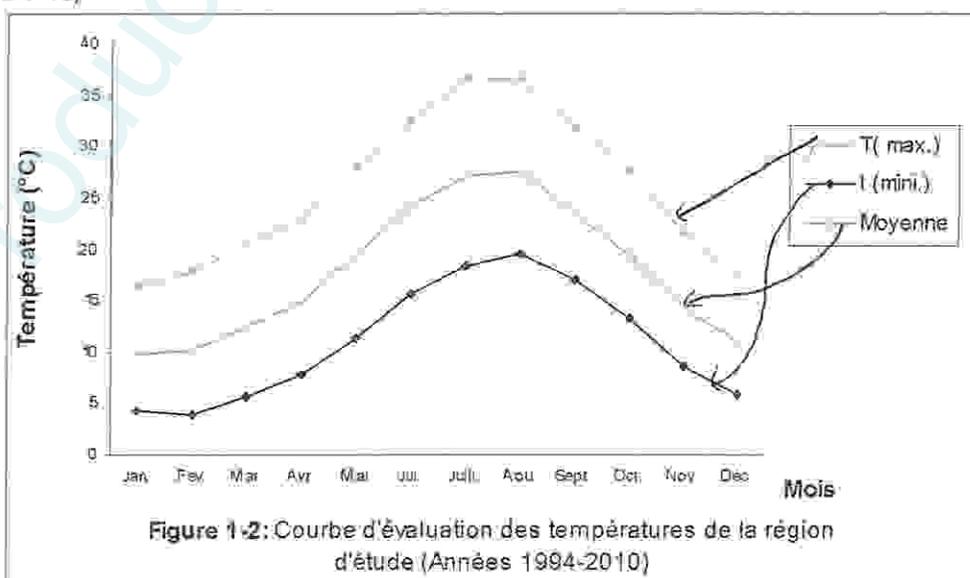
Les données statistiques dont nous avons fait état sont consignées dans le tableau 1-5 (Annexes) donne pour chaque mois de l'année les températures suivantes :

- ❖ T_m moyenne de tous les maxima du mois.
- ❖ T_0 moyenne de tous les minima du mois.
- ❖ M moyennes annuelles des températures.

Et donne les valeurs pour le mois le plus chaud et le mois le plus froid. Les résultats d'observations faites pendant 17 ans (1994-2010).

La figure 1-2 nous donne l'évolution de la température en 1994 à 2010 selon les différents mois de l'année. Cette figure montre que :

La température moyenne annuelle est de 17,83 °C°. Les températures moyennes mensuelles pour une période de 17 ans. On note que la température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois d'août (27,51°C) alors que la température la plus basse est celle du mois de janvier (9,82 °C).



1.1.5.2. Humidité relative de l'air :

Les données récoltées sont enregistrées dans le tableau 1-6 (Annexes).

La moyenne de l'humidité relative dans la période allant de l'année 1994 jusqu'à l'année 2010 est de l'ordre de 68,66%. Le maximum est enregistré au mois le plus froid (janvier 76,58%) et le minimum en le mois le plus chaud (juillet 55,04%).

L'humidité semble évoluer en sens inverse de la température et subir l'influence du vent. En effet, plus les températures sont élevées et plus les vents deviennent forts, plus les humidités relatives diminuent de façon marquée (Fig. 1-3).

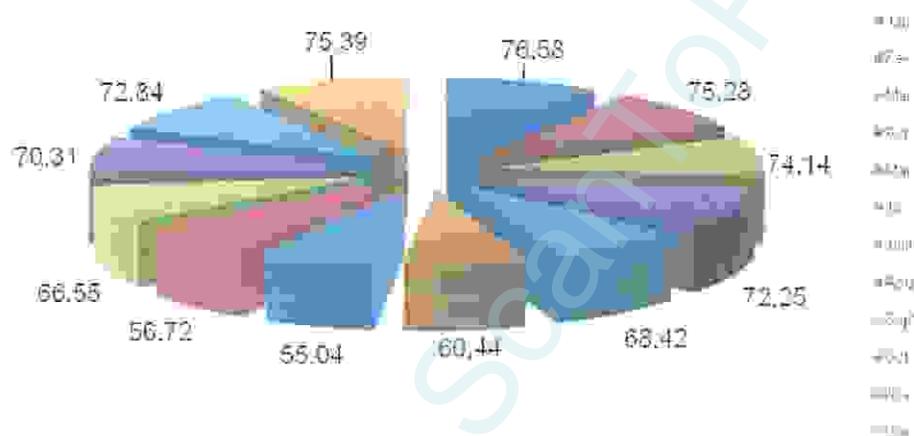


Figure 1-3: Evaluation mensuelle des humidités relatives de la région d'étude (Années 1994-2010)

1.1.5.3. Vent:

Le vent constitue dans certains biotopes un facteur écologique limitant. sous l'influence des vents violents la végétation est limitée dans son développement. Le vent a tout d'abord une action indirecte :

- ❖ en abaissant ou en augmentant la température.
- ❖ en augmentant la vitesse d'évaporation, il a donc un pouvoir desséchant.

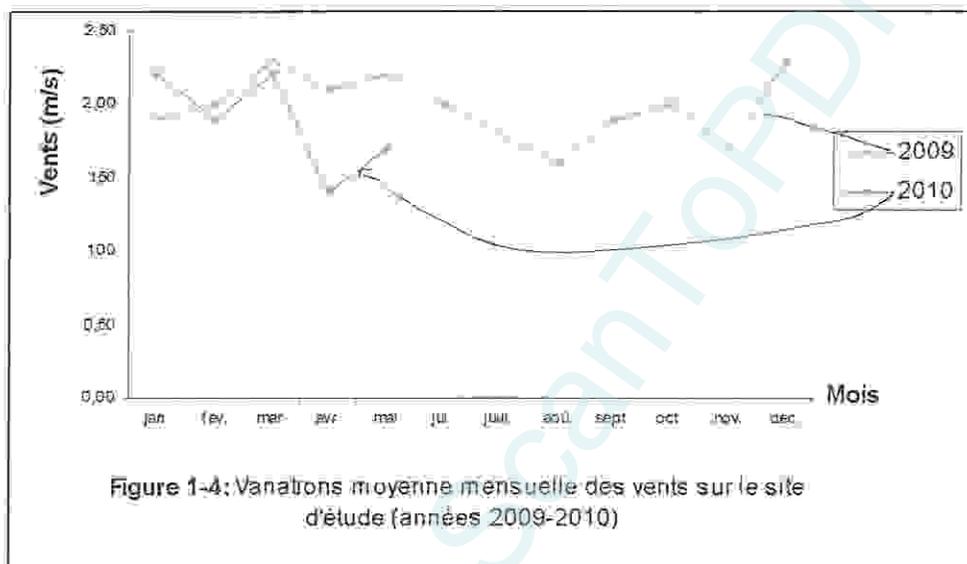
L'analyse de la vitesse du vent a été effectuée en utilisant toutes les données encodées manuellement pour la période disponible de deux années (2009-2010), des observations synoptiques archivées à la Direction de la Station Météorologique de Guelma (Tab. 1-2).

Les résultats au pas de temps annuel sont présentés à la figure 1-4. La figure apparaît que les vents forment deux groupes différents, à savoir d'une part dans la période allant du mois de janvier jusqu'au mois de mai, et d'autre part de septembre jusqu'au mois de mai. Ce dernier vent est très fréquent à partir d'octobre à mars.

La vitesse moyenne annuelle est de 1,95m/s, la vitesse maximale est enregistrée en mois de mars et en mois de décembre (2,3m/s) et la vitesse minimale est notée en mois d'avril (1,4m/s) en année 2010.

Tableau 1-2 ; Variations moyennes mensuelles des vents sur le site d'étude (Années 2009-2010)

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Jui.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Année 2009	1,9	2	2,3	2,1	2,2	2	1,8	1,6	1,9	2	1,7	2,3
Année 2010	2,2	1,9	2,2	1,4	1,7							



1.1.5.4. Evaporation :

L'évaporation est le processus physique par lequel l'eau est transférée à l'atmosphère par passage de la phase liquide à la phase vapeur. L'eau s'évapore ainsi d'une variété de surfaces, tel que les lacs, les rivières et les barrages.

La vitesse d'évaporation (mm/j) est fonction de la température de l'air, de l'insolation, de la vitesse et de la turbulence du vent (EMSALEM R., 1970; REMENIERAS G., 1986; MAMOU A., 1990; GODARD A. et TABELAUD M., 1993).

Nous avons représenté sur la figure 1-5, l'évolution du volume évaporé de barrages de Hammam Debagh durant la période : 2008-2010. Pour montrer l'ampleur du phénomène, il est intéressant de constater que durant la période 2008-2010, la quantité évaporée représente deux phases:

- ❖ Une baisse évaporation depuis le mois de septembre jusqu'au mois d'avril pour les deux périodes (2008-2009 et 2009-2010).
- ❖ Une hausse évaporation depuis le mois de mai jusqu'au mois de juillet pour la période 2008-2009.

La valeur maximale de l'évaporation enregistrée a mois de juillet $0,997 \text{ Hm}^3$ d'eau durant l'année 2008/2009 par contre, la valeur minimale enregistrée a mois de janvier $0,075 \text{ Hm}^3$ d'eau durant l'année 2008/2009 et $0,134 \text{ Hm}^3$ mesurée en 2009/2010. La moyenne annuelle de l'évaporation est de $0,704 \text{ Hm}^3$.

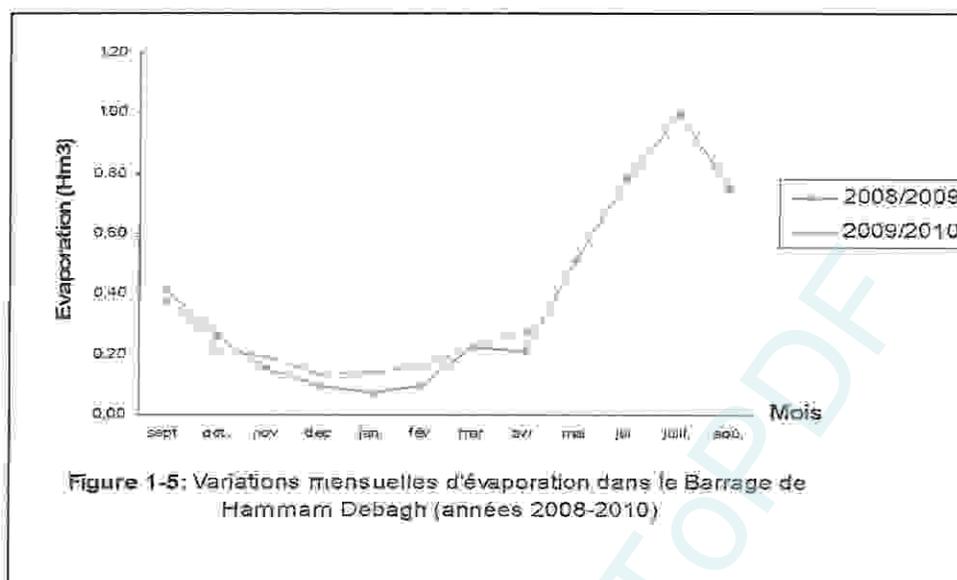


Figure 1-5: Variations mensuelles d'évaporation dans le Barrage de Hammam Debagh (années 2008-2010)

1.1.5.5. Pluviométrie :

Sous le mot précipitations on regroupe toute chute d'eau provenant de l'atmosphère comme la bruine, la pluie, le grésil, la glace, la grêle, le givre et la neige. Les nuages et brouillards sont constitués au départ de très fines gouttelettes d'eau de l'ordre du micron (max 30) ils précipitent en pluie, neige, grésil ou grêle lorsque les gouttelettes d'eau devenues trop lourdes ne peuvent plus être supportées par les mouvements ascendants de l'air.

Ce seuil est atteint à partir d'environ 50 microns (la bruine), la pluie prend forme avec des gouttes pouvant aller de quelques dixièmes de mm à quelques mm (5mm) pour certaines averses d'orage.

L'analyse des précipitations mensuelles revêt une importance capitale dans la mesure où elle permet de saisir l'évolution de la pluviométrie au cours de l'année.

Les variations des précipitations mensuelles sont illustrées par le tableau 1-8 (Annexes).

L'analyse de l'évolution d'un quelconque paramètre météorologique est souvent délicate en raison de la faible densité du maillage géographique des stations météorologiques synoptiques, l'étude se fonde sur la station de Hammam Debagh.

Sur l'ensemble de la période des années 2008 et 2010, l'évolution s'avère très pertinente, on parvient en effet à distinguer deux périodes pluviométriques différentes. On distingue cependant :

- ❖ Une hausse précipitation est enregistrée dans le mois de janvier 6.09 mm pour l'année 2009 et 4.75 mm pour l'année 2010. On observe aussi une évolution similaire mais plus modérée allant du mois de septembre jusqu'au mois de décembre.
- ❖ Une baisse précipitation depuis le mois de mai jusqu'au mois de juillet et une petite reprise dans le mois d'août, au niveau l'année 2009. Pour l'année 2010 une baisse précipitation est notée en mois de novembre (0.35 mm). (Fig. 1-6)

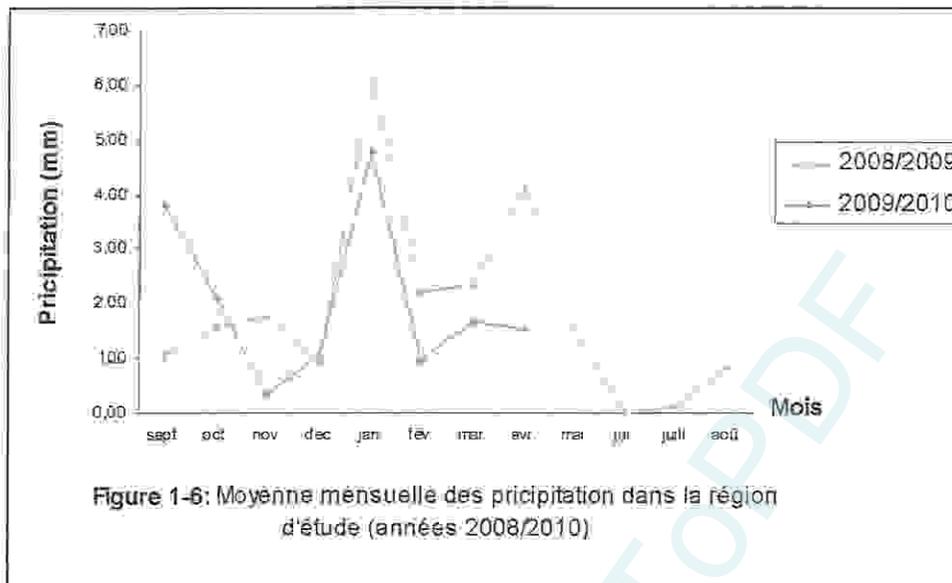


Figure 1-6: Moyenne mensuelle des précipitations dans la région d'étude (années 2008/2009 et 2009/2010)

1.1.5.6. Analyse de crues:

La reconstitution hydraulique des crues extrêmes relève dans bien des cas de la gageure du fait de l'incertitude des niveaux atteints pour les crues (problème de la fiabilité des observations) et de l'ignorance quasi-constante des vitesses moyennes. Dès lors, les estimations débitométriques se révèlent souvent incertaines.

Selon les informations qui nous ont été fournies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) (section de Hammam Debagh), et confirmées par le biais d'enquêtes de terrain (Tab. 1-3 et Tab. 1-4)

Les crues extrêmes, récentes, les plus remarquables sur la région d'étude, ont fait l'objet d'analyses plus ou moins avancées. Les figures 1-7 et 1-8 récapitulent les principales crues manifestées au cours des années hydrologiques 2008/2009 et 2009/2010.

La transformation pluie-débit donne des valeurs comprises entre $0,01 \text{ hm}^3/\text{s}$ et $43,06 \text{ hm}^3/\text{s}$, ces crues sont synchronisées par des précipitations intenses. On obtient ainsi un débit de crue de pointe en mois d'avril 2009 ($43,06 \text{ hm}^3/\text{s}$) et $38,33 \text{ hm}^3/\text{s}$ en mois de janvier 2010.

L'amont du barrage étant intégré au réseau karstique de la région de Bouhamdane ; il couvre ainsi une surface de l'ordre de 1136 km^2 ; en conséquence le karst a été actif durant ces épisodes pluvieux, certifiés par l'importance du flux sédimentaire qui a comblé le barrage en provenance de la mobilisation des débris qui tapissent les versants de ces bassins pourtant fortement boisés ; comme en témoignent les résultats des turbidités enregistrées durant ces périodes.

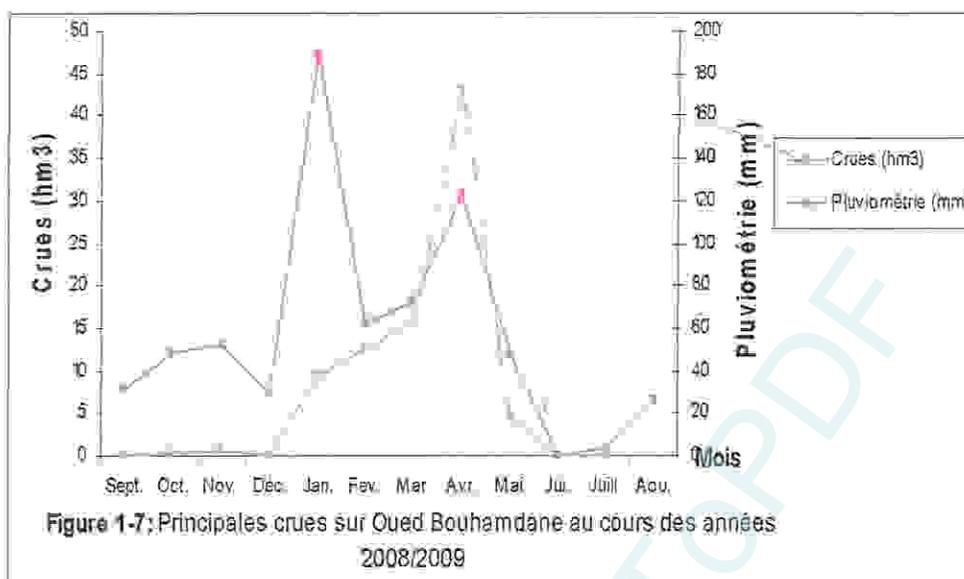


Tableau 1-3: Principales crues sur Oued Bouhamdane au cours des années 2008/2009

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.	Mai	Juñ.	Juill.	Aou.
Crues	0,04	0,282	0,438	0,095	9,467	12,45	15,76	43,06	4,667	0,056	0,01	/
Pluviométrie	31,2	48,5	52,4	28,8	188,9	61,7	72,8	122,8	48,2	0,2	3,5	25,9

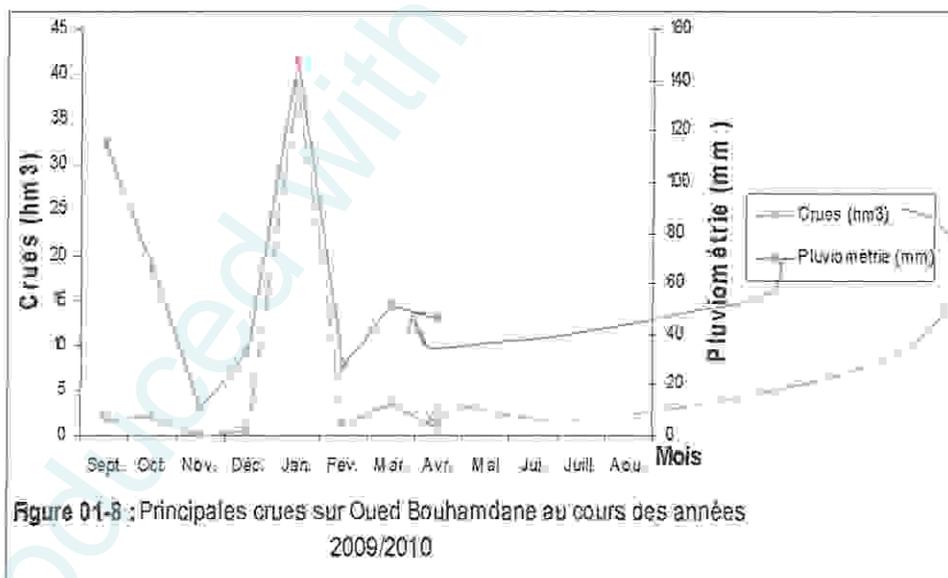


Tableau 1-4: Principales crues sur Oued Bouhamdane au cours des années 2009/2010

Mois	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fev.	Mar.	Avr.
Crues	1,862	1,937	0,093	0,479	38,33	1,365	3,406	0,702
Pluviométrie	114,6	65	10,5	32,3	147,3	27,3	51,7	46,2

1.1.5.6. Synthèse climatique :

A. Diagramme ombrothermique de Gausson et Bagnouls :

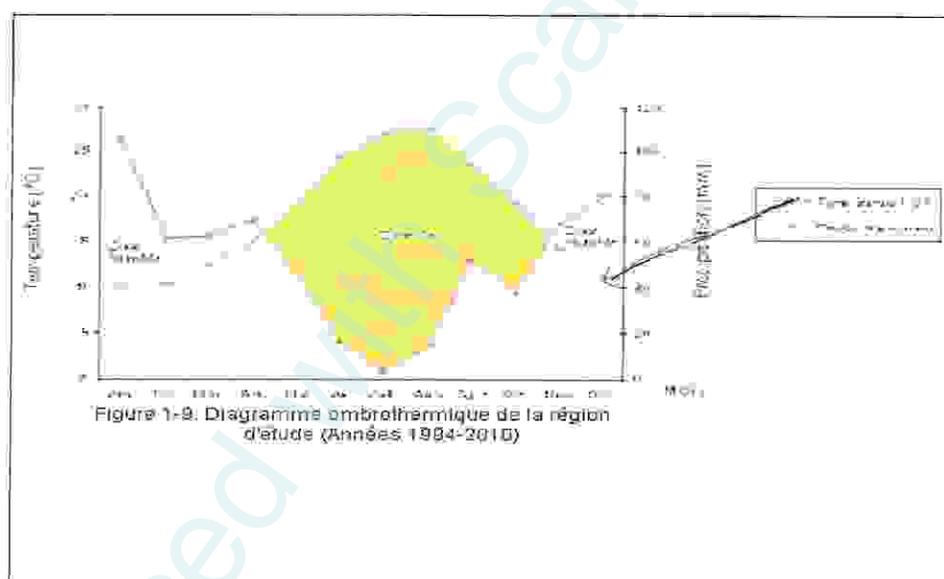
A partir des valeurs de la température moyenne mensuelle et de la précipitation moyenne mensuelle pour la période (1994-2010) (Tab. 1-9) (Annexes), le diagramme ombrothermique a été établi.

Il est nécessaire de déterminer la période sèche et la période humide relative à la région, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T).

L'échelle de la température est le double de celle des précipitations ($P=2T$). Grâce à ce diagramme (Fig. 1-9), on peut distinguer deux saisons :

- ❖ Une saison humide s'étend depuis le mois d'août jusqu'à la fin de mai.
- ❖ Une saison sèche et chaude, s'étend du mois de juin à la moitié de mois d'août.

Nous notons que la saison sèche nous indique un déficit de précipitation, par contre la saison humide présente un excédent.



B. Quotient pluviométrique d'EMBERGER:

Ce diagramme ou quotient pluviométrique est une représentation graphique issue d'une formule où la valeur des précipitations en mm, divisée par une expression de la T° en degré Kelvin, cette expression est choisie en fonction de la vie du végétal, cette formule s'écrit comme suit :

$$Q2 = [2000 P / M^2 - m^2]$$

Cette formule peut s'écrire selon Stewart (1969) qui a transformé le quotient d'Emberger pour le climat méditerranéen et a obtenu la formule suivante :

$$Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$$

Où

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud,

m : moyenne des minimum du mois le plus froid,

M et m sont exprimés dans l'expression de Stewart en $^{\circ}$ Celsius.

M et m s'expriment en degré Celsius, Emberger a mentionné qu'un climat ne peut être caractérisé si à la valeur de Q2 ne vient pas s'ajouter celle de « m ». Les stations météorologiques de même Q2 peuvent être différenciées par leurs valeurs de « m ».

Le Q2 nous a permis de localiser nos stations météorologiques sur le Climagramme d'Emberger. Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation.

On distingue le plus souvent les étages bioclimatiques saharien, aride, semi-aride, sub-humide et humide.

Le Climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude (Guelma).

- ❖ En abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid,
- ❖ En ordonnées le quotient pluviométrique (Q2) d'Emberger.

P= 617.58 mm

M= 37.44°C = 310.44 °K

m=3.49 °C = 276.49 °K

L'indice Q2 calculé par la formule $Q2 = 3,43 \times [P / M - m]$ est égal à 64,40.

L'emplacement de cet indice sur le Climagramme d'Emberger, nous a permis de situer Guelma dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers frais (Fig. 1-10).

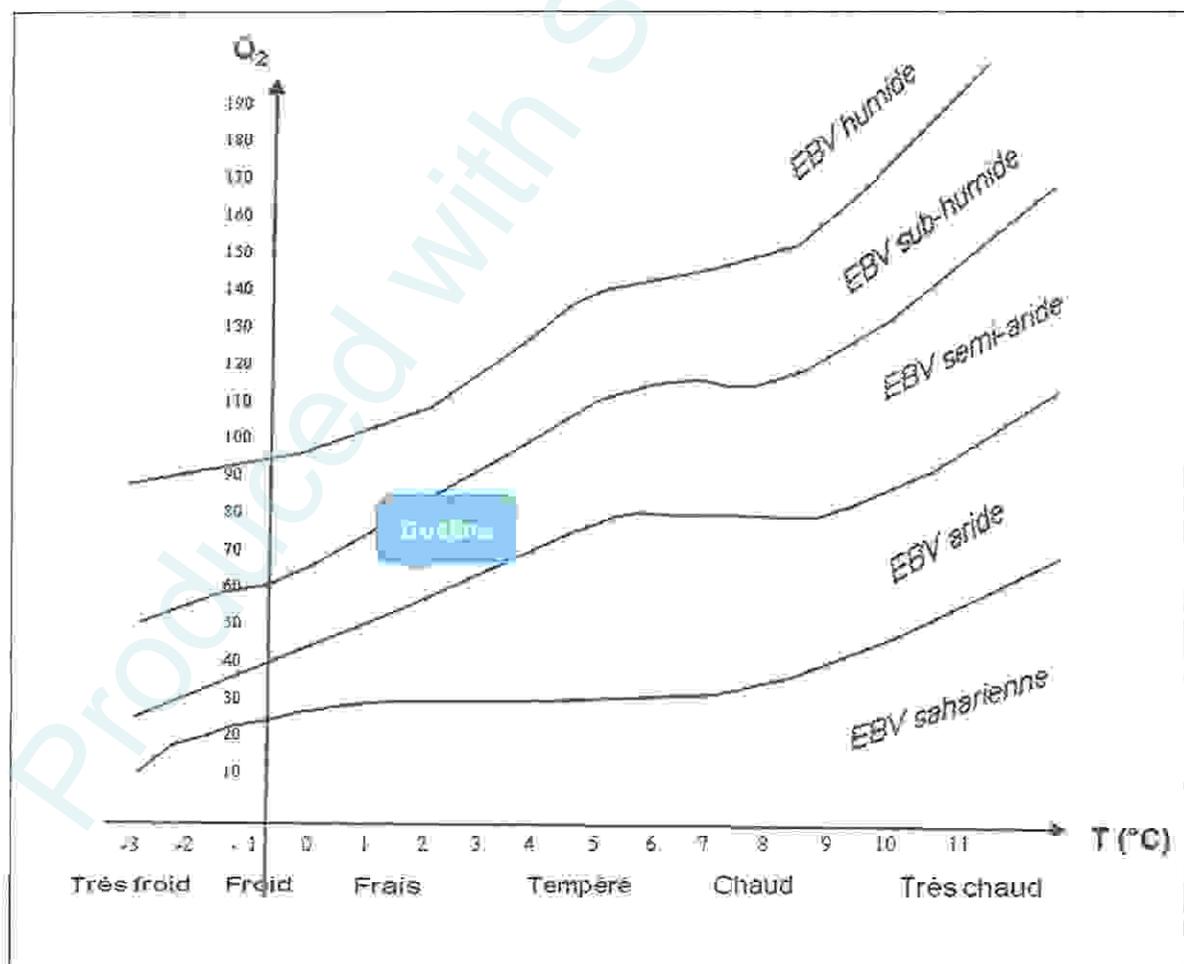


Figure 1-10. Climagramme d'Emberger de la région Guelma (1994-2010)

1.2. Critères de qualité descriptifs :

Toutes les eaux doivent être exemptes de substances ou matériaux provenant d'activités humaines qui, seules ou combinées à d'autres facteurs, peuvent entraîner :

- ❖ une couleur, une odeur, un goût, de la turbidité ou toute autre condition à un degré susceptible de nuire à quelque usage du cours d'eau;
- ❖ des débris, de l'huile, de la mousse ou d'autres matériaux flottants en quantité suffisante pour devenir inesthétique ou dommageable;
- ❖ des résidus huileux ou graisseux qui causent soit un film visible à la surface de l'eau, soit une coloration de la surface, soit une boue ou une émulsion;
- ❖ des dépôts qui causeront une formation de boues putrescibles ou nuisibles de quelque autre façon;
- ❖ une production excessive de plantes aquatiques enracinées, attachées ou flottantes, de champignons ou de bactéries;
- ❖ l'augmentation de substances en concentrations ou en combinaisons telles qu'elles nuisent, est toxique ou produit un effet physiologique néfaste ou des troubles comportementaux chez les humains, les formes de vie aquatique, semi-aquatique et terrestre.

Dans la mesure où les ressources souterraines traditionnelles ne suffisent plus la demande en eau potable, il s'est avéré nécessaire, sinon indispensable d'utiliser les eaux de surface. Les eaux superficielles contiennent des impuretés qui ont pour origine :

- ❖ **Origine naturelle** : produit de dégradation des végétaux, métabolites des algues et des micro-organismes.
- ❖ **Origine artificielle** : due à la pollution urbaine et agricole (pesticide, fongicide...).

Ainsi, les eaux de surface devraient subir des modifications physiques, chimiques et biologiques qui rendent potable. Pour cela, il faut donc traiter les eaux de surface par des moyens. (KHETTAB A., 1992).

Il existe plusieurs procédés et appareils de traitement de l'eau. Ces traitements s'effectuent au niveau du Station de traitement des eaux potables.

1.3. Station de traitement des eaux potables (Station de Hammam Debagh) :

1.3.1. Description de la station :

1.3.1.1. Situation géographique :

La station de traitement des eaux potables de Hammam Debagh est une usine de production des eaux.

Elle est située à 1 km à l'amont de la localité de Hammam Debagh, de capacité de 500 L/s. Mise en service en 2003, leur surface est trois hectares. Elle est située entre 36°27,834'N et 007°15,282'E. Evaluation : 294.5m

1.3.1.2. Origine de l'eau :

Le traitement se fait par des étapes bien définies. Les procédés du traitement qui a été mis au point selon les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau brute, L'eau à traitée provient du barrage sur l'oued Bouhamdane.

1.3.1.3. Débit d'eau à traiter :

Le débit de l'eau à traiter est d'entre 1500 m³/jour jusqu'à 1900 m³/jour en raison de la demande de plus en plus croissante des consommateurs à savoir la ville de Guelma, Ain Hessainia, Medjez Amar et Hammam Debagh.

1.3.1.4. Traitement effectués : (voir plan Fig.1-11).

La station effectuée les procédés du traitement suivants :

- ❖ La pré-chloration.
- ❖ Coagulation – Flocculation
- ❖ Décantation.
- ❖ Filtration sur sable.
- ❖ Désinfection (Post-chloration).

Chacune de ces étapes comprend des techniques spécifiques pour améliorer la qualité de l'eau.



Figure 1-11 : Station de traitement d'eau potable de Guelma.

1.3.2. Les procédés de traitement :

Par rapport à l'eau souterraine, l'eau de surface présente habituellement une plus grande variabilité en ce qui concerne la qualité. Elle est également plus vulnérable à la contamination, autant biologique que chimique. Le traitement d'une eau brute dépend de sa qualité, laquelle est fonction de son origine et peut varier dans le temps.

Finalement, les installations de traitement de l'eau de surface sont souvent plus complexes que celles qui traitent l'eau souterraine. Pour ces raisons, la recherche en eau de surface n'est souvent pas la première activité d'un projet. Lorsque requis, les principales étapes d'analyse pour cette avenue de solution sont :

1.3.2.1. Traitement physique :

Prétraitement

Les eaux subissent une étape de prétraitement sur le site de captage avant d'être conduites vers l'unité de traitement.

Selon KHETTAB A., (1992), le prétraitement consiste à faire un dégrillage afin d'éliminer les particules de grosse taille, les branches, le sable...

Le dégrillage :

Le dégrillage permet d'enlever et arrêter les corps flottants, les gros déchets et les débris de dimensions intermédiaires (passant à travers la grille, afin d'éviter qu'ils interfèrent avec le fonctionnement des équipements aval). Il sert également à empêcher l'accès des poissons aux ouvrages aval (conduite et installation de traitement).

Après un dégrillage (traitement primaire où les particules de diamètres importants sont retenues), les eaux brutes sont orientées gravitairement vers la station du traitement.

1.3.2.2. Traitement physico-chimique :

A. Pré-chloration :

Si les eaux à traiter contiennent beaucoup de matières organiques, ou encore de l'ammoniaque, du fer ou du manganèse, une étape de pré-chloration (cette étape s'effectue dans un bassin de mélange) préalable est nécessaire comme c'est le cas ici à Hammam Debagh. Elle permet d'éliminer plus facilement ces substances au cours de l'étape suivante dite de clarification.

La station utilisée pour l'oxydation des matières organiques, le fer, le manganèse et l'ammoniaque un oxydant comme le chlore gazeux ou Hypochlorite de sodium.

Actuellement, la station utilise dans l'eau des doses entre 2,5 à 3 g/m³ d'hypochlorite de sodium.

B. Clarification :

La clarification consiste à agréger sous forme de floccs, les matières en suspension organique et minérales et les substances colloïdales. Ces matières indésirables s'étant agglomérées, elle se décantent au fond du bassin de décantation ou elles sont régulièrement extraites. Par contre, l'eau surageant est filtrée sur sable (KHETTAB A., 1992).

B.1. Coagulation-floculation :

La coagulation-floculation est un procédé physico-chimique de clarification des eaux. Il réside dans la formation, par l'addition de coagulant, trames floconneuses appelées "flocs".

B.1.1. Coagulation :

La coagulation est un processus qui consiste à neutraliser les charges portées par les substances colloïdales ou dissoutes indésirables à l'aide d'un produit chimique de charge opposée, appelé coagulant avec une agitation rapide, afin de faciliter leur agglomération en flocons décantables ou filtrables.

Le coagulant peut être introduit dans un bassin de coagulation est sulfate d'alumine (Tab. 1-10) Annexes). Les caractéristiques de ce bassin sont les suivantes :

- ❖ Longueur : 3.2m.
- ❖ Largeur : 2.4m.
- ❖ Profondeur : 5m.
- ❖ Le bassin doit être équipé d'une unité mécanique de mélange rapide.

B.1.2. Floculation :

La floculation est l'étape de traitement qui suit la coagulation. Elle vise à favoriser la croissance de flocons par une agitation lente et prolongée de l'eau provenant des bassins de coagulation. Elle est réalisée dans un bassin pourvu d'une unité mécanique d'agitation et implique habituellement l'ajout d'un floculant.

Elle complète la phase de la coagulation et vise à assurer une plus grande cohésion du floc et une meilleure vitesse de sédimentation.

L'adjuvant ou le floculant peut être introduit dans un bassin de floculation est poly-électrolyte (Tab. 1-11) (Annexes). Les caractéristiques de ce bassin sont les suivantes :

- ❖ Longueur : 17m.
- ❖ Largeur : 9.2m.
- ❖ Profondeur : 5m.
- ❖ Le bassin doit être équipé d'une unité mécanique de mélange lente.

- Le temps nécessaire pour la coagulation-floculation est de 20 à 30 minutes.

L'étude des étapes de coagulation-floculation se fait dans une installation appelée Jar-test, permettant la sélection du meilleur jeu de conditions opératoires en vue de l'étape de décantation. La quantité de coagulant, la quantité de floculant, la vitesse d'agitation, le temps d'agitation sont autant de paramètres à optimiser. L'utilisation de plans d'expérience dans ce test pratique en constitue une de ses originalités.

Les concentrations de sulfate d'alumine et le poly-électrolyte se déterminent à l'aide d'un floculateur. Le floculateur est un appareil couramment utilisé pour les essais de coagulation-floculation. Cet appareil est composé de six agitateurs mécaniques.

Décantation :

La décantation a pour but d'éliminer les flocons issus de la coagulation et floculation, elle se fait grâce au bassin de décantation, le volume de ce dernier est 3400 m³. Le temps nécessaire pour la décantation des flocons est deux heures.

C. Filtration sur sable :

La filtration est la barrière ultime et obligatoire de la filière de traitement des eaux dans la majeure partie des cas. Elle vise à réaliser ou à compléter, à travers un lit filtrant, la réduction des particules en suspension, des coliformes, des virus, des parasites ainsi que la turbidité. Sans elle, plusieurs filières de traitement ne pourraient obtenir de crédits pour l'enlèvement des virus et des kystes de protozoaires.

Ce procédé de filtration est celui qui est le plus utilisé à la station du Guelma. Il est caractérisé par un lavage intermittent de son média filtrant. Ce lavage de filtre se fait comme suit :

- ❖ Fermeture de la vanne de sortie d'eau filtrée.
- ❖ Ouverture de la vanne d'entrée d'eau de lavage.
- ❖ Mise en service de la pompe de dé colmatage pendant 30 à 50 secondes.
- ❖ Mise en marche du surpresseur de lavage.
- ❖ Ouverture de la vanne d'entrée d'air de lavage pendant 8 à 30 minutes. Puis fermeture de la vanne d'entrée d'air.
- ❖ Arrêt du surpresseur de lavage.
- ❖ Mise en service des pompes de rinçage pendant 8 à 10 minutes .Le rinçage se fait par une eau traitée puis arrêt du rinçage.
- ❖ Remise en service du filtre par ouverture de la vanne de sortie d'eau filtrée.

1.3.2.3. Traitement chimique :

Post-chloration (désinfection) :

En raison de la présence occasionnelle de germes (Entérocoques, Escherichia Colis) l'injection d'hypochlorite de sodium existante sera conservée pour assurer ainsi une désinfection de l'eau distribuée dans le réseau.

La désinfection vise à tuer ou inactiver les germes pathogènes, qui peuvent se trouver dans l'eau, susceptibles de causer des maladies infectieuses chez l'homme. Cette désinfection à l'eau de javel sera asservie au débit entrant.

La stérilisation est obtenue par un traitement chimique. Les réactifs utilisés ont été le chlore et certains composés chlorés, le brome, l'iode, l'ozone et le permanganate de potassium.

1.3.2.4. Stockage de l'eau:

Le stockage de l'eau s'effectue dans des réservoirs situés généralement en hauteur : bassins enterrés au sommet des collines ou châteaux d'eau. Ils fonctionnent selon le principe des vases communicants pour assurer une pression régulière et suffisante au sein du réseau en fonction du rythme de consommation. Ils constituent aussi une réserve de sécurité en cas d'incident sur le réseau ou de hausse anormale de la consommation.

Pour pouvoir satisfaire à tout moment la demande en eau potable des abonnés, un réservoir de stockage d'une capacité de 3000 m³ a été créé sur le lieu de traitement en forme de bache enterrée; une réserve qui permet de gérer les pointes de consommation en différents points du réseau.

CHAPITRE 2
LES RISQUES LIES AUX MODES DE GESTION DE
L'EAU

Produced with ScanTOPDF

2.1. Introduction :

Le maintien de la qualité des eaux potables de la sortie de l'usine de traitement jusqu'au robinet du consommateur est une préoccupation majeure des traiteurs et distributeurs d'eau. Il s'agit de répondre à la demande des consommateurs et d'assurer le maintien de la qualité de l'eau potable au cours de sa distribution (GAUTHIER F., 2002).

L'usine de production d'eau potable doit éliminer la plus grande partie des germes présents dans l'eau brute et notamment tous ceux qui sont pathogènes. Lors de l'étape de la désinfection, le traitement d'eau s'appuie sur l'élimination des germes tests, indicateurs de pollution fécale, et témoins de la présence possible de germes pathogènes. (CELERIER J.L., et FABY J.A., 1998).

Mais l'eau traitée produite dans les stations de traitement d'eau potable par le réseau jusqu'aux consommateurs n'est jamais stérile, car lors de sa distribution à travers les canalisations formant le réseau peut subir des modifications qui peuvent provoquer des dégradations de ses paramètres biologiques ou physico-chimiques (RIZET, 1987; RIDGWAY et AINSWORTH, 1978 ; MOUCHET et *all.*, 1992 in PIRIOU P., *et All.*, 1998).

2.2. Dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux :

2.2.1. Facteurs à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux :

Parmi les nombreuses causes de dégradation de la qualité de l'eau distribuée :

2.2.1.1. Facteurs biologiques :

Les phénomènes biologiques : sont certainement les plus étudiés, mais également les plus surveillés en raison des risques à court terme vis-à-vis de la santé publique. Si les numérations élevées en germes hétérotrophes ne constituent pas obligatoirement un risque sanitaire, elles sont le signe d'un réseau susceptible de désordres biologiques pouvant protéger des espèces pathogènes (LECHEVALLIER *et al.*, 1990 ; PAYMENT *étal.*, 1991 in PIRIOU P., *et All.*, 1998).

A. Bio film :

A.1. Définition du bio film :

Les bio films correspondent à des associations de microorganismes inclus dans une matrice d'exo polymères, qui sont généralement attachées à la surface de toutes sortes de matériaux, tels que les métaux, les plastiques, les particules de sols, tissus (GAUTHIER F., 2002).

Les biofilms sont le résultat de la fixation et du développement de micro-organismes sur les surfaces, ou interfaces, exposées à des environnements humides non stériles.

Au niveau des réseaux de distribution d'eau potable, les biofilms consistent, le plus souvent, en une association de plusieurs espèces : bactéries, champignons, algues, protozoaires, contenues au sein de dépôts de débris particuliers et de produits de corrosion.

Les réseaux de distribution d'eau potable, comme tout autre environnement aqueux, peuvent être colonisés par des biofilms, malgré les conditions qui y règnent : absence de lumière, présence d'un agent biocide circulant, une faible concentration en éléments nutritifs (milieu oligotrophe).

Malgré son nom, le biofilms n'est ni exclusivement « bio » (biologique), ni véritablement un film. On y retrouve des dépôts inorganiques (sédiments accumulés, produits de corrosion) et sa nature est plutôt hétérogène. Par exemple, des fines de charbon provenant du traitement par charbon actif ou une turbidité résiduelle peuvent entrer dans le réseau. (CELERIER J.L., et FABY J.A., 1998).

La figure 2-1 ce dessous représente l'évolution d'un biofilms.

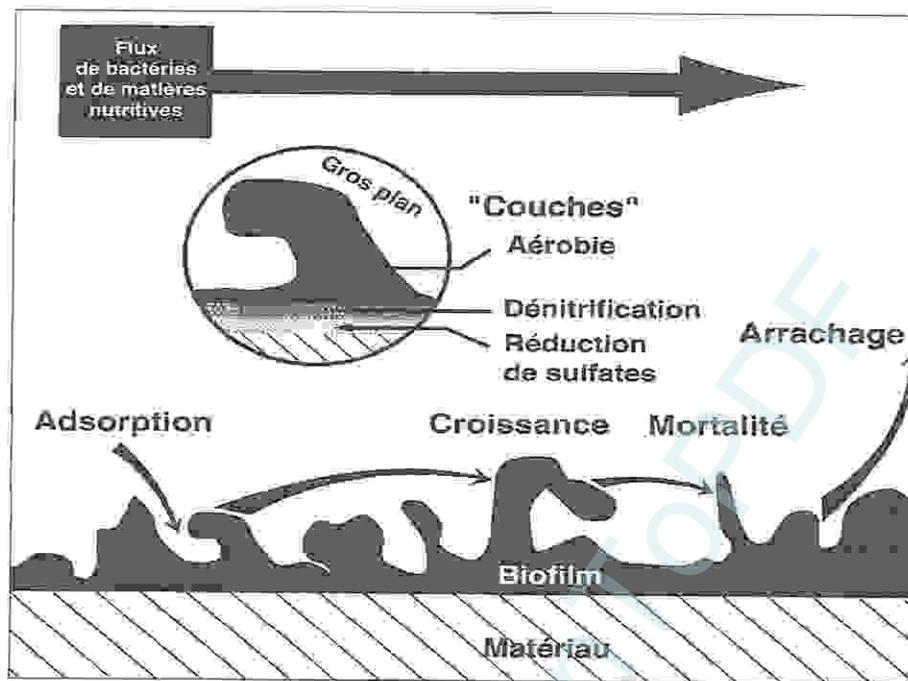


Figure 2-1 : Représentation de l'évolution d'un bio film (CELERIER J.L., et FABY J.A., 1988)

A.2. Formation du bio film :

Les micro-organismes fixés synthétisent des polymères et forment ainsi des films de quelques micromètres à quelques millimètres d'épaisseur, totalement différents du milieu environnant et régis par une organisation interne complexe.

Au sein des biofilms, les micro-organismes développent des caractéristiques propres qui échappent en grande partie aux méthodes d'investigation de la microbiologie traditionnelle en solution : modifications structurales, production d'exopolymères, communication chimique... (04).

La biomasse libre dans le réseau se fixe sur les parois des canalisations, qu'elle soit morte ou vivante et constituera un premier support pour le développement de couches supérieures plus actives. Si ces organismes rencontrent des conditions ambiantes satisfaisantes, le développement du bio film peut avoir lieu.

Les microorganismes ne peuvent se développer et survivre dans un milieu qui leur est « inhabituel », comme c'est le cas d'un réseau d'eau potable, que si celui-ci présente des caractéristiques nutritives et physico-chimiques proches d'un optimum caractéristique de chaque famille de microorganismes présentes.

Ainsi, la formation d'un bio film se réalise en plusieurs étapes faisant intervenir ces différents processus :

- le transport des microorganismes,
- l'attachement des microorganismes à la surface des conduites du réseau,
- la colonisation du support.

❖ Transport des microorganismes

Toute adsorption de microorganismes suppose un rapprochement de ceux-ci vers le support.

Les mécanismes peuvent alors être impliqués :

- la sédimentation, due aux seules forces de graviter,
- les bactéries entrent en contact avec la surface des conduites de manière aléatoire (Mouvements favorisés par les tournants des canalisations),
- la turbulence de l'eau à l'intérieur du réseau amène les microorganismes jusqu'au support,

❖ Attachement des microorganismes

L'adsorption des bactéries à la surface des canalisations s'effectue le plus souvent au niveau de dépôts minéraux et organiques, ou à la surface de tubercules de corrosion.

La phase d'attachement des microorganismes peut être divisée en deux étapes principales :

- **L'adhérence, qui correspond à une adsorption réversible des cellules** : une fraction des bactéries planctoniques transportées par l'eau, se dépose au niveau de la surface des canalisations. Cette étape ne fait intervenir que des processus physiques (interactions électrostatiques, électrodynamiques), et dépend de la nature du support et de son conditionnement préalable (présence de tubercules de corrosion, par exemple).
- **L'adhésion ou fixation irréversible des bactéries** : cette étape est plus lente que la précédente, l'irréversibilité de l'adhésion faisant appel au métabolisme bactérien. En effet, la sécrétion d'exopolymères par les microorganismes leur permet de consolider leur adhésion au support, formant autour de la bactérie, une enveloppe, appelée glycocalix.

❖ Colonisation du support

Dans des conditions favorables, lorsque les bactéries sont fixées de manière irréversible au support, les cellules peuvent se multiplier, selon la quantité de matière organique biodégradable disponible, et le taux d'oxydant résiduel. Il y a alors accroissement de la biomasse et production de métabolites sécrétés par les bactéries.

Les différentes étapes de la formation, puis de l'évolution d'un bio film, sont présentées sur la figure ci-dessous.

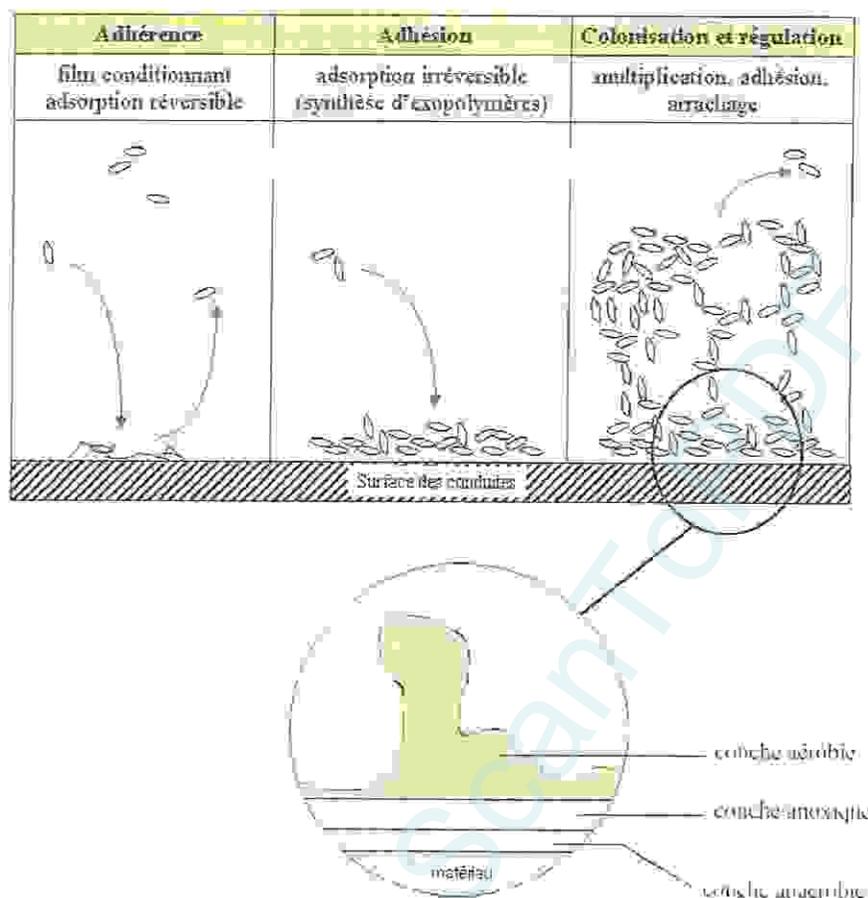


Figure 2-2 : Représentation schématique de la formation et de la structure d'un bio film au sein d'un réseau de distribution d'eau potable (GAUTHIER F., 2002).

A.3. Conséquences d'un accroissement du bio film :

Différents problèmes peuvent être directement reliés à la formation et au développement d'un bio film sur les parois des canalisations d'adduction d'eau potable. Ces conséquences peuvent porter sur le réseau de distribution lui-même, ou sur la consommation de l'eau issue du réseau contaminé.

❖ Conséquences sur le réseau de distribution :

Ces conséquences sont multiples et concernent aussi bien les populations bactériennes, que les caractéristiques physiques du réseau :

- les bactéries accumulées au niveau d'un bio film constituent le premier maillon d'une chaîne alimentaire et ainsi favorisent le développement de macro organismes.
- certains types bactériens peuvent induire, par leur présence ou leur activité métabolique, une augmentation de la turbidité.
- les capacités de distribution d'un réseau peuvent être diminuées par l'augmentation des forces de résistance, induites par la présence de bio film.
- une augmentation du nombre de non-conformités par rapport aux critères microbiologiques de qualité de l'eau destinée à la consommation peut être observée au sein de réseaux abritant des biofilms (problème d'arrachement des biofilms).

Le développement de bactéries nitrifiantes dans des zones d'anoxie, peut également entraîner des non-conformités, avec dépassement de la norme pour les nitrites (GAUTHIER F., 2002).

- La multiplication des micro-organismes le long d'un réseau de distribution (ou reviviscence bactérienne) entraîne la détérioration de la qualité bactériologique de l'eau, l'apparition de mauvais goûts, d'odeurs ou de couleur, et l'accélération du phénomène de corrosion des canalisations (ALLEN *et al.*, 1980 ; BOWER et CROWE, 1988 ; COALLIER *et al.*, 1989 in VOLK C., et JORET J.C. C., 1998).

❖ **Conséquences du développement de bio film pour les consommateurs :**

Une fraction des microorganismes peut également représenter un risque potentiel pour les consommateurs, et ainsi, augmenter la fréquence de symptômes gastro-entériques (diarrhées, vomissement).

Des travaux épidémiologiques ont montré que le taux moyen d'incidents à tropisme gastro-intestinal était de 0,1 par personne et par an, dans le cas d'une population générale, pour la consommation d'une eau respectant les critères de potabilité (BLOCK *et al.*, 2001)

Pour des groupes d'enfants, population plus sensible, des valeurs plus élevées d'environ quatre troubles digestifs par personne et par an et un épisode diarrhéique par personne et par an, ont été mis en évidence. (GAUTHIER F., 2002).

B. Les principaux organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux :

B.1. Origine des microorganismes :

Le niveau de contamination microbiologique des eaux dans le réseau est fonction du flux de cellules issues de l'usine de traitement

L'origine des bactéries dans les systèmes de distribution d'eau potable est souvent mal cernée :

- en sortie d'usine de potabilisation, l'eau destinée à être distribuée n'est pas stérile. En effet, il existe un flux continu de microorganismes. Les bactéries sont alors celles présentes initialement dans l'eau brute à traiter et qui ont résisté au traitement.
- les réservoirs, où l'eau se trouve en contact avec l'air, et où les orifices, mal protégés, peuvent permettre le passage de poussières ou d'insectes apportant des contaminations.
- le temps de séjour de l'eau dans les réservoirs ou dans les canalisations, qui peut être plus ou moins important.
- des contaminations externes par retour d'eau (limité par la mise en place de clapets anti retour) et l'intervention sur les réseaux, tels que les travaux, la pose de nouvelles conduites ou encore des erreurs de branchement.

B.2. Différents types de microorganismes :

Les organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux de distribution couvrent une large partie de la classification des êtres vivants, incluant les bactéries, virus, champignons, et organismes pluricellulaires.

Au sein de l'écosystème que constitue le bio film, certains macro-organismes (tels que certaines espèces de *Gammarus* et *Asellus*) se nourrissent ainsi d'algues et de bactéries. Ils peuvent être présents et coloniser certains réseaux. Visibles à l'œil nu du consommateur puisqu'ils mesurent quelques centimètres, ils constituent une gêne notoire. (CELERIER J.L., et FABY J.A., 1998).

Le tableau 2-1 donne quelques microorganismes pouvant être rencontrés dans les eaux potables.

Tableau 2-1 : Organismes susceptibles d'être présents dans les réseaux.

Pathogènes potentiels et bactéries indicatrices	Bactéries autochtones	Bactéries de la corrosion	Moisissures et levures
<i>Salmonella</i>	<i>Acinetobacter</i>	Bactéries Sulfatoréductrices	<i>Penicillium</i>
<i>Shigela</i>	<i>Aeromonas</i>		<i>Rhizopus</i>
Entérovirus	<i>Alcaligenes</i>	Bactéries du fer	<i>Mycélium</i>
<i>E. coli</i>	<i>Bacillus</i>		<i>Trichomonas</i>
<i>Streptococcus</i>	<i>Enterobacter</i>		<i>Aspergillus</i>
<i>Legionella</i>	<i>Flavobacterium</i>		
	<i>Pseudomonas</i>		
	<i>Staphylococcus</i>		
	<i>Corynebacterium</i>		
	<i>Proteus</i>		
	<i>Yersinia</i>		

2.2.1.2. Facteurs physico-chimiques :

A. pH et minéralisation :

Dans le réseau, le pH et la minéralisation sont importants pour le contrôle de la corrosion, l'agressivité de l'eau, l'action du désinfectant et la précipitation des éléments dissous. Mais le pH peut varier le long de la distribution du fait d'une évolution de la concentration de CO₂ dissous, ou bien parce que l'eau traitée n'était pas forcément à l'équilibre calcocarbonique en sortie de station.

Une aération dans un réservoir peut rendre une eau dure et incrustante par une perte de CO₂, ce qui risque alors d'obturer les conduites par dépôt de tartre. La solution est l'addition de CO₂ et/ou l'extraction de CaCO₃, qui sert à restaurer l'équilibre.

Inversement, une eau chargée CO₂ agressif (avec un pH bas) a tendance à attaquer les matériaux qu'elle rencontre avec des conséquences importantes: dissolution de ciments, attaque des métaux ferreux (corrosion) ou attaque de métaux toxiques tels que le plomb.

Des solutions envisageables sont l'élimination de CO₂ agressif, l'addition de chaux pour la mise à l'équilibre calcocarbonique ou un traitement de reminéralisation. Avec une composition judicieuse, l'eau permet de développer à la surface des matériaux une couche protectrice composée en partie de carbonate de calcium. Il convient de distribuer une eau légèrement sursaturée en carbonate de calcium pour favoriser la formation de ce dépôt protecteur.

B. Température :

La température des eaux peut varier de plusieurs degrés pendant le transit en réseau.

Une température élevée peut :

- ❖ Favoriser des goûts ou odeurs désagréables.
- ❖ Accélérer la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques dans le réseau,
- ❖ Influencer la croissance bactérienne, dissipe l'effet du désinfectant résiduel en agissant sur les constantes d'équilibre et accélère la corrosion.

La température joue aussi un rôle notable lorsque l'on fait des mélanges entre des eaux de composition différentes : la couche protectrice formée par l'eau légèrement entartrant sur les parois peut ainsi changer de structure et diminuer en épaisseur ce qui n'est pas favorable.

La température est aussi un des facteurs le plus important pour la dissolution des éléments tels que le plomb.

C. Oxygène dissous :

De l'état de saturation à l'entrée du réseau, l'oxygène dissous peut considérablement diminuer en cours de distribution avec des réactions d'oxydation ou une prolifération bactérienne. Toute baisse de la teneur en oxygène dissous détectée sur le réseau peut alors être interprétée comme un signe de croissance biologique.

Dans le cas où le réseau est correctement entretenu, une anaérobiose répandue ne se produit qu'avec des temps de séjour très longs. En revanche, le développement de zones anoxiques est possible localement. Il en résulte des phénomènes de fermentation et bio réduction (transformation de nitrate en nitrite), à l'origine de saveurs désagréables ou de corrosion.

De tels problèmes nécessitent une révision des pratiques d'entretien dans le réseau. La sursaturation en oxygène reste rare.

D. Turbidité :

Si la turbidité de l'eau est supérieure à 0,4 NTU, l'action des bactéricides est ralentie. Les colloïdes responsables de la turbidité peuvent protéger les bactéries des oxydants. Ainsi, un traitement de chlore libre à 0,4 ppm pendant une heure, qui donne normalement une garantie bactériologique à l'eau, n'est actif que si la turbidité est inférieure à 0,4 NTU.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants :

- ❖ précipitation de fer, aluminium ou manganèse, due à une oxydation dans le réseau,
- ❖ précipitation lente de carbonate de calcium (ou parfois hydroxydes de magnésium), due à un mauvais ajustement du pH à l'usine de traitement, une corrosion importante,
- ❖ l'agglomération naturelle des colloïdes qui peuvent provenir d'arrachements de biofilms, ou de bactéries agglomérées par leur glycocalix (polysaccharides présents sur les parois extérieures des bactéries),
- ❖ une fuite de matières dans la filière de filtration de l'usine de traitement (on dit que les filtres sont « percés »),

- ❖ des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organoleptique de l'eau et conditionnent la prolifération de microorganismes.

E. Ammonium :

Il est important d'éliminer l'ammonium avant l'introduction de l'eau dans le réseau parce que l'ammonium réagit avec le chlore pour produire des chloramines, qui sont des désinfectants moins efficaces et peuvent provoquer des goûts désagréables.

Certaines bactéries prolifèrent aussi en transformant l'ammonium en nitrites puis en nitrates.

F. Matières organiques :

Source nutritive essentielle pour la prolifération bactérienne, le contenu en éléments organiques carbonés est aujourd'hui considéré comme un facteur primordial dans la maîtrise de la qualité microbiologique de l'eau dans le réseau, une consommation de la matière organique s'accompagne d'un accroissement de la densité bactérienne présente au niveau du biofilms, tout comme dans l'eau circulant.

G. Corrosion :

G.1. Définition :

Les corrosions sont souvent responsables de la présence d'un métal (zinc, cadmium, acier, plomb, cuivre,...) dans les eaux.

La corrosion est causée par des phénomènes électrochimiques localisés très variés (différents mécanismes de corrosion) ; par exemple à pH faible ou lorsque le taux d'oxygène est élevé, elle est souvent aggravée par des bactéries qui accélèrent les réactions.

G.2. Cause :

- ❖ Nature des matériaux, compatibilité entre eux.
- ❖ Nature de l'eau : eau acide, eau faiblement minéralisée/chargée en gaz carbonique/sur chloration.
- ❖ Débit de l'eau dans les canalisations : sous dimensionnement= érosion/cavitation, Surdimensionnement= dépôts.
- ❖ La température, la pression.

2.2.1.3. Facteurs de dégradation liés à la conception ou à la gestion du réseau :

Une gestion qualitative des réseaux de distribution : est donc indispensable pour préserver au produit fabriqué la qualité la plus constante possible jusqu'aux points les plus éloignés de la distribution. Dans ce but, il est primordial de comprendre, décrire et modéliser les différents phénomènes conduisant à une évolution de la qualité de l'eau en distribution, pour caractériser les conditions favorables à cette dégradation afin d'optimiser l'efficacité des filières de traitement et la gestion du réseau.

2.3. Maladies à transmission hydriques :

L'eau, qu'elle soit traitée, peut être tachée par des matières à l'intérieur des ses immeubles, est due au contenant : la canalisation et le réservoir, qui peuvent la rendre nocive. Polluée, elle est à l'origine de différentes maladies et peut altérer gravement la santé.

Les maladies liées à l'eau sont une tragédie humaine : elles tuent chaque année des millions de personnes, empêchent des millions de personnes de mener une vie saine et sapent les efforts de développement. Environ 2,3 milliards d'habitants, de par le monde, ont des maladies qui sont liées à l'eau.

Les maladies liées à l'eau présentent des variations considérables sur le plan de leur nature, de leur transmission, de leurs effets et de leur gestion ; on peut cependant répartir en deux catégories les conséquences qu'exercent sur la santé des éléments liés à l'eau :

- ❖ Les maladies d'origine hydrique.
- ❖ Les maladies liées au manque d'hygiène.

2.3.1. Maladies d'origine hydrique :

Les maladies d'origine hydrique sont des maladies de l'eau sale, causées par une eau qui a été contaminée par les microorganismes.

Selon DELOLM *et al.*, 1992, la présence dans l'eau de micro-organismes pathogènes pour l'homme, provenant de la contamination fécale ou animale est favorisée dans les pays tropicaux par l'insuffisance du "cloisonnement" fécal qui transforme l'eau en véhicule de transmission majeur des maladies.

Les germes en cause sont des parasites, des bactéries et des virus à élimination fécale qui ont des formes de résistance leur permettant de survivre dans l'eau.

2.3.1.1. Infections bactériennes :

A. Type des bactéries :

Nous mentionnerons seulement les germes les plus importants au plan de la santé communautaire :

A.1. *Vibrio cholerae* :

Les *Vibrios* sont présentes dans les réservoirs et le disséminateur des vibrions cholériques. *V. cholerae* se trouve dans les selles des malades, des convalescents et des porteurs sains. Dans les zones d'endémie, le nombre de porteurs sains est beaucoup plus important que celui des malades.

La transmission se fait par l'eau, les aliments ou les mains sales, souillés par les matières fécales. La survie du germe est faible dans le milieu extérieur.

A.2. *Escherichia coli* entéropathogène :

Il est responsable de diarrhées chez l'adulte et surtout chez l'enfant et le nourrisson, la diarrhée est responsable de nombreux décès par déshydratation.

En Afrique Centrale plusieurs enquêtes par sondage sur les diarrhées infantiles ont montré que chez les enfants de moins de 5 ans, il survenait en moyenne 7 épisodes de diarrhée par an et par enfant.

Les diarrhées infantiles représentent la première cause directe de mortalité pour l'O.M.S. Chez le voyageur la diarrhée est la première cause de morbidité (le taux d'incidence mensuel des diarrhées est évalué à plus de 20 p. 100 chez les voyageurs). (DELOLM *et al.*, 1992)

A.3. *Legionella* :

Les légionelles sont présentes dans les eaux douces : lacs, rivières, boues ainsi que dans les réservoirs artificiels et les eaux de distribution. Elles n'ont jamais été isolées dans les terres sèches ni dans l'eau de mer ni chez l'animal ; elles ne contaminent que l'homme. Elles peuvent néanmoins se développer chez les protozoaires et être véhiculées par des kystes d'amibes.

A.4. *Salmonella* :

Les salmonelles sont des parasites intestinaux des animaux vertébrés qui se disséminent dans la nature par les excréta. Chez les animaux à sang chaud, elles sont souvent pathogènes.

A.5. *Compylobacter* :

Les Campylobacters sont des bactéries spiralées du tube digestif à l'origine d'infections, le plus souvent, intestinales.

Les bactéries pathogènes sont présentées dans le tableau ci dessous

Tableau 2-2 : Principaux agents bactériens pathogènes présents dans les fèces et les maladies transmises (SAMAK H., 2001)

Famille	Genre	Espèce	Maladie
Enterobacteriaceae	<i>Salmonella</i>	<i>Typhi</i>	Fièvre typhoïde
		<i>paratyphi</i>	Fièvre paratyphoïde
Enterobacteriaceae	<i>Shigella</i>	<i>dysenteriae</i>	Dysentérie bacillaire
		Autres <i>Shigella</i>	Gastro-entérite, diarrhée
Vibrionaceae	<i>Vibrio</i>	<i>cholerae</i>	Choléra
		Autres <i>vibrios</i>	Gastro-entérite, diarrhée
Enterobacteriaceae	<i>Escherichia</i>	<i>coli</i> , (types pathogènes)	Gastro-entérite, diarrhée
Enterobacteriaceae	<i>Yersinia</i>	<i>Enterocolitica</i>	Diarrhée, septicémie

B. Différentes maladies :

Les maladies d'origine hydrique englobent :

B.1. Les salmonelloses :

Les salmonelloses peuvent donner lieu à trois types de manifestations cliniques.

1. Des formes bactériémiques, strictement humaines, qui sont les fièvres typhoïde et paratyphoïde dues à *Salmonella Typhi*, *Para A*, *Para B* et *Para C*. Ce sont des bactériémies à point de départ lymphatique.
2. Des toxi-infections alimentaires donnant lieu à des gastro-entérites dues à tous les autres sérovars mais également à *Para B* et *C*
3. Des manifestations extra-digestives dans lesquelles divers sérovars sont en cause et qui sont plus fréquentes chez les sujets fragilisés :
 - Bactériémies non typhoïdiques,
 - Infections pleuro-pulmonaires,
 - Infections cardio-vasculaires : péricardites, artérites, infections sur prothèses,
 - Infections urinaires,
 - Infections abdominales : cholécystites, abcès du foie, abcès de la rate,
 - Infections des systèmes nerveux centraux : méningites, abcès du cerveau, hématome sous-dural infecté, abcès épidural

Les symptômes en sont de la fièvre, des céphalées, des nausées, des vomissements, des douleurs abdominales et des diarrhées.

B.2. La campylobactériose :

La campylobactériose est une infection répandue provoquée par certaines espèces de bactéries du genre *Campylobacter*. Dans certains pays, son incidence dépasse celle des salmonelloses.

Les symptômes apparaissent en général de deux à cinq jours après l'infection :

Les troubles aigus comprennent de sévères douleurs abdominales, de la fièvre, des nausées et de la diarrhée. Dans 2 à 10% des cas, l'infection évolue vers des problèmes de santé chroniques comme de l'arthrite réactionnelle ou des troubles neurologiques.

B.3. Les infections imputables à des *E. coli* entérohémorragiques :

Qui provoquent des hémorragies intestinales comme *E. coli* O157. Malgré une incidence relativement faible, leurs conséquences sérieuses et parfois mortelles, notamment chez les nourrissons, les enfants et les personnes âgées, les placent parmi les infections les plus graves.

B.4. Le choléra :

Représente une menace importante pour la santé publique dans les pays en développement et entraîne des pertes économiques considérables. L'agent responsable est une bactérie, *Vibrio cholera*.

Les symptômes comprennent des douleurs abdominales, des vomissements et des diarrhées aqueuses profuses pouvant entraîner une déshydratation grave et la mort, si les pertes hydriques et salines ne sont pas compensées.

B.5 Les légionelloses :

Sont des infections pulmonaires aiguës souvent accompagnées de douleurs abdominales avec diarrhées et de manifestations psychiques. La période d'incubation dure 8 à 10 jours.

Des complications sont redoutables : insuffisance rénale et insuffisance respiratoire. Le pronostic est aggravé par certains facteurs : tabagisme, alcoolisme, insuffisance respiratoire chronique, diabète, corticothérapie, immunodépression.

La "fièvre de Pontiac" est une forme bénigne d'incubation très courte (quelques heures à 2 jours) d'allure pseudo-grippale qui guérit spontanément.

La bactérie se transmet à l'homme essentiellement par inhalation d'eau contaminée sous forme d'aérosols. Il n'y a pas de transmission interhumaine. Elle atteint les alvéoles pulmonaires, pénètre dans les macrophages où elle se développe provoquant leur destruction. Il s'ensuit une alvéolite purulente extensive.

2.3.1.2. Infections parasitaires :

Protozoaires : ils sont responsables des dysenteries (amibes, *Balantidium*) ou de gastro-entérites.

Helminthes : en région chaude les helminthes liés aux risques hydriques sont représentés par l'ascaridose et la dracunculose.

- l'ascaridose : elle peut atteindre 70 à 90 pour 100 de la population.

- la dracunculose ou filaire de Médine a un impact économique négatif considérable par la durée de l'immobilisation qu'elle occasionne chez les malades. (DELOLM *et al.*, 1992)

- **Giardia et Cryptosporidium** : la *Giardia* et le *Cryptosporidium* sont des parasites microscopiques qui peuvent être retrouvés dans l'eau. La *Giardia* est responsable d'une maladie intestinale appelée giardiose et le *Cryptosporidium* est à l'origine d'une maladie semblable, la cryptosporidiose.

Ces deux parasites produisent des kystes qui sont très résistants aux conditions environnementales défavorables. Une fois ingérés, ils entrent en phase de germination, se reproduisent et entraînent la maladie. Le parasite se nourrit et forme de nouveaux kystes qui se retrouvent dans les selles. Des études effectuées auprès de volontaires ont montré que l'ingestion d'une faible quantité de kystes suffit pour causer la maladie.

Les symptômes les plus souvent associés à la *Giardia* sont la diarrhée, les crampes abdominales, la flatulence, des malaises et une perte de poids. Vomissements, frissons, maux de tête et fièvre peuvent également survenir. Ces symptômes se manifestent habituellement de 6 à 16 jours après le premier contact, et peuvent durer jusqu'à un mois.

Les symptômes de la cryptosporidiose sont similaires, les plus fréquents étant les diarrhées liquides, les crampes abdominales, les nausées et les maux de tête. Ces symptômes se manifestent de 2 à 25 jours après l'infection et peuvent durer une à deux semaines, voire un mois.

Les symptômes de la cryptosporidiose sont similaires, les plus fréquents étant les diarrhées liquides, les crampes abdominales, les nausées et les maux de tête. Ces symptômes se manifestent de 2 à 25 jours après l'infection et peuvent durer une à deux semaines, voire un mois.

2.3.1.3. Infections virales :

Certains virus qui se multiplient dans le tube digestif humain peuvent être éliminés en grande quantité dans les selles et se retrouver dans les eaux où ils pourront survivre plus ou moins longtemps. Cette survie est conditionnée par de nombreux facteurs ; elle peut atteindre des délais considérables.

Les virus les plus importants sont, sans conteste, le virus de l'hépatite A responsable d'épidémies dans les collectivités humaines, et le virus de la poliomyélite responsable de séquelles paralytiques.

Par ailleurs, les Rotavirus, et le virus de Norwalk sont responsables de diarrhées non spécifiques chez les nourrissons et les voyageurs. (DELOLM *et al.*, 1992).

2.3.2. Les maladies liées au manque d'hygiène :

Le risque représenté par la pollution chimique est le plus souvent un risque à moyen ou long terme, lié à la présence de toxiques à effet cumulatif :

2.3.2.1. Chlore dans l'eau potable :

La désinfection de l'eau potable, qui est passée depuis longtemps dans les mœurs, souffre de lacunes qu'il faudra combler à brève échéance. Il nous est loisible d'en citer quelques-unes :

- ❖ Le matériel de chloration (javellisateurs) est parfois confié au seul gardien du réservoir d'eau, d'où risque de défaut d'entretien et arrêt prolongé du fonctionnement.
- ❖ La chloration n'est souvent pas en rapport avec le débit distribué.
- ❖ La javel livrée par certains commerces est mal dosée ou carrément inefficace.
- ❖ Le personnel en charge de la javellisation n'est pas doté de comparateur, simple appareil permettant le calcul du taux de chlore dans l'eau.

Dans l'usine de traitement et le réseau de distribution de l'eau potable, certaines matières organiques naturelles présentes dans l'eau traitée peuvent réagir avec le chlore pour former des sous-produits chlorés de désinfection.

Les types et structures de ces sous-produits sont complexes et varient en fonction de la qualité de l'eau et des conditions de traitement. Les sous-produits qu'on trouve le plus souvent dans les eaux chlorées sont les trihalométhanes (THM) et les acides halos acétiques (AHA). (Santé canada, 2009)

2.3.2.1. Fluorure dans l'eau potable :

La plupart des eaux potables contiennent des fluorures, ces concentrations sont affectées par certains procédés tels que l'échange d'anion, la déminéralisation et certains autres traitements qui l'élimineront.

Des niveaux élevés en consommation de fluorure entraînent des fluoroses. Ceci est presque toujours associé à des prises élevées en fluorure dans l'eau potable. L'ingestion d'excès de fluorure lors du développement des dents, particulièrement lors de la croissance, peut également avoir comme conséquence une fluorose dentaire et ces effets peuvent également être modifiés par Co-exposition à certains minéraux.

La concentration optimale en fluorure dans l'eau potable pour la santé dentaire est généralement comprise entre 0.5 à 1.0 mg/litre et dépend du volume de consommation et de l'absorption et l'exposition à d'autres sources.

Ces valeurs sont basées sur des études épidémiologiques. Les directives de l'OMS sur la qualité de l'eau potable pour le fluorure est 1.5 mg/l.

2.3.2.3. Nitrates dans l'eau potable :

Leur présence dans les eaux est liée à l'utilisation intensive d'engrais azotés ainsi qu'à l'épandage des lisiers d'animaux d'élevage. La consommation d'eau chargée en nitrates est responsable de méthémoglobinémie chez le nourrisson et chez l'enfant.

Les nitrates ne sont pas nocifs en soit pour la santé. Mais sous l'action d'une bactérie présente dans le corps humain, ils se transforment en nitrites. Ceux-ci oxydent l'hémoglobine du sang qui ne peut plus fixer l'oxygène ce qui perturbe la respiration cellulaire.

2.3.2.4. Plomb dans l'eau potable :

Le plomb passe dans le sang et va perturber de nombreux mécanismes biochimiques, touchant principalement le système nerveux mais aussi d'autres fonctions, comme la reproduction.

Les enfants exposés de manière prolongée à de faibles doses de plomb peuvent ainsi développer un saturnisme, une maladie caractérisée par divers troubles pouvant être irréversibles : ceux-ci concernent notamment la croissance, le développement du système nerveux central, le développement intellectuel et le comportement. À plus forte dose, le plomb peut induire même chez les adultes, et aussi bien chez les hommes que chez les femmes, des troubles de la reproduction, des insuffisances rénales, ou des encéphalopathies.

Il peut également se fixer sur les os du squelette où il ne sera en rien gênant tant qu'il ne sera pas renvoyé dans le sang ; or, cela peut se produire en particulier chez les femmes enceintes ce qui engendre une surexposition fœtale, mais aussi chez les personnes âgées qui se retrouvent alors empoisonnées de manière brutale.

CHAPITRE 3
MATERIEL ET METHODES

Produced with ScanTOPDF

3.1. Échantillonnage:

L'échantillonnage est primordial car il conditionne la pertinence de l'analyse et influence directement la qualité des résultats analytiques obtenus.

3.1.1. Site et période de prélèvement :

Trois points d'eau ont été choisis (S1, S2, S3) :

1. Station 1 (eau brute) : se situe dans la station de traitement des eaux potables (station de Hammam Debagh) le prélèvement se réalise au niveau du bassin de mélange.
2. Station 2 (eau traitée) : le prélèvement se réalise au niveau du réservoir de la station de pompage 1 avec l'addition de thiosulfate.
3. Station 3 (eau du robinet consommateur).

Les prélèvements d'eau ont été effectués mensuellement de mars à mai 2010. Suivant des méthodes standardisées (Afnor, 1994; Rodier, 1984), vingt variables ont fait l'objet d'un suivi physico-chimique, et cinq paramètres microbiologique. Les mesures ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'STEP (Station de Traitement des Eaux Potables) de Hammam Debagh tandis que les autres analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de département de biologie.

3.1.2. Matériel de prélèvement :

Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, pour les paramètres physico-chimiques les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, et en plastique.

Pour les paramètres microbiologiques le prélèvement effectués dans des conditions aseptiques. Les flacons destinés au prélèvement pour l'analyse microbiologique doivent être stériles et en verre.

3.1.3. Méthode de prélèvement :

Les méthodes utilisées pour l'échantillonnage correspondent aux différentes directives, notamment l'OMS...

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une nappe ouverte (bassin), d'un réservoir, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50cm) et de la surface, assez loin de rive ou des bords, et en évitant la remise en suspension des dépôts. (RODIER *et al.*, 1984)

Dans le cas du prélèvement de l'eau du robinet, l'échantillonnage réalise par les étapes suivantes :

- ❖ Ouvrir doucement le robinet et laisser l'eau s'écouler pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 minutes pour éliminer l'eau stagnante dans les canalisations.
- ❖ Ouvrir le flacon stérile et remplir en tenant le bouchon dans sa protection orientée vers le bas pour éviter que des poussières viennent se déposer à l'intérieur. Laisser un petit volume d'air à la surface pour faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse.
- ❖ En fin fermer le flacon avec le bouchon et bien étiqueté (la date et l'heure de prélèvement, le site et l'ordre de prélèvement.)

Pour l'eau traitée (eau de réservoir) contient déjà le chlore on introduire dans les flacons un agent de neutralisation, on utilise le thiosulfate de sodium.

3.1.4. Transport des prélèvements :

Tout flacon d'échantillonnage doit être clairement identifié et être accompagné d'informations suffisantes concernant l'échantillon.

L'analyse bactériologique doit être effectuée le plus rapidement possible car la teneur initiale en microorganismes contenus dans l'eau subit un risque des modifications dans les flacons après le prélèvement.

Concernant les méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation, indique que, si le transport excède une heure et si la température est supérieure à 10°C, les prélèvements doivent être transportés dans une enceinte froide (aux environs de 4°C) avec un délai de 8 heures avant l'analyse. (REJSEK F. 2002).

3.2. Méthode d'analyse :

3.2.1. Différentes paramètres :

Un paramètre est un élément analysé au niveau de la composition de l'eau (Présence et quantité). Pour chaque paramètre est déterminée une limite de qualité, qui fixe la quantité supérieure à ne pas dépasser. La limite de qualité est traduite par la CMA (concentration maximale admissible).

Les directives européennes et françaises fixent des normes de qualité pour l'eau potable et regroupe 62 paramètres de qualité classés en 6 catégories :

- ❖ **Organooleptiques** : mesure du goût et de l'aspect de l'eau (couleur...) ;
- ❖ **Physico-chimiques** : le pH (acide ou basique), la température, la conductivité, la teneur en chlorures, sulfates...
- ❖ **Substances indésirables** : nitrates (obligatoirement < 50 mg/litre d'eau), fer, manganèse...
- ❖ **Substances toxiques** : métaux lourds, arsenic (obligatoirement < 10 microgrammes/litre d'eau), plomb...
- ❖ **Pesticides** : les doses admissibles sont très faibles, de l'ordre de 0.1 microgramme par litre d'eau.
- ❖ **Microbiologiques** : présence ou non de microbes (virus, bactéries...) pouvant être pathogènes (ex : Escherichia Coli ou Entérocoques).

3.2.1.1. Paramètres organoleptiques :

A. Turbidité :

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matière non dissoutes. Elle causée, dans les eaux par la présence de matière en suspension fine, comme l'argile, les limons, les grains de silice. Une faible part de la turbidité peut due à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. (REJSEK F. 2002).

Les unités utilisées sont :

- NTU (Nephelometric Turbidity Unit).
- FTU (Formazine Turbidity Unit).
- JTU (Jackson Turbidity Unit).

3.2.1.2. Paramètres physico-chimiques :

A. pH :

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène $[H_3O^+]$, il est inférieur ou supérieur à sept suivant que l'eau est acide ou basique. Le pH n'a pas de signification hygiénique mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau.

B. Température :

La température a une grande importance dans l'étude et la surveillance des eaux (les eaux souterraines et superficielles). La température des eaux de surfaces varie selon plusieurs facteurs, saisonniers et autres.

C. La conductivité :

La conductivité est liée à la présence d'ions en solution. Elle dépend de la nature des ions dissous et leurs concentrations.

Selon REJSEK F. (2002), la température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité.

La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu S/cm$), à 25°C.

D. Chlorure :

La teneur en chlorures d'une eau dépend de l'origine de l'eau et de la nature du terrain qu'elle traverse. Les chlorures participent à la conductibilité électrique des cours d'eau. Niveau guide de la concentration en chlorures des eaux destinées à la consommation humaine : 25 mg/l. Concentration maximale admissible des chlorures dans les eaux destinées à la consommation humaine : 200 mg/l.

E. Calcium :

L'eau est composée de nombreux éléments minéraux et organiques. Sa richesse en minéraux varie selon la composition des sols qu'elle traverse. Les terrains calcaires donneront une eau riche en calcium.

Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Il existe à l'état d'hydrogencarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure... etc.

F. Magnésium :

Le magnésium se place au huitième rang parmi les éléments naturels les plus abondants. Il constitue 2,5 % de la croûte terrestre.

Les principales sources du magnésium contenu dans ces eaux sont les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires (ANONYME 1978).

La concentration maximale admissible du magnésium dans les eaux destinées à la consommation humaine selon le décret 3 janvier 1989 est 50 mg/l.

G. Dureté totale (Titre hydrotimétrique) :

La dureté ou Titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l'exception de ceux métaux alcalins et de l'ion hydrogène. Dans la plupart des cas la dureté est surtout due aux ions calcium et magnésium (RODIER *et al.*, 1984).

H. Alcalinité complet et simple :

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

Titre alcalimétrique (TA) : permet de connaître la teneur en hydroxyde (OH⁻)

Titre alcalimétrique complet (TAC) : permet de connaître la teneur totale en hydroxydes carbonate, hydrogénocarbonates alcalins et alcalins terreux.

I. Sulfate :

La présence du sulfate dans les eaux est liée à la nature des terrains traversés.

J. Résidu sec :

Le résidu sec correspond aux matières dissoutes, ce sont des matières dispersées de façon homogène dans l'eau, faiblement polarisées ou ionisées.

La valeur limite en résidu sec dans l'eau destinée à la consommation humaine est fixée à 1500 mg/l.

3.2.1.3. Les paramètres concernant des substances indésirables :**A. Nitrate et nitrite:**

Le nitrate (NO₃⁻) et le nitrite (NO₂⁻) sont des ions naturels présents partout dans l'environnement. Ils sont tous les deux le produit de l'oxydation de l'azote (qui représente en gros 78 % de l'atmosphère) par les microorganismes dans les plantes, le sol ou l'eau.

B. Ammonium :

L'ammonium est très répandu sur la terre. Par ordre d'importance, L'ammonium peut provenir d'une dénitrification biochimique due aux microorganismes réducteurs.

En général l'ammoniaque se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. C'est un indicateur d'efficacité du traitement de l'eau. Il est facilement éliminé par les stations de traitement d'eau et réagit avec le chlore en donnant des chloramines.

Les chloramines constituent une des causes les plus courantes du mauvais goût de l'eau (goût d'eau de Javel). La présence d'azote ammoniacal après traitement de l'eau indique une chloration insuffisante. La désinfection n'a pas été réalisée.

C. Fer :

La présence du fer dans l'eau est :

* Soit d'origine naturelle : le fer est abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures.

* Soit due à la corrosion de canalisations de distribution en fonte ou en acier.

Concentration guide dans les eaux destinées à la consommation humaine : 50 µg/l et la CMA : 200 µg/l

D. Matière en suspension :

Ce sont des particules solides très fines et généralement visibles à l'œil nu, théoriquement, elles ne sont ni solubilisées, ni à l'état colloïdale. Elles déterminent la turbidité de l'eau. Elles limitent la pénétration de la lumière dans l'eau, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique.

Leur élimination est assez simple car, si l'on repose l'eau, elles décantent de manière spontanée et peuvent être retirées de l'eau par des procédés physiques simples (décantation et filtration).

E. Matière organique :

La matière organique provient soit l'érosion des sols, soit de la décomposition de matières animales ou végétales qui se trouvent dans l'eau.

3.2.1.4. Paramètres bactériologiques :

Le deuxième volet du suivi de la qualité d'une eau destinée à la consommation humaine est la recherche de la charge bactérienne qui s'y est développée.

La recherche microbiologique dans l'eau de consommation se résume à trois types d'analyses à appliquer selon les circonstances : (Tab.3-1) (REJSEK F. 2002).

Tableau 3-1: Types d'analyses bactériologiques (REJSEK F. 2002)

Analyse réduite (B1)	Analyse sommaire (B2)	Analyse complète (B3)
Coliformes thermo tolérants	Coliformes thermo tolérants	Coliformes thermo tolérants
Streptocoques fécaux	Streptocoques fécaux	Streptocoques fécaux Coliformes
	Dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22°C et 37°C	Dénombrement des bactéries aérobies revivifiables à 22°C et 37°C
		Spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices

Dans notre étude, nous avons effectué une analyse sommaire (B2) qui comprend :

A. La recherche des micro-organismes indicateurs de pollution ou efficacité de traitement :

A.1. Dénombrement (totale) des germes aérobies revivifiables à 22°C et 37°C :

La recherche des micro-organismes aérobies non pathogènes dits "revivifiables" permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle.

Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé mais sous certaines conditions, ils peuvent générer des problèmes. Ce sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique.

A.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (identification des *E.coli*) :

❖ Coliformes totaux :

Regroupe plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries qui sont aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées en forme de bâtonnet. De plus, tous les coliformes totaux doivent produire une réaction négative à l'épreuve de la cytochrome-oxydase et une réaction positive au test de l'ONPG (ortho-Nitrophényl-β-D-galactopyranoside), avec une grande dégradation de lactose à 37°C.

Les coliformes totaux sont des microorganismes indicateurs dont le dénombrement permet de détecter le niveau de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines, les sources d'approvisionnement ou les canalisations d'eau potable (CEAEQ, 2000).

❖ Coliformes fécaux ou thermo tolérants :

Les coliformes fécaux se définissent comme des bactéries aérobies et anaérobies facultatives, à Gram négatif, asporulées, en forme de bâtonnet.

En raison de leur capacité de croître à la température élevée de 44,5 °C et non seulement à 35 °C comme les coliformes totaux, les coliformes fécaux sont de plus en plus souvent désignés par l'appellation « coliformes thermo tolérants » dans la littérature scientifique.

Les coliformes fécaux qui produisent une réaction négative à l'épreuve de la cytochrome-oxydase, une réaction positive au test de l'ONPG (ortho-Nitrophényl-β-D-galactopyranoside) .les « coliformes fécaux confirmés » sont en réalité des *E. coli*. (CEAEQ, 2003), avec une grande dégradation de lactose à 44°C.

B. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :

Les streptocoques fécaux sont des bactéries :

De la famille des *Enterococcaceae* : Coques ovales Gram +, en diplocoques ou courtes chaînettes, catalase -, AAF et fermentatif du glucose.

Du groupe D de la classification de Lancefield

L'ensemble des Streptocoques fécaux est constitué principalement des espèces : *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, *Enterococcus bovis*, *Enterococcus equinus*.

Ce sont des bactéries commensales de l'intestin des animaux et des humains. Leur présence dans un aliment traduit donc une contamination fécale de cet aliment et laisse supposer la présence possible de bactéries pathogènes.

La contamination peut être ancienne car ces bactéries survivent relativement longtemps dans les aliments ou l'eau (ANONYME, 2007).

C. La recherche des micro-organismes pathogènes :

La recherche et dénombrement des micro-organismes contaminant l'homme essentiellement par voie cutané-muqueuse c'est la recherche des staphylocoques pathogènes (*Staphylococcus aureus*).

Le microorganisme *Staphylococcus aureus* est une bactérie de la famille des *Micrococcaceae* de forme sphérique (coque), de 0,8 μm à 1,0 μm de diamètre. Ces coques à Gram positif se présentent généralement en grappes, par paires ou en cellules individuelles compte tenu de l'âge de la culture. C'est une bactérie non mobile, asporulée et aérobie facultatif possédant une catalase.

Les staphylocoques trouvés dans l'eau proviennent principalement de la peau, de la bouche, du nez et de la gorge des baigneurs et occasionnellement d'une pollution fécale (CEAEQ, 2000).

3.2.2. Techniques d'analyses :

3.2.2.1. Analyses physico-chimiques :

A. Méthode électrochimique :

Cette méthode permet de l'analyse des paramètres physico-chimiques simple par des techniques qui peuvent être mises en œuvre avec des appareils de laboratoire usuel.

A.1. Mesure du pH :

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre, après de vérifier et étalonner avec au moins deux solutions étalons (7 et 10 ou 7 et 4 suivant la gamme de mesure à réaliser). (Fig.3-1).



Figure 3-1: pH mètre.

A.2. Mesure de la température :

La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre,

- ❖ Retirer la capsule contenant la solution de stockage protégeant la sonde de mesure, puis rincer cette dernière à l'eau distillée avant toute mesure.
- ❖ Plonger la sonde dans le milieu à analyser.
- ❖ Remuer avec soin et légèrement la sonde et attendre que la lecture se stabilise.

A.3. Mesure de la conductivité électrique:

L'analyse s'effectue sur un prélèvement d'eau dont le volume doit être suffisant pour plonger la sonde de conductivité.

Certains appareils sont équipés d'un système de mesure plusieurs paramètres dans le même temps. On détermine la conductivité, la température, le taux des sels dissous dans l'eau (TDS) et la salinité.

L'appareillage est constitué d'une sonde WTW TetraCon® et d'un analyseur LF 197. (Fig.3-2).

Expression des résultats : le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Figure 3-2 : Conductivimètre.

A.4. Mesure de la turbidité :

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire.

Elle se mesure en faisant passer un faisceau lumineux à travers l'échantillon à tester. La turbidité est déterminée en mesurant la lumière qui est diffusée par les particules en suspension.

Les mesures de turbidité ont été faites sur un turbidimètre HACH 2100N. La gamme utilisée est 0-1000 unités NTU. (Fig.3-3).

Expression des résultats : la mesure est obtenue directement en NTU.

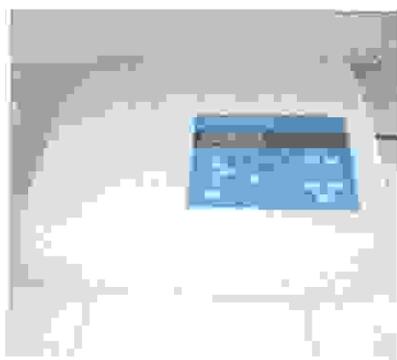


Figure 3-3 : Turbidimètre

B. Méthode volumétrie :

Les méthodes volumétriques consistent à faire réagir des quantités équivalentes de deux réactifs contenus dans des volumes bien déterminés.

L'un des réactifs n'est ajouté au deuxième par goutte à goutte jusqu'à la fin de la réaction. Le point d'équivalence est indiqué par le virage d'un indicateur coloré.

B.1. Dosage des ions chlorure :

Les chlorures figurent parmi les anions les plus courants dans l'eau potable. Plusieurs méthodes de dosage existent. Dans notre étude la méthode est utilisée, méthode titrimétrique par argentimétrie. Le principe de cette méthode est :

Les ions de chlorure sont dosés par une solution titrée de nitrate d'argent et précipités à l'état de chlorure d'argent (précipité blanc), l'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge (chromate d'argent). Ce dosage doit être réalisé en milieu neutre.



B.2. Dosage du calcium:

Le calcium de l'eau à analyser est déterminé par plusieurs méthodes :

Méthode gravimétrique, méthode volumétrique, méthode colorimétrique et méthode complexométrique..... etc.

Dans notre travail, la méthode est utilisée, méthode titrimétrique à l'EDTA (méthode complexométrique).

Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin, pH est rendu supérieur à 12 par l'addition de deux ml d'une solution d'hydroxydes de sodium (NaOH), l'indicateur de la fin de réaction, le murexide, forme un complexe avec les ions calcium de coloration rouge. Au fur et mesure de l'ajout de l'EDTA, les ions calcium se séparent du complexe avec l'indicateur pour se complexer avec l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur violet.

B.3. Dosage du magnésium :

Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin, on ajoute deux ml d'hydroxyde d'ammonium pour l'ajustement du pH=10 et quelque graine de Noir Eriochrome T, le titrage s'effectue par l'addition goutte à goutte l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur bleu.

La concentration des ions de magnésium est obtenue par la différence entre la dureté totale et la dureté calcique.

B.4. Détermination de la dureté totale:

La dureté d'une eau ou titre hydrotimétrique (TH) est la somme des cations alcalino-terreux présents dans l'eau, c'est le cas des ions calcium et magnésium. Ces ions présents dans l'eau sous forme de sels de chlorure, de sulfates ou hydrogénocarbonates.

On détermine la dureté totale de l'eau par la méthode complexométrique. Le mode opératoire comme suit :

Prélever 100 ml de l'eau à analyser, ajouter 2 ml de solution tampon (hydroxyde d'ammonium 34%) et quelques grains d'indicateur coloré (Noir Eriochrome T), le titrage s'effectue par l'addition goutte à goutte l'EDTA. La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur bleu.

B.5. Détermination de l'alcalinité simple et complète:

La détermination de l'alcalinité basée sur la neutralisation d'un 100ml d'eau à analyser par 2 ml d'acide sulfurique (N/50), en présence d'un indicateur coloré (phénol phtaléine pour le TA et rouge de méthyle pour le TAC). La fin de la réaction est visualisée par l'indicateur devenu libre, de couleur rose pour le TA et couleur rouge orangé pour le TAC.

B.6. Détermination de la matière organique:

Cette mesure renseigne sur la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par matières organiques présentes dans une eau. Le dosage doit être réalisé en milieu alcalin à Chaud.

La détermination de la matière organique peut se décomposer en plusieurs étapes :

1^{re} étape : chauffage à ébullition douce d'un 100ml d'eau à analyser en présence de 10 ml d'acide sulfurique à 50% et 10 ml de solution de permanganate de potassium pendant 10 minutes. Il se produit la réduction d'une partie du KMnO_4 par la matière oxydable de l'échantillon selon l'équation suivante :



2^e étape : La réduction de l'excès de permanganate de potassium par l'acide oxalique selon l'équation suivante :



3^e étape : le titrage en retour de l'excès d'acide oxalique par le permanganate de potassium. La fin de la réaction est visualisée par le virage du couleur rose clair.

Faire un essai à blanc pour déterminer la consommation de permanganate de potassium en absence de matière oxydable en opérant dans les mêmes conditions.

B.7. Détermination des matières en suspension:

La détermination des matières en suspension dans les eaux se fait par la filtration selon les étapes suivantes :

1^{re} étape : sécher la membrane de filtration dans un étuve à 105°C et peser après le passage au dessiccateur.

2^e étape : mettre la membrane sur la rampe à filtration sous vide et ajouter 200ml d'eau à analyser.

3^e étape : après la filtration, sécher la membrane à 105°C pendant 20 minutes, laisser refroidir au dessiccateur puis peser une 2^{ème} fois.

B.8. Détermination des résidus secs:

La détermination des résidus secs se réaliser selon les étapes suivantes :

1^{re} étape : sécher les béchers dans un étuve à 105°C et peser après le passage au dessiccateur.

2^e étape : remplir les béchers secs par 200 ml d'eau à analyser et rendre à l'étuve (105°C).

3^e étape : après 24 heures, laissé refroidir au dessiccateur puis peser une 2^{ème} fois.

C. Méthode spectrophotométrie:

La méthode spectrophotométrie d'absorption de la lumière utilise la loi de Beer-Lambert : la proportion de l'intensité de la lumière absorbée dépend la concentration de la solution en soluté absorbant.

Loi de Beer-Lambert : $\text{Log}(I_0/I) = \epsilon \cdot C \cdot L$

L : épaisseur.

C : concentration du soluté.

ϵ : Coefficient d'absorbance.

C.1. Dosage des nitrates:

Le dosage des nitrates s'effectuer en présence de salicylate de sodium. Les nitrates donnent du paranitrosouylate de sodium coloré en jaune, peuvent être mesuré par colorimétrie.

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- ❖ Prendre 10 ml de l'eau à analyser dans un bécher à 250ml.
- ❖ Ajouter 2 à 3 gouttes d'hydroxyde de sodium à 30%.
- ❖ Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- ❖ Evaporer à sec au bain marie à 75-88°C, laisser refroidir.
- ❖ Rendre le résidu avec 2 ml d'acide sulfurique concentré et laisser reposer 10 minutes.
- ❖ Ajouter 15ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium puis passer au spectrophotomètre au 415 nm.

Expression des résultats : le résultat est donné directement en mg/l.

C.2. Dosage des nitrites:

Les ions nitrites réagissent en milieu acide avec le sulfamide en formant sel de diazonium qui avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorhydraté un colorant azoïque rouge.

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- ❖ Prendre 50 ml de l'eau à analyser dans une fiole jaugée de 50 ml.
- ❖ Ajouter 1 ml du réactif mixte
- ❖ Attendre 10 minutes puis passer au spectrophotomètre au 543 nm.
- ❖ L'apparition de la coloration rose indique la présence des ions nitrates

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

C.3. Dosage des sulfates:

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum. Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- ❖ Prendre 20ml de l'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée. → 73 mL E.D
- ❖ Ajouter 5ml de la solution stabilisante.
- ❖ Ajouter 2ml de chlorure de baryum.
- ❖ Agiter pendant 1 minute puis passer au spectrophotomètre au 420 nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

C.4. Dosage de l'ammonium:

Les ions d'ammoniums réagir avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium.

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- ❖ Prendre 20ml de l'eau à analyser.
- ❖ Ajouter 4ml du réactif I)
- ❖ Ajouter 4ml du réactif II et ajuster à 50ml avec eau distillée et conserver à l'obscurité pendant 1h30 puis passer au spectrophotomètre au 655 nm.

L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence des ions d'ammonium.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

C.5. Dosage du fer:

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réaliser selon les étapes suivantes :

- ❖ Prendre 50 ml de l'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml.
- ❖ Ajouter 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine
- ❖ Ajouter 2ml de tampon acétate
- ❖ Ajouter 2ml de la solution 1.10 de phénantroline et conserver à l'obscurité pendant 15 minutes. Enfin passer au spectrophotomètre au 510 nm.

Expression des résultats : le résultat est donné directement en mg/l.

3.2.2.2. Analyses bactériologiques:

L'analyse bactériologique a pour but de mettre en évidence la présence bactérie qui modifie l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, elle consiste en recherche et numération des germes de la flore totale de l'eau.

A. Recherche et dénombrement:

Dans notre travail, nous avons utilisé deux techniques de dénombrement :

- ❖ Technique de dénombrement en milieu solide.
- ❖ Technique de dénombrement en milieu liquide.

A.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, les streptocoques fécaux et les staphylocoques:**A.1.1. Méthode par filtration:**

Le dénombrement est basé sur une filtration d'un 100ml d'eau à analyser à travers une membrane filtrante en cellulose de porosité 0,45 μm et de 47 mm de diamètre, la membrane est placée sur un milieu gélosé spécifique.

Les milieux utilisés sont :

- ❖ Pour les coliformes totaux : le milieu Mac conkey et le milieu TTC tergitol.
- ❖ Pour les streptocoques fécaux : le milieu Slanetz et Bartley.
- ❖ Pour les staphylocoques : le milieu de Chapman.

Mode opératoire:

- ❖ Flamber la face supérieure (plaque poreuse) et l'entonnoir de la l'appareil de filtration.
- ❖ Placer une membrane stérile, cotée quadrillé vers le haut, sur la plaque poreuse, à l'aide d'une pince stérile.
- ❖ Bien placer l'entonnoir stérile et puis rincer à l'eau distillée stérile l'entonnoir et la membrane.
- ❖ Verser 100ml d'eau à analyser.
- ❖ Après la filtration, placer la membrane sur le milieu et incubé à 37°C pendant 24H

A.1.2. Méthode par détermination du NPP:

Le principe de la méthode NPP consiste à ensemencer de nombreuses prises d'essai d'un même échantillon et / ou de dilutions celui-ci dans des tubes de milieu de culture liquide.

Dans notre étude le dénombrement s'effectue par le premier système :

Trois tubes doubles concentration.....Inoculum 10 ml
Trois tubes simples concentration..... Inoculum 1 ml
Trois tubes simples concentration..... Inoculum 0,1 ml

Les milieux utilisés sont :

- ❖ Pour les coliformes totaux : le milieu BCPL.
- ❖ Pour les streptocoques fécaux : le milieu Rothe.

A.2. Recherche et dénombrement des germes totaux à 22°C et à 37°C :

❖ Méthode par incorporation :

Cet examen vise à dénombrer non spécifiquement le plus grand nombre des microorganismes, en particulier de bactéries se développant dans les conditions aérobies habituelles de culture.

Cette méthode est la plus employée pour les analyses à but sanitaire. Avec le mode opératoire simple.

Le milieu est utilisé pour le dénombrement des germes totaux est TGEA.

- ❖ Après avoir fait fondre le milieu TGEA dans un bain d'eau à 120°C, laisser refroidir à une température proche de la température de solidification (45°C).
- ❖ Préparer et marquer les boîtes de 22°C et de 37°C.
- ❖ Agiter bien le prélèvement et inoculer 1ml de prise d'essai dans chaque boîte, et ajouter immédiatement la gélose fondue et mélanger par un mouvement circulaire doux pour répartir homogène les microorganismes.
- ❖ La lecture est faite après 24 heures d'incubation à 37 °C et après 72 heures à 22°C.

B. Test confirmatif :

B.1. Les coliformes totaux et coliformes thermo tolérants :

B.1.1. Sur le milieu solide :

Milieu de dénombrement : Mac conkey ou TTC tergitol 7

Pour le Mac conkey : après l'incubation une coloration rose.

Pour le TTC tergitol 7: après l'incubation une coloration jaune orange ou rouge.

Milieu de confirmation : Eau Peptonnée exempte d'indole + réactif Kovacs pour le test indolé.

Après l'incubation, sur le milieu Mac conkey, dénombrer les colonies petites et lisses légèrement bombées à couleur rose. Sur le milieu TTC tergitol 7 dénombrer les colonies avec une coloration rouge-rose (réduction de TTC) et des colonies jaunes (absence de réduction de TTC), un halo jaune sous la membrane, qui provient de la fermentation du lactose par ces colonies.

Repiquer à l'aide d'une l'anse de platine stérile les colonies sur le milieu de confirmation et incubé à 44°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positifs les tubes présents une pousse bactérienne. Pour la recherche d'*E. coli*, ajouter quelques gouttes de réactif Kovacs, si l'apparition d'un anneau rouge en surface considéré comme *E. coli*.

B.1.2. Sur le milieu liquide:

Milieu de dénombrement : BCPL

Milieu de confirmation : Eau Peptonnée exempte d'indole + réactif Kovac pour le test indole.

Après l'incubation, tous les tubes présentent un virage du couleur (violet vers le jaune) et production du gaz dans la cloche sont considérés comme positifs. Confirmer par le milieu eau peptonnée exempte d'indole (ajouter 0.1 ml dans le milieu de confirmation) et incubé à 44°C. Après l'incubation ajouter quelques gouttes de réactifs Kovacs pour la confirmation d'*E. coli*.

B.2. Les streptocoques fécaux :

B.2.1. Sur le milieu solide :

Le milieu de confirmation : EVA Litsky

Après l'incubation, sur le milieu Slanetz et Bartley, dénombrer les colonies petites à couleur roses, marron ou rouges.

Repiquer à l'aide d'une l'anse de platine stérile les colonies sur le milieu de confirmation et incubé à 37°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positifs les tubes présente un trouble du couleur et formation d'une pastille blanchâtre au fond des tubes, ces deux observations confirment la présence des streptocoques fécaux.

B.2.2. Sur le milieu solide :

Après l'incubation, sur le milieu Rothe, dénombrer les tubes positifs (trouble de la couleur) par la méthode NPP.

Repiquer 0.1ml sur le milieu de confirmation et incubé à 37°C pendant 24 heures. Sont considérés comme positifs les tubes présente un trouble du couleur et formation d'une pastille blanchâtre au fond des tubes, ces deux observations confirment la présence des streptocoques fécaux.

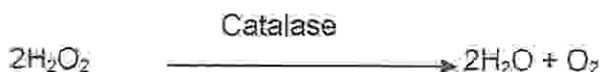
B.3. Les staphylocoques :

La confirmation s'effectuer par les tests suivants :

❖ Test catalase :

Principe :

Le catalase est un enzyme permet la dégradation de l' H_2O_2 oxygéné à l'eau et oxygène libre qui se dégage sous forme gazeuse selon la réaction suivante:



Permet de distinguer parmi les cocci à Gram positif les staphylocoques et les streptocoques.

Mode d'emploi :

A l'aide d'une anse de platine stérile, prélever quelques colonies jaunes et étaler sur une lame, ajouter 2 à 3 gouttes de l'eau oxygénée, si l'apparition des bulles de gaz considéré comme réaction positive c'est –à-dire catalase positif.

❖ **Test coagulase :**

Le test mettant en évidence l'aptitude des bactéries à coaguler le plasma est le principal test caractérisant *S. aureus*.

Le test de détection consiste à incuber pendant 4 heures à 37°C un mélange de plasma oxalaté de l'homme et de la souche à tester, de préférence à partir d'une culture en gélose Chapman. .

L'apparition d'un caillot est observée en inclinant le tube à 90°C. Le test de la coagulase, il existe de très rares souches de *S. aureus* non sécrétrices de coagulase.

❖ **Dégradation du mannitol :**

Après 24 heures d'incubation, la dégradation du mannitol se traduit par virage au jaune du milieu de Chapman. (Fig.3-4).



Figure 3-4 : mannitol positif

C. Isolement et identification :

Pour étudier les microorganismes, il est indispensable de les isoler et d'en faire une culture pure.

Identification permettent au cours de l'isolement ou non de mettre en évidence une ou plusieurs propriétés biochimiques d'une bactérie pour commencer à l'identifier. Elle repose sur la morphologie, les caractères enzymatiques et biochimiques.

C.1. Caractères morphologiques :

❖ Coloration de gram :

L'examen microscopique après coloration de gram nécessite au départ une préparation d'un frottis au l'objectif fois 100. Cette examen permet de détecté la forme des microorganismes. Faire agir successivement:

- 1) **Violet de gentiane** : quelques gouttes à verser sur la lame. Colorer 1 minute.
- 2) **Lugol** : entraîner le violet avec un excès de Lugol. Laisser agir 30 secondes, puis laver à l'eau.
- 3) **Différenciation** : décolorer à l'alcool/acétone (qui va décolorer les Gram -) et laver à l'eau.
- 4) **Recolorer à la fîchine** 30 secondes, puis laver à l'eau distillée et sécher.
- 5) **Observation au microscope optique** (bactéries violettes = Gram +, roses = Gram -).

C.2. Caractères biochimiques :

C.2.1. API 20E :

On réalise 20 tests pour avoir le plus de caractères possibles de manière à identifier de façon plus certaine les différentes Entérobactéries.

Les tests sont réalisés dans l'ordre du tableau d'identification API des entérobactéries. Le tableau est d'ailleurs appelé "Api 20E" à cause du nombre de tests à effectuer (**Annexe**).

La galerie Api 20E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Les microtubes sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les milieux.

Préparation de la galerie :

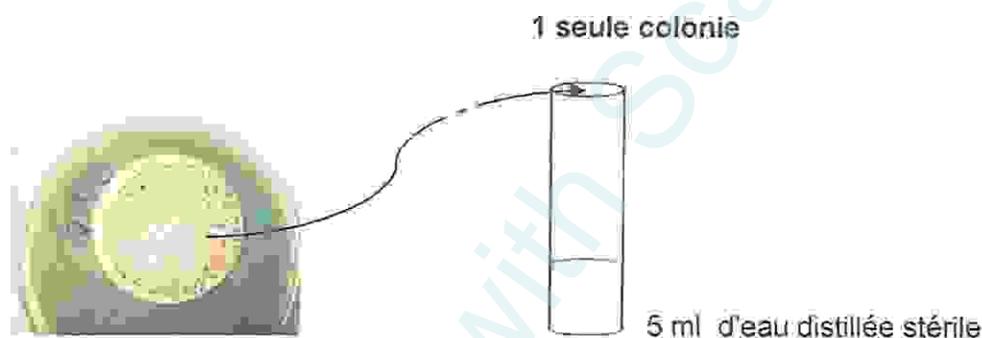
- ❖ Mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au dessus de l'évier.
- ❖ Introduire la suspension bactérienne dans chaque tube à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, pointe appuyée à l'intérieur et sur le côté pour éviter la formation de bulles. Pour certains caractères.
 1. Remplir de suspension le tube et la cupule (CIT, VP, GEL)
 2. Remplir le tube de suspension et recouvrir d'huile de paraffine (ADH, LDC, ODC, H₂S, URE).
- ❖ Placer la galerie sur le fond de la boîte elle doit être manipulée avec la pince.
- ❖ Recouvrir la boîte avec son couvercle.
- ❖ Inscrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.

- ❖ La lecture : les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par additions de réactifs.
- ❖ Identification de la souche se fait à l'aide du tableau de lecture d'identification qui est obtenu avec le catalogue analytique ou d'un logiciel d'identification. (Fig. 3-5).

1. Présentation de la galerie



2. Préparation de la suspension bactérienne



3. Ensemencement de la galerie API 20 E



4. La lecture de la galerie API 20 E

Les 10 premiers tests Les 10 derniers tests.



Figure 3-5 : Présentation de l'Api 20E

C.2.2. API 20 NE :

API 20 NE est un système standardisé pour l'identification des bacilles à gram négatif non entérobactéries et non fastidieux (ex. *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Vibrio*, *Aeromonas*, etc.); combinant 8 tests conventionnels, 12 tests d'assimilation. (Annexe).

Préparation de la galerie :

- ❖ Mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au dessus de l'évier.
- ❖ Incrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.
- ❖ Ouvrir une ampoule d'API NaCl 0.85% Medium, à l'aide d'une pipette pasteur, prélever une colonie et réaliser une suspension.
- ❖ Introduire la suspension bactérienne (une colonie + 5ml d'eau distillée) dans les tubes (et non les cupules) des tests NO₃ à PNPG, pointe appuyée à l'intérieur et sur le côté pour éviter la formation de bulles, et recouvrir d'huile de paraffine (GLU, ADH, URE).
- ❖ Remplir tubes et cupules des tests GLU à PAC par la suspension bactérienne (une colonie + NaCl 0.85% Medium).
- ❖ Renfermer la boîte d'incubation et incuber à 30°C pendant 24 heures à 48 heures.
- ❖ La lecture : les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par additions de réactifs.
- ❖ Identification de la souche se fait à l'aide du tableau de lecture d'identification qui est obtenu avec le catalogue analytique ou d'un logiciel d'identification.

CHAPITRE 4

RESULTATS ET DISCUSSION

Produced with ScantOPDF

4.1. La qualité physico-chimique de l'eau:

La qualité physico-chimique de l'eau est évaluée au regard de différents types des paramètres. Ces derniers sont caractérisés par des groupes. Ces groupes sont:

- ❖ Les paramètres organoleptiques.
- ❖ Les paramètres physico-chimiques.
- ❖ Les paramètres concernant des substances indésirables.

4.1.1. Paramètres organoleptiques:

❖ Turbidité:

Pour fins de comparaison, les résultats obtenus pour les mois de janvier jusqu'au mois de mai sont présentés à la figure 4-1. Deux stations (eau traitée et eau du robinet consommateur), dont la qualité était satisfaisante en les mois de janvier, avril et mai pour l'eau traitée et en le mois d'avril pour l'eau du robinet consommateur, la figure montrent pour le mois de mars une eau de qualité douteuse.

Pour la troisième station (eau brute), dans le mois de janvier, on constate en effet une augmentation généralisée de la turbidité (30,47 NTU). Ce phénomène est souvent lié à une hausse des concentrations de matières en suspension.

Ces changements ne résulteraient cependant pas d'un accroissement des rejets urbains ou des activités agricoles, mais seraient attribuables à une modification du régime d'écoulement d'Oued. Au cours le mois de janvier, les précipitations ont en effet été plus importantes (147,3 mm). Pour les mois de février, mars et avril, qui correspond à une période de diminution de la précipitation, on observe une baisse de la turbidité de 25,9, 15,44 et 5,67 UNT.

Plus il y a de précipitations, plus le ruissellement de surface et les apports à l'Oued sont importants.

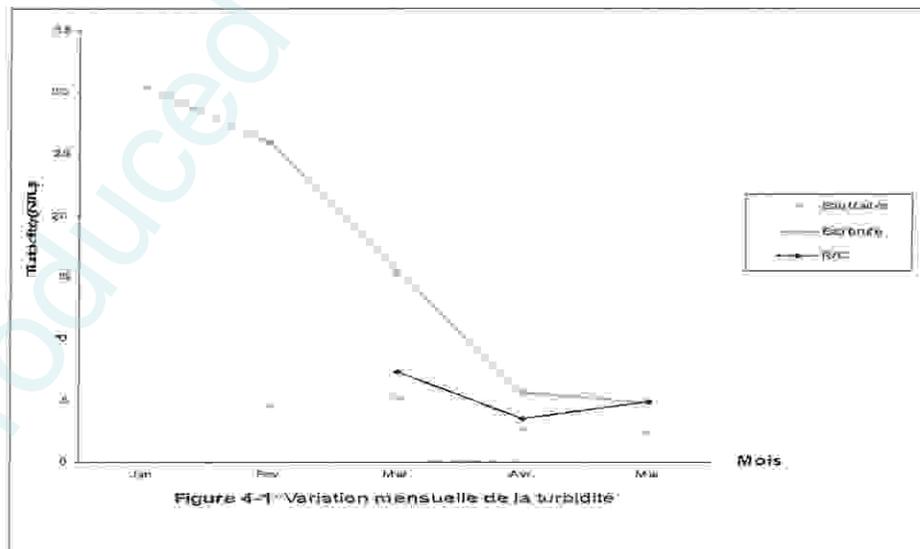


Figure 4-1: Variation mensuelle de la turbidité

4.1.2. Paramètres physico-chimiques:

4.1.2.1. Paramètres physiques:

Les paramètres physiques s'agissant de la température de l'eau, du pH, de la conductivité électrique et de la TDS.

Ces paramètres sont en relation avec la structure naturelle des eaux : au contact du sol, les eaux se chargent de certains éléments minéraux qui influent sur la conductivité, le pH (acidité ou alcalinité) et la TDS. La température de l'eau est également en relation avec la température du climat.

Les eaux destinées à la consommation humaine doivent respecter les valeurs suivantes (Tab. 4-1).

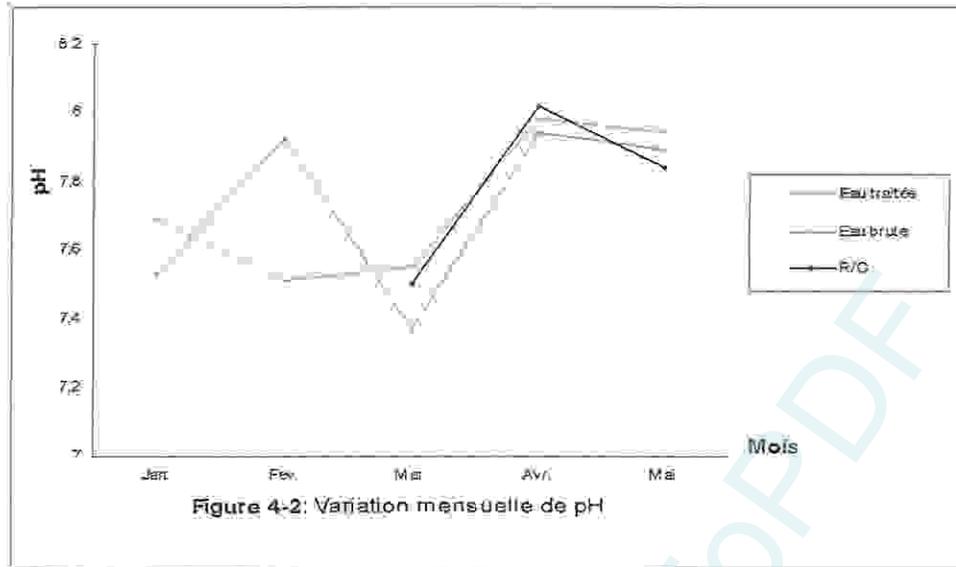
Tableau 4-1: Normes de qualité des paramètres physiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Eau traitée	Eau de R/C	NA		OMS (1983)		DE (15/07/1989)	
			NG	CMA	VG	CMA	NG	CMA
pH	7,82	7,79	6,5-8,5	8,5	6,5-8,5	-	6,5-8,5	9,5
T°C	14,55	15,3	-	-	-	-	12	20
Tur. (NTU)	3,5	5,26	-	5	5	-	0,4	4
Con. ($\mu\text{S/cm}$)	479,16	490,5	-	2800	-	-	400	-
TDS (mg/l)	285	286,5	-	-	-	-	-	-

A. pH:

Le pH d'une eau représente son acidité ou son alcalinité, il est lié à la nature géologique des terrains traversés.

Les valeurs du pH mesurées sont portées dans la figure 4-2, cette figure montre que tous les sites de prélèvement d'eau (eau traitée, brute et robinet consommateur) ont des valeurs qui oscillent autour de la neutralité; entre 7,50 comme valeur minimale à l'eau du robinet consommateur enregistrée dans le mois de mars et on a enregistrée une valeur de pH égale 8,02 comme valeur maximale sur le même site pour le mois d'avril.

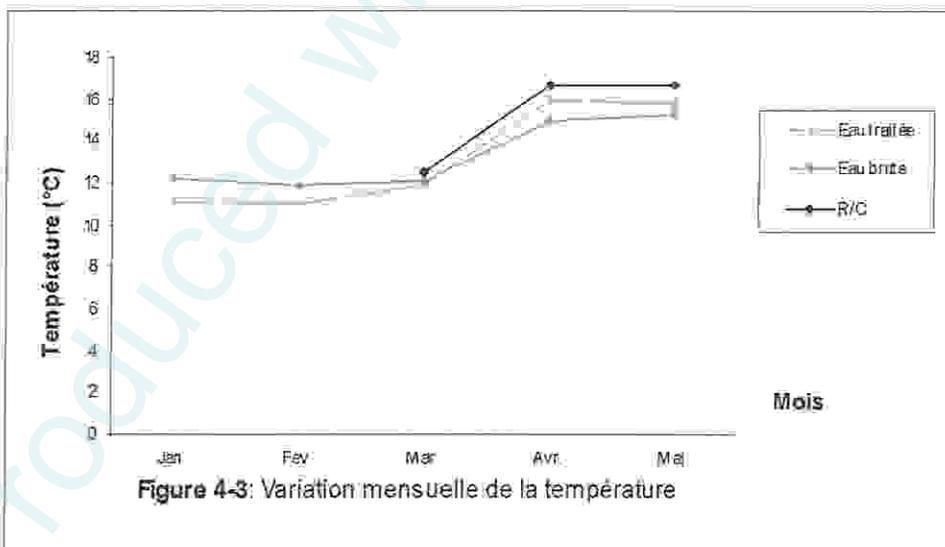


B. Température:

La température des eaux est fortement influencée par les conditions environnementales liées à la position géographique de la localité, à la géologie des terrains traversés, à l'hydrologie et surtout au climat.

Les résultats représentés dans la figure ci-dessous montrent que les températures sont variées entre 11°C température la plus basse enregistrée sur l'eau traitée en mois de février et 16,7°C température la plus élevée consignée pour l'eau du robinet consommateur en mois d'avril et mai.

D'après cette figure, nous remarquons que la valeur des températures entre les trois stations augmentent quand on s'approche de la période estivale et diminuent quand on s'approche de la période hivernale.

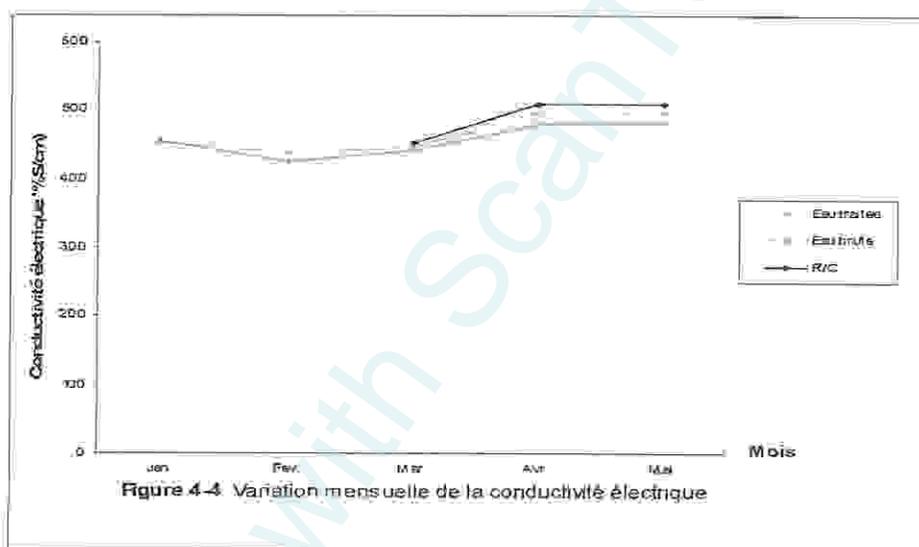


C. Conductivité électrique:

La conductivité représente la résistance qu'une eau oppose au passage d'un courant électrique. Elle est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. La conductivité varie également en fonction de la température, donc la conductivité augmente beaucoup lorsque la température s'accroît.

La conductivité dans la plupart du temps, a une origine naturelle due au lessivage des terrains lorsqu'il pleut. Ce lessivage entraîne naturellement la dissolution d'un certain nombre de sels minéraux.

La figure 4-4 illustre bien la variation de la conductivité électrique sur les trois sites de prélèvement. Les valeurs de la conductivité mesurées au cours du mois de janvier jusqu'au mois de mars, varient entre 424 $\mu\text{S}/\text{cm}$, comme valeur minimale à l'eau brute enregistrée dans le mois de février, et 510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ comme valeur maximal à l'eau du robinet consommateur enregistrée dans le mois d'avril.



D. TDS:

La courbe ci-dessous montre que la concentration en sels dissous est nettement élevée en mois de janvier pour deux stations (eau brute et eau traitée,) sont respectivement 290 mg/l et 296mg/l. Pour l'eau de robinet consommateur on constate que le mois de mars jusqu'au mois d'avril la concentration en sels dissous est quasiment constante avant d'être chuter dans le mois de mai.

Cette courbe montre que les valeurs moyennes enregistrées pour l'eau traitée au cours du mois d'avril jusqu'au mois de mai, sont voisines des moyennes observées près des valeurs moyennes enregistrées à l'eau du robinet consommateur.

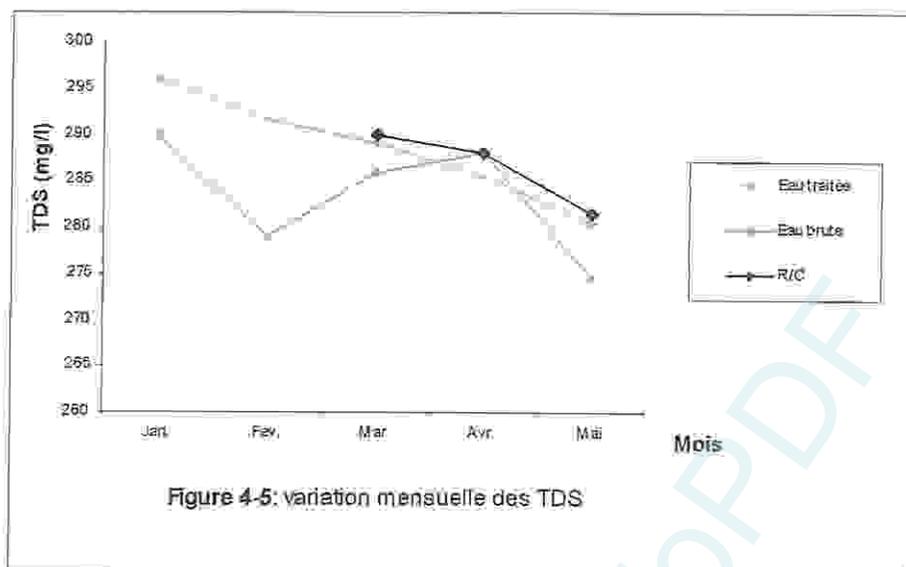


Figure 4-5: variation mensuelle des TDS

4.1.2.2. Paramètres chimiques:

Les substances chimiques autres que les sels minéraux font l'objet de normes très sévères. Elles sont recherchées à l'état de trace (millionième de gramme par litre). Ces normes sont établies sur la base d'une consommation journalière normale, pendant toute la vie. (Tab. 4-2)

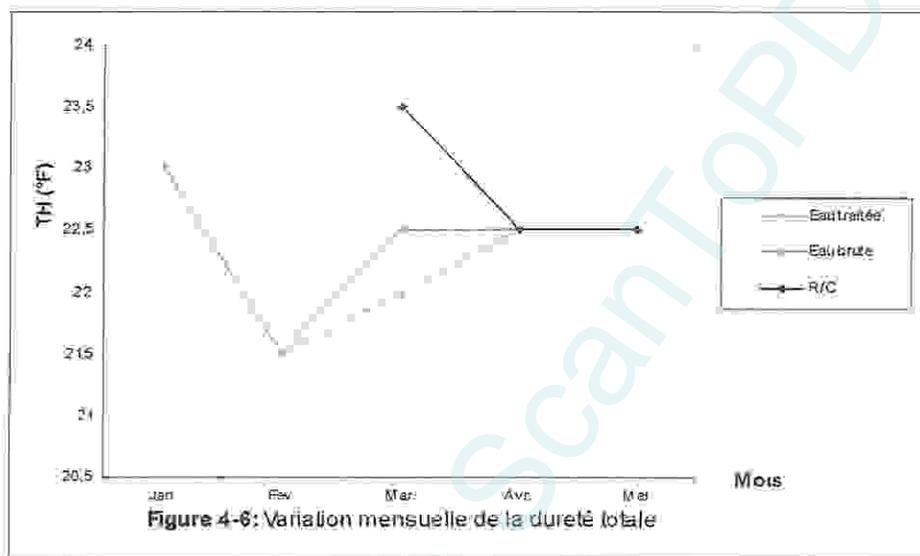
Tableau 4.2 : Normes de qualité des paramètres chimiques dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Eau traitée	Eau de R/C	NA		OMS (1983)		DE (15/07/1989)	
			NG	CMA	VG	CMA	NG	CMA
RS (mg/l)	384,15	342,00	-	2000	-	-	-	1500
TA (°F)	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
TAC (°F)	9,90	10,11	-	-	-	-	-	-
TH (°F)	22,00	22,83	20	50	50	-	15	-
Ca ²⁺ (mg/l)	54,23	53,17	75	200	-	-	100	-
Mg ²⁺ (mg/l)	17,95	17,08	-	150	-	-	30	50
Cl (mg/l)	80,70	65,20	200	500	250	-	25	200
So-4 (mg/l)	117,30	98,01	200	400	400	-	25	250

A. Dureté totale :

Les principales sources naturelles de la dureté de l'eau sont les roches sédimentaires ainsi que l'infiltration dans le sol et le ruissellement correspondant à la teneur en calcium et en magnésium. En général, les eaux dures proviennent de régions où les roches sont calcaires.

La figure 4-6 regroupe les valeurs moyennes de la dureté qui sont en nette croissance sur les trois points de prélèvement (S1), (S2) et (S3). Les données représentées ci-dessous montrent que les valeurs moyennes enregistrées aux sites d'étude, pendant la période d'échantillonnage, sont voisines et n'atteindront jamais le seuil de 50 °F (la valeur guide recommandée par l'OMS).

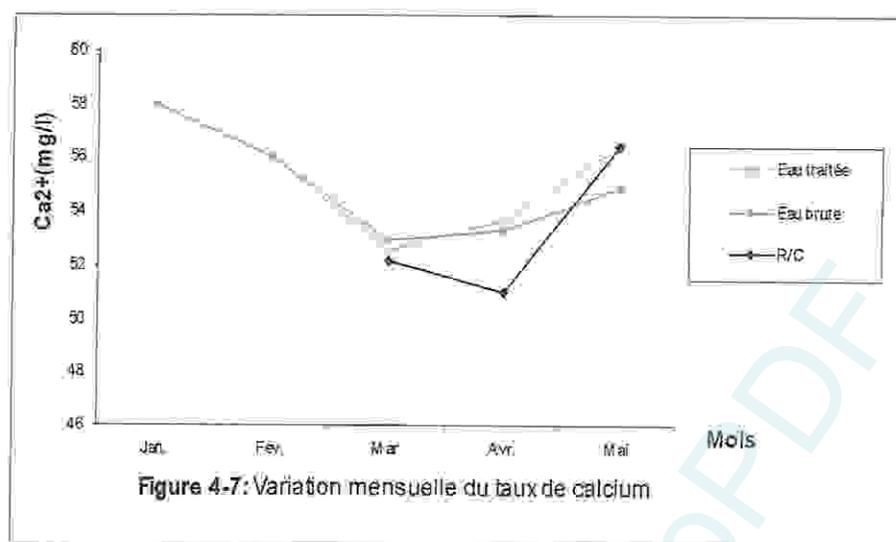


B. Calcium:

Le calcium est un métal alcalino-terreux, extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau.

Les résultats de l'étude montrent un grand concordant entre les teneurs en calcium enregistrées dans les échantillons des stations (1) et (2). Par contre les teneurs pour ce qui est de l'eau du robinet consommateur sont plus ou moins incohérents témoignant ici une influence infime des canaux sur les teneurs en calcium. (Fig. 4-7).

Les directives du conseil des communautés Européennes indiquent que la teneur de calcium dans l'eau destinée à la consommation humaine, niveau guide de 100 mg/L. Les résultats obtenus sont conforme avec ceux de la norme.

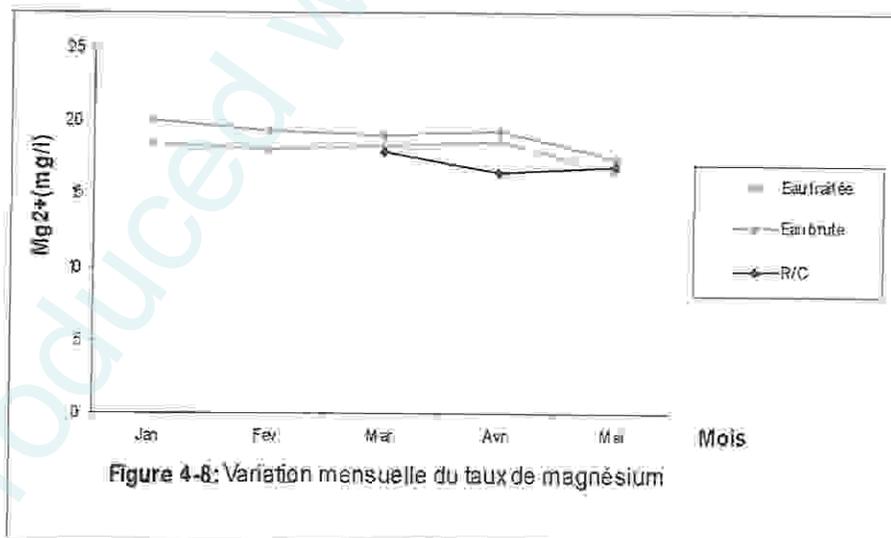


C. Magnésium:

Le magnésium constitue un élément majeur dans la dureté de l'eau, il est présent sous forme de carbonates ou de bicarbonates.

L'OMS ne recommande aucune valeur pour le magnésium, mais les directives du conseil des communautés Européennes quand à elles, indiquent comme teneur dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 30 mg/L, et une concentration maximale admissible de 50 mg/L.

Les résultats des échantillons montrent des valeurs situant en dessous de 30 mg/L. Les valeurs les moins élevées se rencontrent dans les échantillons concernant les eaux du robinet consommateur, pour l'eau brute et eau traitée les teneurs présentent des valeurs assez similaires durant tous les mois. (Fig. 4-8)



D. Chlorure:

Au niveau de la station (1) (eau brute), l'eau est caractérisée par des valeurs différentes des chlorures dans tous les mois, sont variées entre 58,2 mg/l (valeur minimale est notée dans le mois de mai) et 92,3 mg/l (comme valeur maximale enregistrée dans le mois de mars).

Les fortes teneurs des concentrations en ions chlorures sont enregistrées au mois de janvier jusqu'au mois de mars dans l'eau traitée (99,4 mg/l) avant de chuter dans le mois d'avril et mai.

L'eau du robinet consommateur est caractérisée par des valeurs constantes oscillant autour d'une valeur proche de 85.2 mg/l. (Fig.4-9),

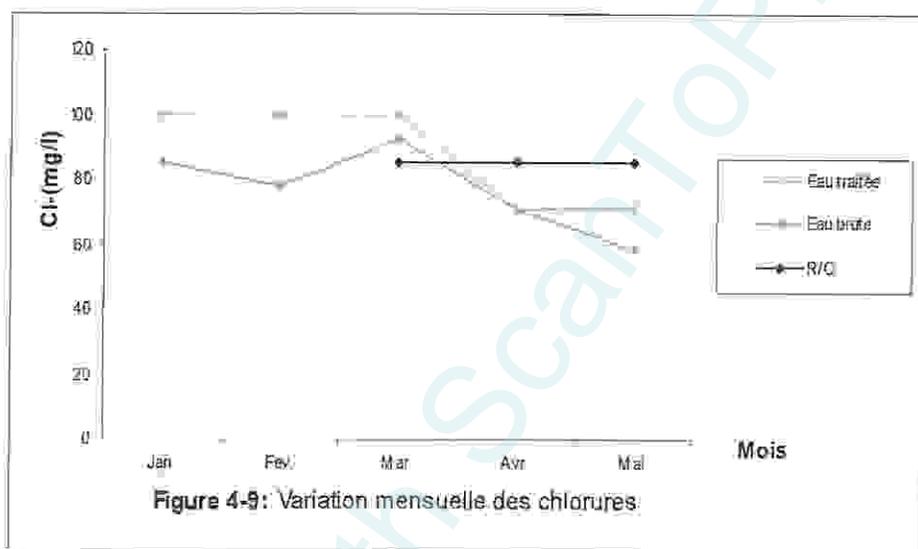


Figure 4-9: Variation mensuelle des chlorures.

E. Sulfate:

Les sulfates peuvent être utilisés par les bactéries comme source d'oxygène et convertis en hydrogène sulfaté toxique et dans ce cas la saveur de l'eau devient alors désagréable.

D'après les données disponibles (fig. 4-10), le sulfate enregistre des concentrations spatialement assez incohérentes concernant les stations S1 et S2 et présente des valeurs variables pour l'échantillon de la troisième station (eau du robinet consommateur), la concentration se maintient à un niveau élevé en mars (119,872 mg/l), avant de chuter fortement en avril (75,642 mg/l), puis augmente en mois de mai (98,5 mg/l).

En ce qui concerne les teneurs en sulfates des eaux analysées, on constate qu'elles ne dépassent pas la valeur guide de l'OMS (400 mg/l) en matière de potabilité.

L'eau du robinet (distribuée par la STEP) renferme des teneurs relativement très élevées alors pour celle de l'eau brute (la valeur minimale est observée en janvier 11,775 mg/l), cette présence importante est tous à fait naturelle car le sulfate d'alumine est utilisé par la station comme coagulant dans le traitement.

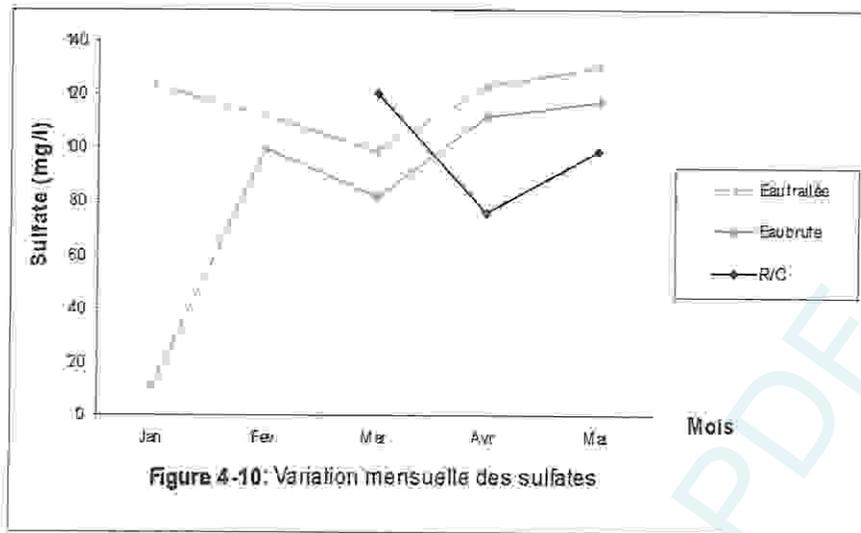


Figure 4-10: Variation mensuelle des sulfates

F. Alcalinité complète (TAC):

L'évolution temporelle de la teneur de l'eau en carbonate et hydrogénocarbonate dans les trois stations est quasiment constante et variées entre 9,45 °F et 11,35°F. (Fig. 4-11).

Les concentrations du TAC au niveau des stations de prélèvements d'eau sont inférieures par rapport à la norme 50°F de l'OMS des eaux destinées à la consommation humaine.

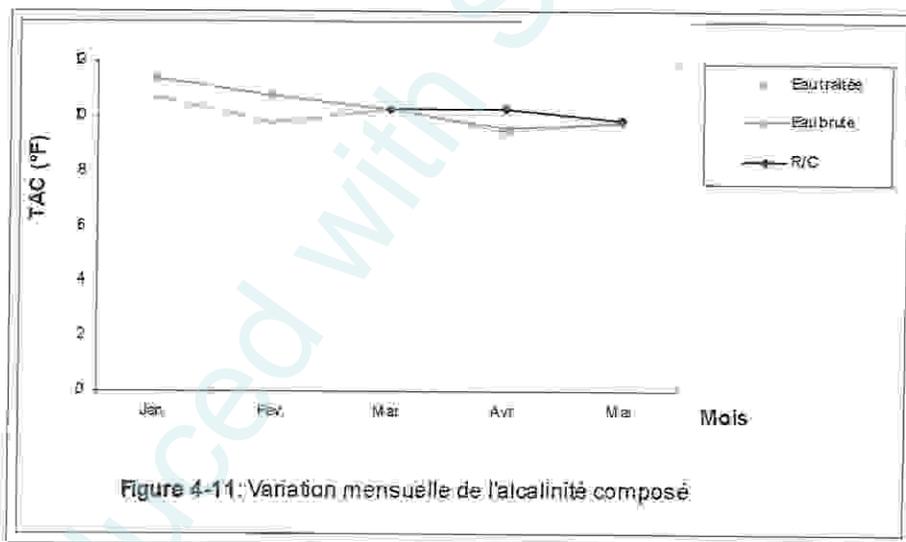


Figure 4-11: Variation mensuelle de l'alcalinité composée

G. Bicarbonates (HCO_3^-):

Les concentrations en bicarbonates dans les eaux naturelles sont en relation directe avec le pH de l'eau, la température, la concentration en CO_2 dissous et la nature lithologique du sol.

Les teneurs sont semblables au niveau de l'eau traitée et eau brute. Elles varient entre 115,29 mg/l valeur minimum observée au niveau de l'eau traitée est enregistrée en mois d'avril et 138,47mg/l au niveau de l'eau brute comme valeur maximum observée en mois de janvier.

Les concentrations en HCO_3^- dans l'eau du robinet consommateur sont quasiment constantes, variant entre 120.17mg/l et 125.07mg/l. (Fig. 4-12).

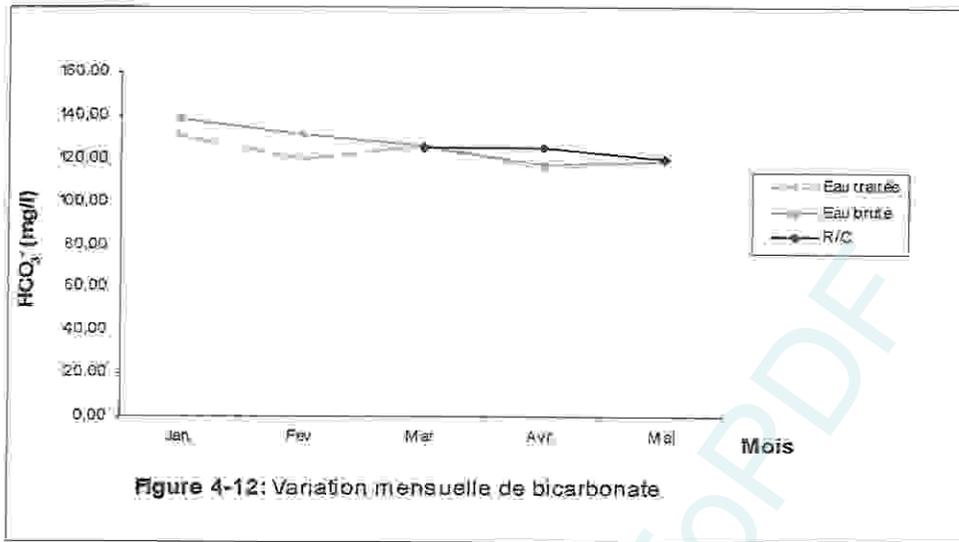


Figure 4-12: Variation mensuelle de bicarbonate.

H. résidu sec:

La détermination du résidu sec sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension ; la mesure après filtration correspond aux matières dissoutes. Ces valeurs peuvent être recoupées à partir de la mesure de la conductivité. Les résultats sont influencés par la température et la durée de la dessiccation.

Les résultats représentés dans la figure ci-dessous montrent que les valeurs sont comprises entre 302,25 mg/l (comme valeur minimale) à la station (S3) et 425,25 mg/l (comme valeur maximale) au niveau de la station (S1).

La directive des Communautés européennes indique comme concentration maximale admissible 1500 mg/l.

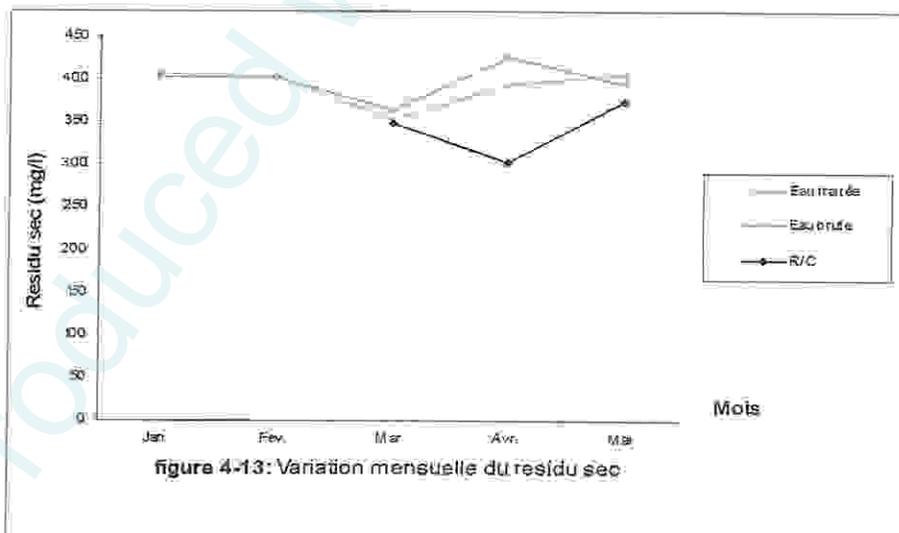


Figure 4-13: Variation mensuelle du résidu sec.

4.1.3. Paramètres concernant des substances indésirables:

Les résultats des analyses des paramètres concernant des substances indésirables des eaux distribuées par la STEP et des eaux du robinet consommateur sont comparés aux normes de qualité des eaux (Tab. 4-3).

Tableau 4-3 : Normes de qualité des paramètres concernant des substances indésirables dans l'eau destinée à la consommation humaine.

Paramètres	Eau traitée	Eau de R/C	MA		OMS (1983)		DE (15/07/1989)	
			NG	CMA	VG	CMA	NG	CMA
NO_3^- (mg/l)	0,39	0,40	-	50	10	-	25	50
NO_2^- (mg/l)	0,001	0,003	-	0,1	-	-	-	0,1
Fe^{2+} (mg/l)	0,03	0,06	-	0,3	0,3	-	0,05	0,2
NH_4^+ (mg/l)	0,00	0,01	0,05	0,5	-	-	-	1
MO (mg/l'0 ₂)	2,96	3,23	-	-	-	-	2	5
MES (mg/l)	1,66	4,58	-	-	-	-	absence	-

A. Nitrate:

D'après la figure 4-14, on remarque que les valeurs de nitrates sont différentes entre les trois sites de prélèvements.

L'augmentation subite de la teneur en nitrate au mois de mars pour l'eau brute (0.627 mg/l) correspond probablement à la période d'introduction des engrais dans les terres agricoles au voisinage du barrage, ainsi que l'excès des rejets polluants d'origine organique présents dans le réseau hydrographique de la région, par contre les concentrations des nitrates sont fortement diminués en mois d'avril et mai.

Les résultats des analyses de laboratoire en ce qui concerne les nitrates ont montré que l'eau traitée (distribuée par la STEP) et l'eau du robinet consommateur présente des taux de nitrates relativement faibles et inférieurs partout à la concentration maximale admissible retenue par les normes Algériennes et les directives Européennes (50 mg/l).

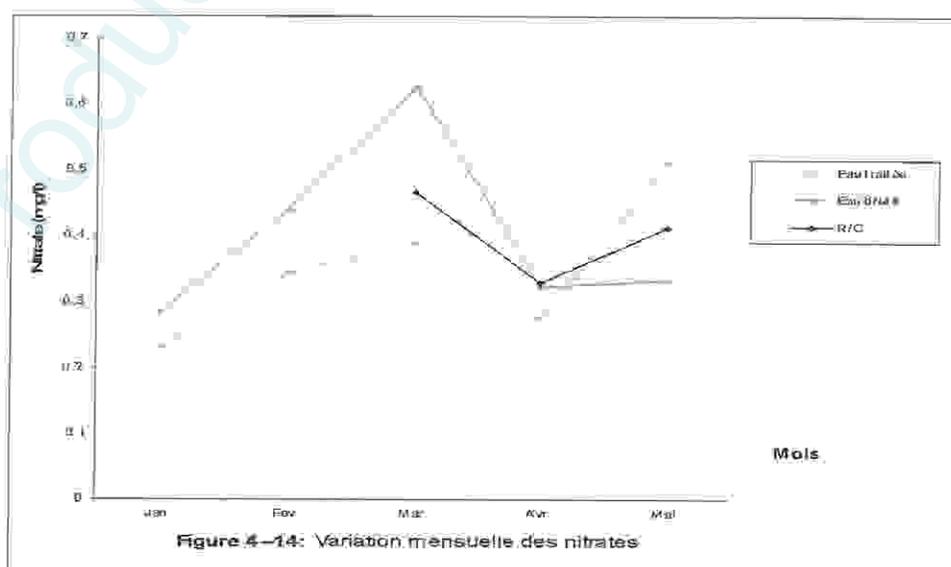


Figure 4-14: Variation mensuelle des nitrates

B. Nitrite:

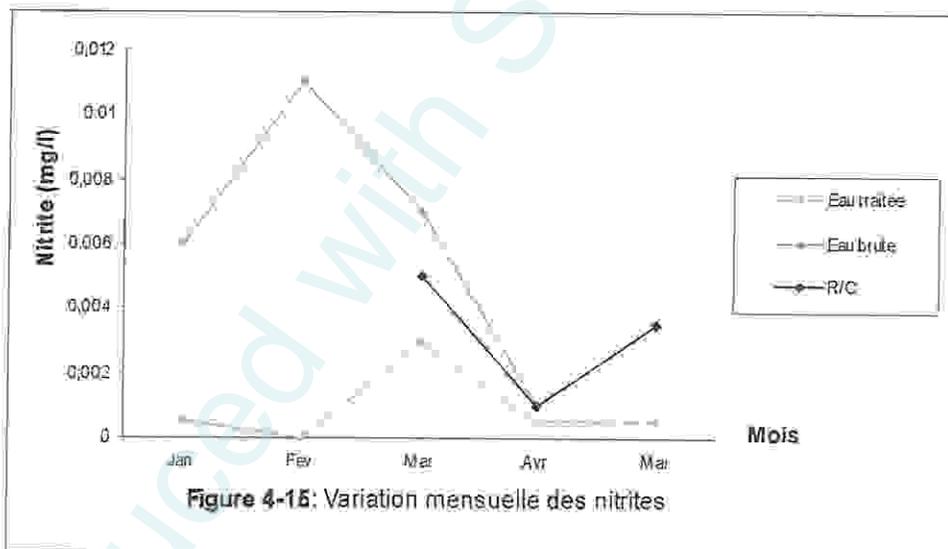
Au niveau des deux stations (ET) et (RC), le taux des nitrites se trouve à l'état normal, car les concentrations sont inférieures à 0.1mg/l (CMA de la DE).

Pour la station (1) (eau brute), l'eau caractérisée par des concentrations en nitrites relativement faibles avec un minimum égal à 0.0035mg/l au mois de mai et un maximum de 0.011mg/l au mois de février (Fig.4-15); ces faibles valeurs sont dues probablement à leur transformation en nitrates par les processus de nitrification et/ou dénitrification en présence d'une quantité d'oxygène suffisante.

Cette figure nous montre que les teneurs en nitrites au niveau de l'eau traitée sont peu importantes dans les mois de janvier et février avant quelle devient relativement importante en mois de mars (0.003 mg/l).

Pour la station (3) (eau du robinet consommateur), la figure présente globalement des valeurs relativement faibles des nitrates avec des fluctuations inter mensuel importantes. La valeur maximale est enregistrée en mois de mars (0.005mg/l) et la valeur minimale est enregistrée en mois d'avril (0.001 mg/l).

Les valeurs moyennes de tous les eaux traitées et eaux du robinet consommateur de notre étude ne dépassent pas les normes requises.



C. Ammonium :

D'après la figure 4-16, la majorité des concentrations calculées au cours des quatre mois sont faibles, au niveau de la station (1) eau brute, la valeur la plus élevée est enregistrée au mois de janvier avant d'être fortement chuter en mois de février (0 mg/l), puis elle augmente en mois de mars (0.01 mg/l) et se diminue en mois d'avril et mai (0mg/l). La teneur en azote ammoniacal est nulle au niveau de la station (2).

L'augmentation subite de la teneur en ammonium au mois d'avril pour la station (3), sachant que notre site présente une pollution microbiologique (la présence des coliformes totaux), nous supposons que l'ammonium est oxydé par les bactéries nitrifiantes, d'où les taux élevés de nitrites et nitrates trouvés précédemment. Quant aux stations 2 et 3, les taux d'ammonium restent dans les normes

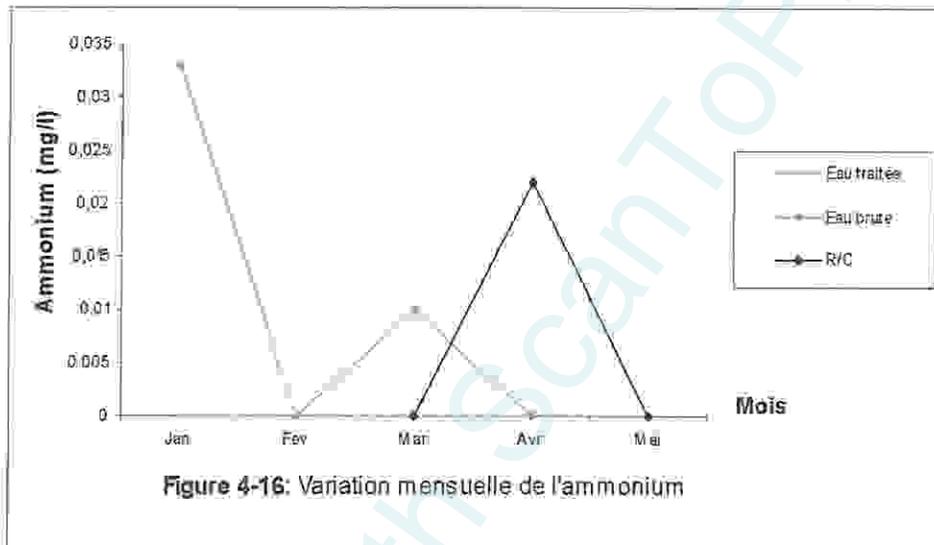


Figure 4-16: Variation mensuelle de l'ammonium

D. Fer:

La figure 4-17 présente un sommaire des concentrations de fer mesurées dans l'eau brute, eau distribuée par la STEP et eau du robinet consommateur pour les quatre mois de l'année 2010.

La station (1) présente en effet des concentrations de fer généralement plus élevées en mois de février (0,22 mg/l), avant d'échouer fortement en mois d'avril et en mois de mai (respectivement 0,05 mg/l et 0,04 mg/l).

Les concentrations de fer dans l'eau traitée sont généralement similaires durant tous les mois, la concentration minimale est enregistrée en les mois de janvier, mars et avril (0,02 mg/l) par contre la valeur maximale est consignée en mois de février à 0,04 mg/l. Pour l'eau du robinet consommateur les concentrations de fer sont constantes (0,06 mg/l), cette concentration est influencée par la nature des canaux de distributions.

L'OMS recommande une valeur guide 0,3 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine. D'après ces résultats on remarque que les concentrations de fer dans les échantillons (ET et RC) sont inférieures à 0,03 mg/l, ce qui explique la bonne acceptabilité pour le consommateur.

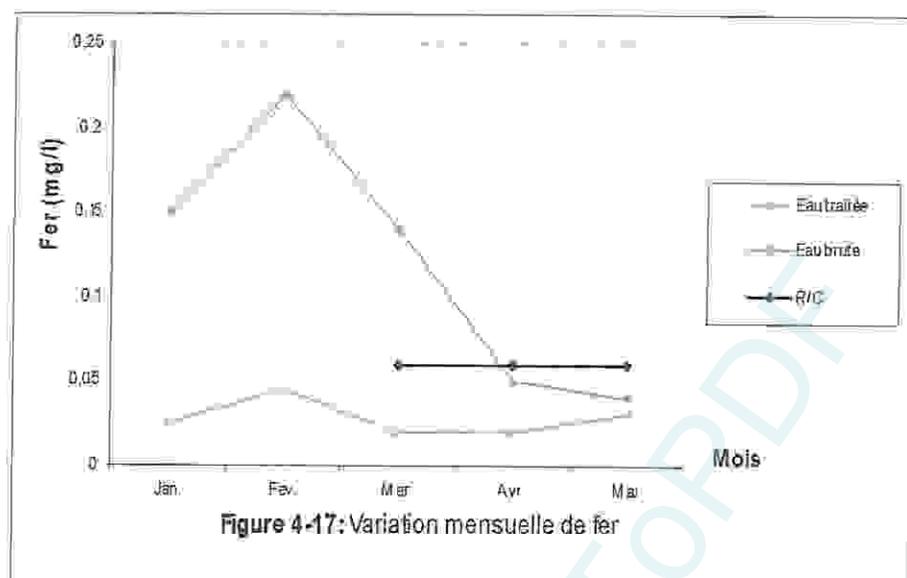


Figure 4-17: Variation mensuelle de fer

E. Matière organique:

La matière organique (MO) présente des valeurs similaires dans l'eau brute ; la valeur maximale est enregistrée au mois de mars (5 mg/l O_2) et la valeur minimale est enregistrée au mois de janvier (3.55 mg/l O_2).

Pour l'eau traitée et l'eau du robinet consommateur, cette figure présente des valeurs différentes, les maxima sont enregistrés au mois d'avril pour l'eau traitée (3.3 mg/l O_2) et 3.75 mg/l O_2 en mois d'avril pour le robinet consommateur, les minima sont enregistrés au mois de janvier pour l'eau traitée (2.9 mg/l O_2) et 2.4 mg/l O_2 en mois de mars pour le robinet consommateur.

Cette matière organique pourrait être d'origine soit endogène générée au cours des processus biologiques au sein du milieu, principalement, l'excrétion algale (Maurin et al., 1997), la lyse cellulaire et la sénescence algale (Servais et al., 1985; Murray et Eldrige, 1994) soit d'origine exogène apportée par le lessivage des sols (Madigou, 2005).

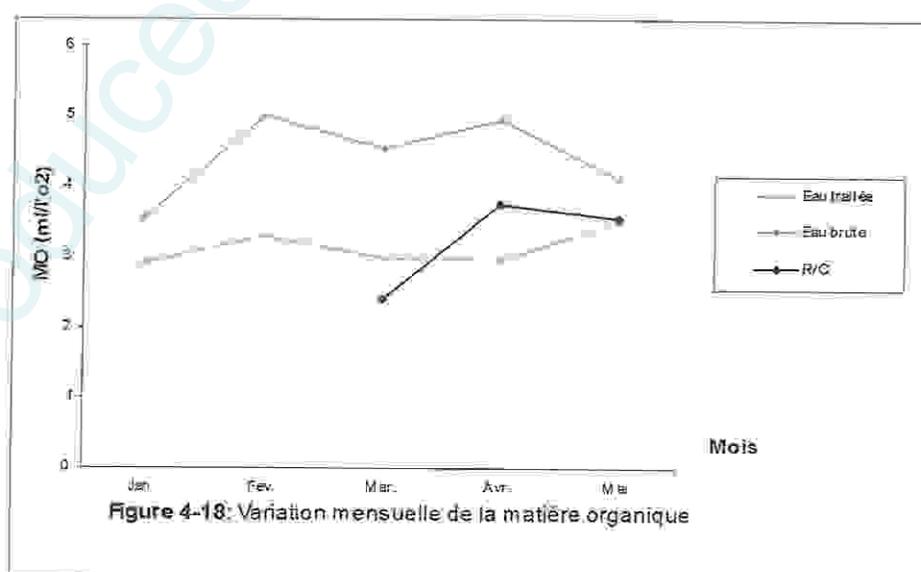


Figure 4-18: Variation mensuelle de la matière organique

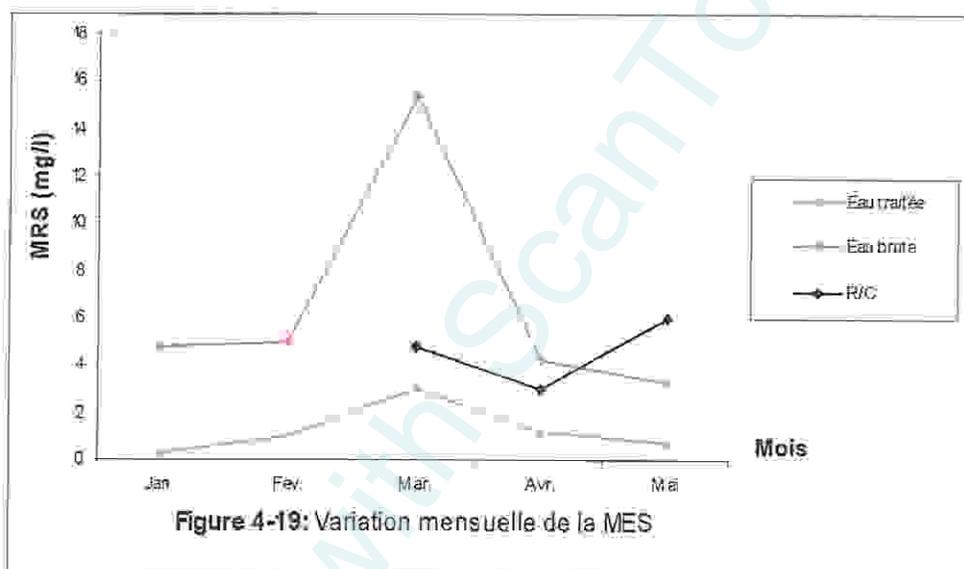
F. Matière en suspension (MES):

La figure 4-19 présente la comparaison des concentrations en MES en mois de janvier jusqu'au mois de mai. On note une grande différence entre les trois stations.

Pour l'eau brute, on constate que les valeurs varient entre 4.25 mg/l à 15.4 mg/l, la valeur maximale est enregistrée en mois de mars.

Au niveau de la station 2 (eau distribuée par la STEP), les valeurs sont quasiment constantes. Sauf qu'une augmentation en mois de mars (3 mg/l) a été signalée, puis une diminution modérée pour les valeurs relatives en mois d'avril et mai.

La matière en suspension (MES) présente des valeurs différentes dans l'eau du robinet consommateur, la valeur maximale est consignée en mois de mai (6 mg/l).



4.2. La qualité bactériologique de l'eau:

L'analyse bactériologique permet de mettre en évidence la pollution fécale de l'eau. Elle représente également un bon moyen pour contrôler l'efficacité des mesures de protection ou de traitement. Elle doit être utilisée comme un outil complémentaire de l'enquête sanitaire.

Pour ces différentes raisons, nous avons recherché des germes qui sont toujours présents en grand nombre dans les matières fécales des hommes et des animaux à sang chaud dans les eaux brutes, eaux distribués par la STEP et eaux du robinet consommateur.

4.2.1. Résultats des dénombrements des micro-organismes de l'eau :

4.2.1.1. Les coliformes:

A. Les coliformes totaux :

Les variations des nombres de coliformes totaux dans les trois stations, sont représentées dans la figure 4-20. Cette figure montre des différences très significatives entre eau brute, eau produite par la STEP et eau du robinet consommateur.

Pour les eaux brutes, la charge bactérienne varie de manière très importante entre les mois. Les charges bactériennes les plus élevées sont enregistrées pendant le mois d'avril (186 germes /100ml) et les plus basses sont notées au cours du mois de mai (9 germes/100ml).

Au niveau des prélèvements des eaux traitées et des eaux du robinet consommateur, la concentration des coliformes totaux sont inférieurs à la valeur guide des eaux potables (10 CT/100 ml) durant toutes les mois sauf une augmentation dans le mois d'avril.

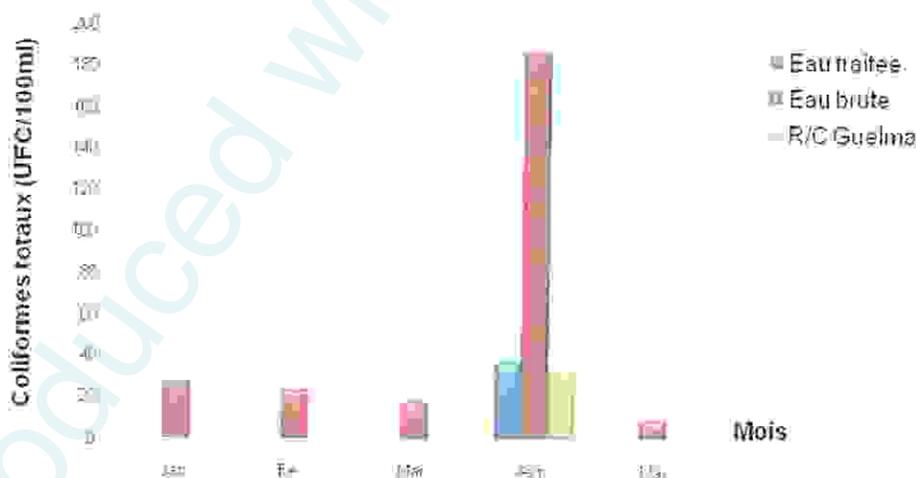


Figure 4-20: Variation mensuelle des coliformes totaux

B. Les coliformes fécaux :

Les coliformes fécaux permettent de détecter une pollution fécale. Leur présence dans les eaux brutes est liée principalement aux apports de l'Oued Bouhamdane principale affluent du Barrage.

Concernant l'évolution de ces organismes fécaux leur nombre apparaît stable et faible dans les mois de février et mai (9 UFC/100ml), par contre il est variable et élevé dans les mois de janvier, mars et avril. (Fig. 4-21).

Le dénombrement de ces bactéries pour l'eau traitée et eau du robinet consommateur est nul c'est à dire ne dépasse pas les normes internationales ; OMS, européennes, et françaises (Annexes) et même les normes algériennes qui fixent des concentrations maximales admissibles de 00 UFC/100 ml, ce qui explique la bonne acceptabilité pour la consommation.

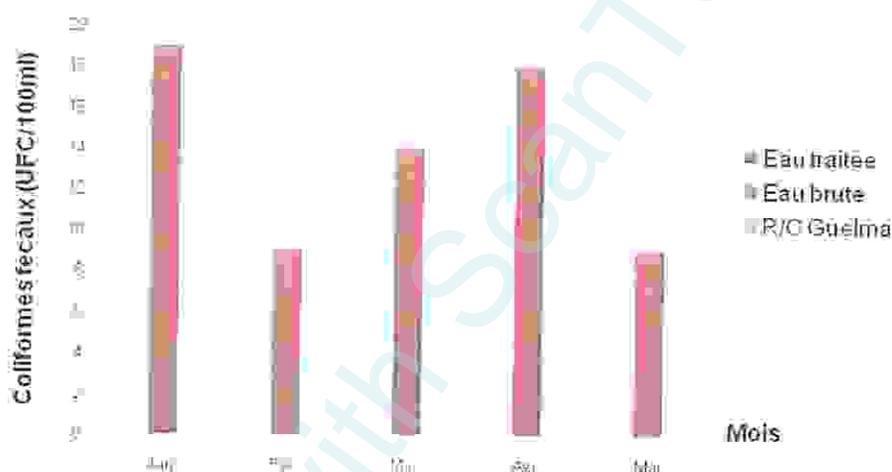


Figure 4-21: Variation mensuelle des coliformes fécaux

4.2.2.2. Les streptocoques fécaux :

Le nombre de streptocoques fécaux est directement lié à la quantité de matière fécale animale se trouvant dans l'eau. L'examen des graphes agrémentés dans la figure 4-22 nous montre que les concentrations de ces bactéries fécales sont extrêmement variables dans les quatre mois de prélèvement des eaux brutes, le maximum de concentrations des streptocoques fécaux dans ces eaux est 350 UFC/100ml pour le prélèvement réalisé pendant le mois d'avril.

Ces résultats montrent que les teneurs en streptocoques fécaux sont élevées de tous les germes indicateurs de contamination fécale (coliformes fécaux). D'une façon générale, les concentrations en streptocoques fécaux sont supérieures à celles des coliformes fécaux dans les mois de janvier, février et d'avril.

Pour les eaux distribuées par la STEP et les eaux du robinet consommateur, sont inférieures à la valeur guide des eaux destinés à la consommation humaine.

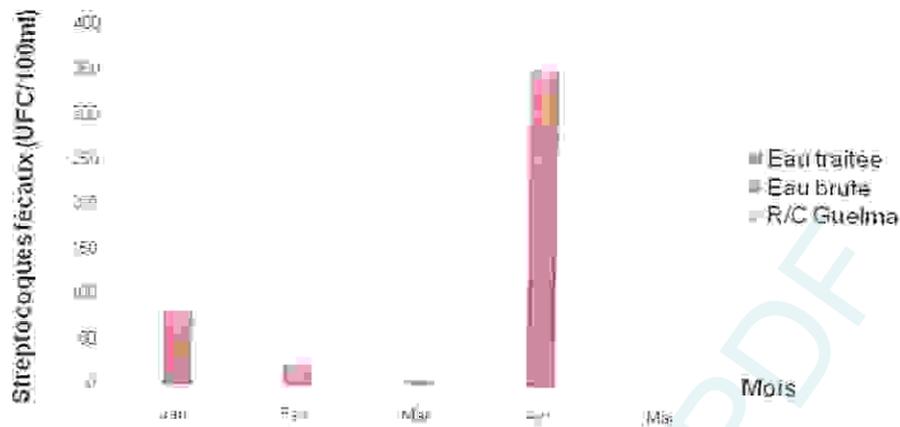


Figure 4-22: Variation mensuelle des streptocoques fécaux

4.2.2.3. Les germes totaux :

A. à 22°C :

Les bactéries aérobies sont sans effet direct sur la santé. Leur développement dans le réseau de distribution peut être signe de stagnations, d'entretien déficient et d'insuffisance de résiduel de désinfection.

D'après la figure 4-23, montre que l'eau brute est caractérisée par une forte concentration des germes totaux (222CT/1ml) pour le prélèvement du mois de février. Pour les prélèvements de mars, d'avril, et de mai, la charge bactérienne est quasiment constante.

Les taux les plus faibles ont été obtenus durant les mois de janvier jusqu'au mois de mars, au niveau des eaux de la station (2). Cet abaissement pourrait être le résultat du phénomène de dilution survenu après des épisodes de précipitation pendant les trois mois (janvier, février et mars) et en conséquence une température de l'eau très basse.

Au niveau de l'eau du robinet consommateur, la concentration des germes totaux à 22°C est très différente durant tous les mois, elle varie entre 13 UFC/1ml et 140 UFC/1ml.

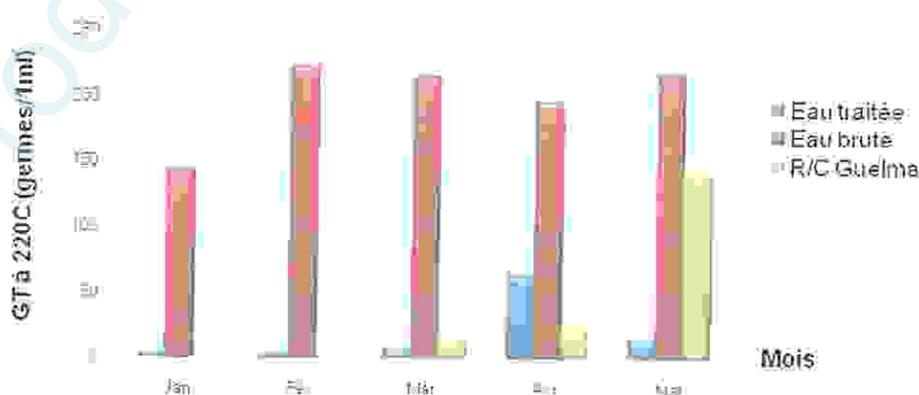


Figure 4-23: Variation mensuelle du taux des germes totaux à 22°C

B. à 37°C:

Les résultats révèlent d'une part des teneurs de germes totaux à 37°C en eau brute variant entre 42 UFC/1ml, une concentration minimale enregistrée en mois de mai à 76 UFC/1ml et une concentration maximale notée en mois d'avril (période des pluies) (Fig. 4-24)

Les résultats représentés dans le graphe ci-dessous montrent que les eaux traitées caractérisées par des concentrations très faible durant le mois de janvier jusqu'au mois de mai avant d'augmenter dans le mois d'avril (69 UFC/1ml), puis diminuée en mois de mai (6 UFC/1ml), et pour l'eau du robinet consommateur, la concentration des germes totaux à 37°C est variées durant tous les mois de prélèvement.

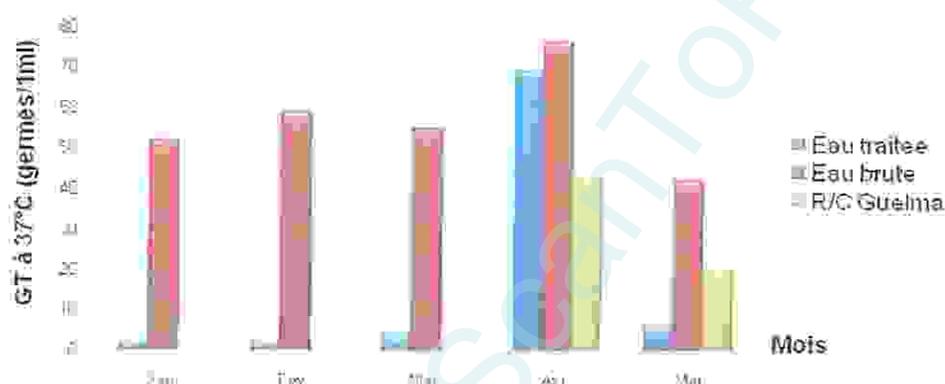


Figure 4-24: Variation mensuelle du taux des germes totaux à 37°C

4.2.2.4. Les staphylocoques:

Le nombre de germes enregistré dans les eaux produites par la STEP durant le mois de mars et le mois d'avril est quasiment constant avant d'être fortement chuter en mai (1UFC/100ml), la valeur maximale est enregistrée en mois d'avril (157 UFC/100ml) au niveau de l'eau brute avant de diminuer en mois de mai (Tab.4-4).

Cependant, la réglementation française (1984) fixe une valeur «zéro» pour la présence de staphylocoques dans une eau destinée à la consommation humaine étant donné la pathogénicité de ces microorganismes. D'après ce tableau, les résultats sont supérieurs aux normes.

Tableau 4-4 : Regroupement des résultats de dénombrement de Staphylocoques

	Mar.	Avr.	Mai
Eau traitée	27	26	1
Eau brute	50	157	1
R/C	0	7	0

4.2.2. Identification des souches bactériennes:

4.2.2.1. Caractères morphologiques et coloration de Gram:

A. Les coliformes et les streptocoques :

Lorsque nous ensemençons une bactérie sur une gélose, elle n'est pas visible. Toutefois, elle se divise à un rythme assez important pour former une colonie, qu'elle est visible à l'œil nu. Chacune de ces colonies est formée par des millions bactéries identiques et cette colonie possède des caractéristiques propres à l'espèce bactérienne. Voici les critères qui permettent de caractériser une colonie (Tab. 4-5).

Toutefois, plusieurs espèces bactériennes font des colonies qui se ressemblent. C'est pourquoi il faut faire une observation microscopique.

Tableau 4-5 : Caractères macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées des brutes, eaux traitées et eaux du robinet consommateur

Observation macroscopique des colonies	Observation microscopique des colonies	Milieu de culture
1. Circulaire, lisse, bombée, à contour régulier, de couleur jaune et sous la membrane des halos jaunes, grande	Forme des chaînettes, isolées	Gélose TTC Tergitol 7
	Bacilles à gram négatif	
2. Colonies vertes, lisse, visqueuse, brillante arondes, à contour régulier ou irrégulier	Forme des chaînettes, isolées	
	Bacilles à gram négatif	
3. Colonies rouges ou roses, lisse, bombée, brillante, petite	Forme des chaînettes, isolées	
	Bacilles à gram négatif	
1. Circulaire, ondulés, rigoureuse, transparente légèrement blanchâtre.	Bacilles isolés, Gram négatif.	Gélose Mac Conkey
2. Rose-clair, bombée, lisse, brillante circulaire. 1 mm de diamètre	Bacilles isolés, Gram négatif.	
1. Colonies rouges ou rosés foncées, petites arondes, lisses, régulier	Monocoque, diplocoque, amas gram positif	Gélose Slanetz et Bartley

B. Les staphylocoques :

La plupart des colonies, observables sur le milieu de Chapman après une incubation de 24 heures à 37°C, sont des Gram positifs, catalase positif (Fig. 4-25) et (Fig. 4-26).

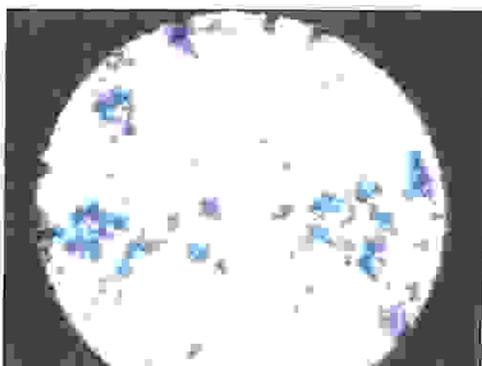


Figure 4-25 : Streptocoques fécaux (Cocci à gram positif)



Figure 4-26: Catalase positif

Les caractères morphologiques et biochimiques des colonies de staphylocoques analysés sur leurs milieux préférés d'isolement sont résumés dans le tableau 4-6.

Tableau 4-6 : Profil morphologique et biochimique des Staphylocoques.

caractères	Colonies	
	Rondes blanches	Rondes jaune vif
Aspect, couleur des colonies	Rondes blanches	Rondes jaune vif
Aspect des cellules	Coques en amas	Coques en amas
Gram	+	+
Catalase	+	+
Coagulase	-	-
Nom de l'espèce	<i>S. epidermidis</i>	<i>S. epidermidis</i>

4.2.2.2. Résultats de l'identification biochimique:

L'étude biochimique nous a permis d'identifier 05 espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae et une espèce bactérienne non Enterobacteriaceae dans l'eau avant traitement et eau après traitement.

Les résultats sont représentés dans le tableau 4-7 et dans les figures (4-27, 4-28, 4-29, 4-30)

Tableau 4-7 : Résultats de l'identification par la galerie API 20 E et API 20 NE

Source	Type de la galerie	Type de colonie	Espèce
Eau brute	Galerie classique	colonie jaune (coliforme)	<i>E. coli</i>
	Api 20E		
Eau traitée	Api 20E	Colonie rouge/rose (coliforme)	<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp <i>salmonicida</i>
Eau brute	Galerie classique	(Antagonisme) GT à 22°C	<i>Pasteurilla multocida</i> 2
Eau brute	Api 20E	Tube 10 ml-1 (coliforme)	<i>E. coli</i>
Eau brute	Api 20E	Tube 10 ml -3 (coliforme)	<i>Citrobacter jereundii</i>
Eau brute	Api 20NE	Tube 1ml -3 (non entérobactérie)	<i>Aeromonas salmonicida</i> ssp <i>salmonicida</i>

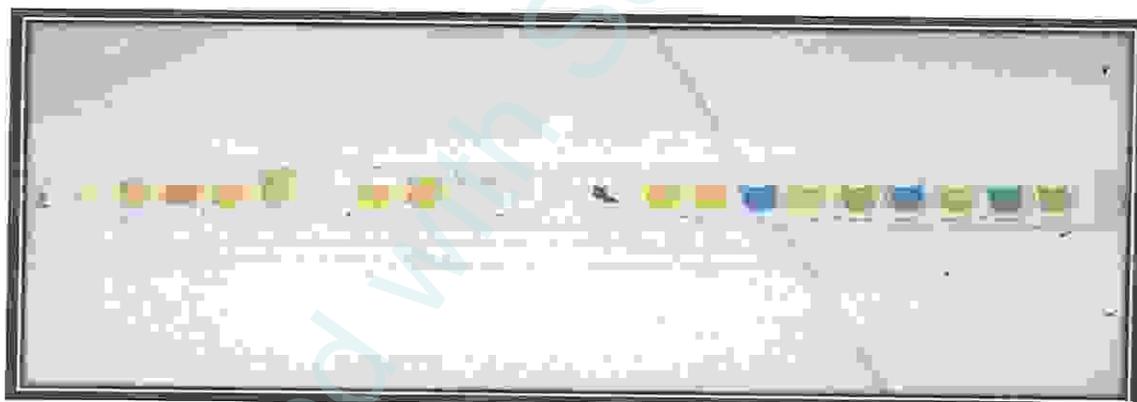


Figure 4-27 : Profil biochimique de la souche *E. coli*.



Figure 4-28 : Profil biochimique de la souche *Aeromonas salmonicida* ssp *salmonicida*



Figure 4-29 : Profil biochimique de la souche *Pasteurilla multocida* 2



Figure 4-30 : Profil biochimique de la souche *Citrobacter fereundii*

Produced with Scantopdf

4.2.2.3. L'analyse du risque dans la distribution d'eau potable:

Contaminations des eaux du réseau enregistrées pendant la période d'étude :

En matière de suivi de la qualité de l'eau dans les réseaux, Les prélèvements d'échantillons d'eau destinés à ce contrôle sanitaire sont réalisés par des agents de l'état et les analyses effectuées par le laboratoire de l'ADE,

Les analyses ont été réalisées sur des échantillons d'eau prélevés au point de consommation c'est à dire au robinet du consommateur (analyse de type B2).

De nombreuses bactéries pathogènes peuvent se trouver dans l'eau par souillure de cette dernière, par des excréments animaux et humains ou par des eaux d'égouts. (RAJONSON J., *et all.* 1992)

L'objectif essentiel de l'analyse bactériologique des eaux de consommation consiste à déceler une pollution fécale.

Le tableau 4-8 ci dessous rappelle les cas des contaminations enregistrées sur le réseau de distribution pendant la période d'étude sur les échantillons d'eau prélevés aux points de consommation.

Tableau 4-8 : Tableau récapitulatif des contaminations enregistrées sur le réseau de distribution pendant la période d'étude.

Lieux de prélèvement	Date de prélèvement	Turbidité	Chlore	Gt à 22°C	GT à 37°C	CT	CF	SF
Guelma	01/03/2010	4,43	0	260	250	1400	1400	35
	//	1,93	0	280	290	1400	1400	100
	31/03/2010	3,61	0	>300	220	>300	>300	24
	//	7,95	0	158	8	93	0	23
	//	29,6	0	>300	280	>300	30	1400
	//	9,17	0	>300	280	>300	>300	460
	//	5,2	0	>300	208	>300	>300	1400
	06/04/2010	28,8	0	>300	>300	>300	>300	>300
Medjez Amar	02/03/2010	5,82	0	40	21	460	0	22
Ain Hessainia	04/01/2010	8,94	0	>300	195	1100	460	22
	//	19,4	0	>300	200	1400	1400	>100
	07/01/2010	3,39	0	66	3	23	9	3
Hamman Debagh	27/01/2010	3,74	0	>300	68	210	20	103

La plupart des sites étudiés ont montré que le nombre de coliformes totaux fluctue de 93 à 1400/100 ml en robinet consommateur de Guelma et varie entre 23 et 1400/100 ml en robinet consommateur d'Aïn Hessainia.

Sur la plupart des sites, les teneurs en coliformes fécaux obtenus sont largement supérieures à la norme de qualité pour l'eau potable qui est de 0/100 ml. Les teneurs de streptocoques fécaux varient de 3 à 1400/100 ml sur l'ensemble des sites.

Le tableau ci-dessus montre que les eaux prélevées dans tous les robinets consommateur sont sujettes à une pollution bactériologique d'origine fécale.

Dans un réseau de distribution d'eau potable où les problèmes récurrents sont généralement dus aux fuites, et le vieillissement des canalisations entraîne une augmentation des casses.

Les réseaux de distribution d'eau potable ne peuvent plus aujourd'hui être considérés comme de simples outils de transport de l'eau jusqu'aux consommateurs. Ils constituent un véritable réacteur biologique, à l'intérieur duquel se met en place une dynamique bactérienne, et où une croissance des microorganismes est observable.

Une gestion qualitative des réseaux de distribution est donc indispensable pour préserver au produit fabriqué la qualité la plus constante possible jusqu'aux points les plus éloignés de la distribution. Dans ce but, il est primordial de comprendre, décrire et modéliser les différents phénomènes conduisant à une évolution de la qualité de l'eau en distribution pour caractériser les conditions favorables à cette dégradation afin d'optimiser l'efficacité des filières de traitement et la gestion du réseau.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS :

Ce présent travail a pour objectif de vérifier la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau du Barrage de Hammam Debagh, eau traitée par la STEP (Station de Traitement des Eaux Potables de Hammam Debagh) et eau du robinet consommateur de la région de Guelma.

La région de Hammam Debagh, dans ses espaces de grandes cultures, est concernée par les phénomènes d'érosion qui se caractérise, selon les résultats issus de nos observations par un paysage de nature karstique résultant des écoulements souterrains particuliers qui se mettent en place progressivement dans les roches carbonatées (calcaires et dolomies) et dans les roches salines (gypse et parfois sel gemme).

Le karst est donc également un aquifère puisque l'eau souterraine est totalement impliquée dans sa formation et dans son fonctionnement. Ainsi, le karst est constitué par un ensemble de formes souterraines et de surface et de conditions d'écoulements souterrains, qui interagissent les unes sur les autres (BAKALOWICZ M., 1999).

Ainsi l'Oued Bouhamdane et ces affluents sont en effet pollués par des nitrates et pesticides en solution, ainsi que par des phosphates, certains pesticides et métaux lourds, véhiculés par les matières en suspensions (MES). L'érosion entraîne la migration de ces éléments polluants qui, crue après crue, sont transportés vers le Barrage,

Les problèmes essentiels sont liés à la dégradation de la qualité des eaux. Ils posent ainsi de graves problèmes au niveau de l'alimentation en eau potable de la région (multiplication des traitements). lors des hivers très pluvieux (pluies persistantes de faibles intensités sur sols saturés), les risques ne sont pas non plus exclus en printemps en cas de violents orages.

L'information sur l'ampleur et les conséquences des phénomènes d'érosion des sols revêt une importance d'autant plus grande qu'à l'érosion elle-même sont généralement liées d'autres types de préoccupations environnementales comme la pollution des eaux souterraines ou de surface, l'accroissement de la turbidité, l'entraînement de phosphore (eutrophisation) et de produits phytosanitaires.

Les données climatiques nous ont permis d'attribuer à la région de Guelma un climat méditerranéen, semi-aride, caractérisée par deux saisons distinctes, l'une sèche et chaude et l'autre pluvieuse et froide. En conséquence :

- ❖ La précipitation moyenne annuelle est de l'ordre de 617.58 mm/an.
- ❖ Les températures moyennes oscillent entre 9.82°C durant le mois de janvier et 27.51°C pendant le mois d'août.

Au cours de notre étude sur les eaux superficielles (eau du Barrage avant et après traitement) et les eaux du robinet consommateur de la ville de Guelma durant une période de 05 mois de janvier à mai 2010 pour les eaux avant et après traitement et une période de 03 mois de mars à mai 2010 pour les eau du robinet consommateur nous notons que :

Les résultats des analyses bactériologiques révèlent bien une différence entre la qualité des eaux brutes, les eaux traitées et eaux du robinet consommateur.

Malgré la charge des bactéries indicatrices de contamination fécale au niveau les eaux brutes, ces germes n'ont pas été détectés au niveau des eaux traitées et des eaux du robinet consommateur.

Les résultats des analyses physiques obtenus dans cette étude confirment clairement, tous les paramètres retenus au dessous des valeurs guides indiquées par les directives européennes. Les résultats des analyses chimiques que nous avons effectués au laboratoire ADE de Hammam Debagh montrent en ce qui concerne les anions majeurs, que l'eau traitée et eau du robinet présentent des valeurs conformes aux recommandations de l'OMS, alors que celle de la nappe présente des teneurs en bicarbonates et en sulfates inférieures aux valeurs limites de l'OMS.

Les résultats des analyses chimiques issues du laboratoire montrent en ce qui concerne les concentrations des chlorures, que l'eau du robinet présente des valeurs conformes aux recommandations de l'OMS. Ainsi, l'eau du robinet consommateur et eau produite par la STEP renferment des teneurs en Ca^{2+} et en Mg^{++} inférieurs aux valeurs du niveau guide recommandée par la directive européenne du 15/07/1989, fixées à 100 mg/l pour les ions de calcium et 30 mg/l pour les ions de magnésium.

L'analyse des teneurs en nitrates montre pour ce qui est de l'eau traitée, une eau salée avec des concentrations comprises entre 0,23 et 0,39 mg/L qui sont largement inférieurs à la concentration maximale admissible de la directive européenne qui est de 50 mg/L.

Cette recherche ouvre la voie à une réflexion plus générale sur la nécessité d'élaborer de nouvelles approches pour une meilleure desserte en eau potable des zones irrégulières. Le but est de réduire considérablement les pertes pour satisfaire les demandes en attente et assurer une régularité de distribution d'eau.

En recommandation, et pour améliorer la qualité des eaux de surface et des réseaux nous proposons les solutions suivantes :

A la station de pompage et de traitement des eaux potables

- ❖ Contrôler la qualité des produits avant leur utilisation après stockage.
- ❖ Faire un jar-test de l'eau chaque fois qu'il y a un changement de la qualité de l'eau (pluie, ouverture du barrage etc. ...)
- ❖ Améliorer le système de traitement par l'insertion d'une phase d'injection de charbon actif avant décantation qui est efficace contre les polluants et micropolluants organiques.
- ❖ Construire des réservoirs contenant des chicanes ou mettre des chicanes dans les anciens réservoirs; afin que l'eau puisse être bien mélangée avec le chlore.
- ❖ Améliorer la filtration en lavant correctement les filtres chaque fois.
- ❖ Le curage des bassins

À la gestion des réseaux :

L'eau du réseau de distribution est le produit alimentaire le plus consommé et le plus surveillé car les causes de contamination sont nombreuses et peuvent être à l'origine de troubles sanitaires graves pour le consommateur.

L'eau qui sort des captages et des usines de traitement d'eau potable ne contient généralement pas de plomb. C'est au contact de canalisations en plomb des réseaux de distribution que l'eau risque de se charger progressivement en plomb, et ce d'autant plus si elle y stagne, en conséquence il est fort conseillé de mettre en évidence un système de gestion du réseau très efficace comme il est indiqué ci - dessous:

- ❖ Construire et maintenir un bon réseau de distribution
- ❖ Promouvoir, coopérer avec les distributeurs
- ❖ Faire le suivi
- ❖ La détection des fuites (recherche sur le terrain par corrélation acoustique, sectorisation des réseaux, mesures de débit et pression à diverses heures du jour et de la nuit, détection des débits anormaux).
- ❖ La réparation des fuites (remplacement des canalisations, réhabilitation par chemisage ou par gainage).
- ❖ La mise en place de dispositifs de sécurité pour la protection des canalisations les plus vulnérables.
- ❖ L'emploi d'outils de gestion des réseaux (modélisation, systèmes d'information géographique, etc.).
- ❖ Effectuer une réflexion sur le renouvellement des canalisations à l'aide d'une analyse de différents critères.

Résumé :

Ce mémoire présente une méthodologie pour déterminer la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux superficielles et des eaux des réseaux de distribution dans la région de Guelma.

De nombreux travaux, sont menés à travers des analyses physico-chimiques (taux de chlorures, sulfates, calcium, magnésium, carbonates, bicarbonates, résidus secs, et dureté de l'eau..... etc.) et bactériologiques (présence de coliformes, streptocoques fécaux et staphylocoques) effectuées sur des échantillons prélevés dans une période de six mois allant de janvier jusqu' au mois de mai 2010, pour les eaux brutes et eaux distribuées par la STEP; et une période de trois mois allant de mars jusqu' au mai pour les eaux du robinet consommateur.

Cette analyses portées principalement sur la décompte des bactéries indicatrices de contamination fécale et sur la détermination de la concentration de certains éléments physico-chimiques dans ces eaux, et évaluer l'impact des cassures de réseaux, sur la qualité microbiologique des eaux de la région de Guelma et les paramètres physico- chimiques pouvant favoriser le développement bactérien.

Les résultats obtenus confirment une contamination microbiologique des eaux brutes étudiées, par contre les eaux produites par la STEP, et les eaux des réseaux. Le nombre des microorganismes dénombrés (coliformes, streptocoques et germes totaux) ne dépasse pas les valeurs indiquées par les normes algériennes et les directives de l'OMS et le dénombrement des staphylocoques (non pathogènes) montre que les eaux distribuées par la STEP et eaux du robinet consommateur est devance la norme. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montrés que les trois échantillons sont similaires.

Mots clés : Eau potable, Barrage Hammam Debagh, santé, normes, réseau.

Produced with

الملخص:

نقدم في هذه المذكرة منهجية لتحديد النوعية الميكروبيولوجية و الفيزيوكيميائية للمياه السطحية ومياه شبكة التوزيع لمنطقة قالمة.

قمنا بعدد من الأعمال المسارة نحو التحليل الفيزيوكيميائية (نسبة الكلورين، الكبريتات، كاليوم، مغنزيوم، بيكاربونات، بقايا جافة وقساوة الماء ... الخ) والباكتريولوجيا (تواجد بكتيريا الكلون، المكورات عقدية ومكورات عنقودية) المطبقة على العينات المأخوذة من مياه ما قبل المعالجة وما بعد المعالجة خلال فترة زمنية مدتها 6 أشهر (تتراوح ما بين شهر جانفي إلى غاية شهر ماي)، وعينات مأخوذة من المياه المستعملة للشرب خلال فترة مدتها 3 أشهر بداية من شهر مارس إلى غاية شهر ماي.

هذه التحليل تركز أساسا على التحديد الكمي للبكتيريا المؤشرة عن التلوث البرازي، وعلى تحديد تركيز بعض العناصر الفيزيوكيميائية لهذه المياه، وتقدير تأثير كسر قنوات صرف مياه الشرب على النوعية الميكروبيولوجيا لمياه منطقة قالمة. وتحديد العناصر الفيزيوكيميائية المسؤولة عن تحفيز النمو البكتيري في هذه القنوات.

أبرزت النتائج البكتريولوجية المتحصل عليها خلال فترة الدراسة، أن مياه ما قبل المعالجة متلثة بكتريولوجيا، على عكس مياه ما بعد المعالجة و مياه شبكة التوزيع. إلا حالات التلوث التي حصلت على مستوى العينات المأخوذة من شبكة التوزيع خلال هذه الفترة، وان الإحصاء الكمي للمكورات العنقودية قد تجاوز المعايير المطلوب، إلا أن بعدما قمنا بدراسة خصائصها البيوكيميائية أبرزت النتائج بأنها ليست ضارة. أظهرت النتائج الفيزيوكيميائية انه ليس هناك فرق بين العينات الثلاثة.

الكلمات المفتاحية: المياه السطحية، مياه شبكة التوزيع، مياه ذراع، محطة، المعايير، شبكة التوزيع.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

ANONYME 1978 : Le magnésium.

ANONYME 2007 : Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux.

BAKALOWICZ M., 1999: Connaissance et gestion des ressources souterraines en eaux souterraines dans les régions karstiques. Guide technique n°3, SDAGE Rhône -Méditerranée - Corse. Agence de l'Eau Rhône - Méditerranées - Corse, Lyon, 40 p.

BLAYAC J., 1912: Esquisse Géologique du Bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines.- Cartes et coupes Géologiques. 491pages.

BLOCK J.C., APPENZELLER B.M.R., 2001 : Biofilms et distribution d'eau potable, Bull. Soc. Fr. Microbiol, 16, (1), p.7-12.

CEAEQ, 2000 : Recherche et dénombrement de Staphylococcus aureus : méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp5.

CEAEQ, 2000 : Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp4.

CEAEQ, 2003 : Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (thermo tolérants) et confirmation à l'aide de Escherichia coli . méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp5.

CELERIER J.L., et FABY J.A., 1998 : La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Fo pour le Développement des Adductions d'Eau (FNDAE) HORS SERIE N°12.

DELOLME H., BOUTIN J.P., ANDRE L.-J., 1992 : Eau douce et pathologie. Médecine d'Afrique Noire 39 (3).

EMBERGER L., 1963 : Contribution complémentaires au sujet des recherches climatiques, phytogéographie et écologique. In : travaux de botanique et d'écologie. Ed. Masson & CIE. Paris, VLI. 520p

GAUSSEN H., et BAGNOULS F., 1953: Saison sèche et indice xérothermique, Université de Toulouse, Faculté des Sciences.

GAUTHIER F., 2002 : Bio films et Qualité Biologique de l'Eau Potable au cours de sa Distribution. Mémoire de DESS en Qualité et Gestion de l'Eau. Université de Picardie.

GHOUBANE M., 2009 : Etude de la contamination des eaux souterraines de la zone de Chemora par les nitrates –Est Algérien-. Ed. Mémoire de l'ingénierie en hydraulique, Université de Batna : pp5.

GODARD A., TABEAUD M., 1993 : Les climats- mécanismes et répartition. Editions Armond Colin-Paris, 168 pages.

KHETTAB A., 1992 : Traitement des eaux, les eaux potables. Ed. Office des publications Universitaires : pp 34 et 75et 132 :142.

MAMOU A. (1990). Caractéristiques et évaluation des ressources en eau du sud Tunisien. Thèse de doctorat d'état es sciences, université de Paris.- sud, centre d'Orsay, juin, 426 p.

PIRIOU P., DUKAN S., LEVI Y., GUYON F., et VILLON P., 1996 : « Modélisation du comportement des biomasses bactériennes libres et fixées dans les réseaux de distribution d'eau potable ». Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 9, n° 3, p. 381-406.

RAJONSON J., RASOLOFONIRINA N., RATOAVELOSON J. et RAVAONINDRIANA N., 1992: Qualité des eaux. Acte des journées de l'eau.

REJSEK F., 2002 : Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement: pp 360.

REMENIERAS G. (1986). L'hydrologie de l'ingénieur. Ed. Eyrolles, 451 p.

RODIER J., BEUFFR H., BOURNAUD M., BROUTIN J.P., GEOFFRAY Ch., KOVACSIK G., LAPORT J., PATTEE E., PLISSIER M., RODI L. et VIAL J., 1984 : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7e édition. Ed. Dunod : pp 5.

SAMAKE H., 2001: Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 200 et 2001. Thèse de Diplôme d'État, Université de Bamako, p77

SANTE CANADA (2009): Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : document technique – Le chlore. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). (No de catalogue H128 1/00 588F).

VOLK C., et JORET J.C. C., 1994 : Paramètres prédictifs de l'apparition des coliformes dans les réseaux de distribution d'eau d'alimentation. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 7, n° 2, p. 131-152.

WEBOGRAPHIE

1. <http://www.univ-guelma.dz/presentation/guelma-ville.asp>
2. http://www.guelma.org/francais/index2.php?rub=sejour&srub=promenades&goto=barrage_bouhamdane
3. http://www.elwatan.com/Alimentation-en-eau-potable-a_154445
4. Bio films : une microbiologie de surface à déchiffrer : <http://www2.cnrs.fr/presse/communique/661.htm>

ANNEXES

Produced with ScanTOPDF

Tableau 1-5: Evaluation des températures mensuelles de la région d'étude (Années 1994-2010)

	T (max.)	t (mini.)	Moyenne
Jan.	9,82	16,32	4,36
Fév.	10,24	17,77	3,93
Mar.	12,44	20,87	5,72
Avr.	14,86	22,89	7,71
Mai	19,51	27,97	11,37
Jui.	24,24	32,33	15,6
Juill.	27,2	36,75	18,25
Aou.	27,51	36,58	19,58
Sept.	23,49	31,77	17,04
Oct.	19,35	27,77	13,34
Nov.	14,28	21,57	8,66
Déc.	10,99	17,43	5,82

Tableau 1-6: Evaluation mensuelle des humidités relatives (1994-2010)

Mois	Humidité relative (%)
Jan.	76,58
Fév.	75,28
Mar.	74,14
Avr.	72,25
Mai	68,42
Jui.	60,44
Juill.	55,04
Aou.	56,72
Sept.	66,55
Oct.	70,31
Nov.	72,84
Déc.	75,39

Tableau 1-7 : Variation mensuelle d'évaporation dans le Barrage de Hammam Debagh (Années 2008-2010)

Année	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Aoû.
2008/2009	0,419	0,263	0,152	0,099	0,075	0,096	0,227	0,209	0,507	0,781	0,997	0,752
2009/2010	0,377	0,214	0,192	0,134	0,143	0,158	0,226	0,278				

Tableau 1-8 : Moyennes mensuelles des précipitations (années 2008/2010)

Années	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Jui.	Juill.	Aoû.
2008/2009	1,04	1,56	1,74	0,92	6,09	2,20	2,34	4,09	1,55	0,00	0,11	0,83
2009/2010	3,81	2,09	0,35	1,04	4,75	0,95	1,66	1,54				

Tableau 1-9 : Caractéristiques climatiques de la région de Guelma (Années 1994-2010).

2009	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Aoû.	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T° (°C)	9,1	10,1	12,2	14,3	18	22,4	26	26,6	23,4	18,9	14,4	10,6
Pluvio. (mm)	74	50	51	32	30	27	5	19	17	38	60	92

Tableau 1-10 : Les différents coagulants

Nom de coagulant	Formes disponibles	Aspect	Densité	Le taux de traitement usuel	Gamme de pH d'utilisation
Sulfate d'alumine	Concassé Noisettes Poudre Liquide	Blanchâtre	1	10 à 150 g/m ³	5,7 < pH < 7,5
Polychlorures basiques d'alumine (PCBA)	Liquide	Blanchâtre	1,45	10 à 100 g/m ³	étendue
chlorure ferrique	crystallisé liquide	Brun. Déliquescent Brun	1,45	05 à 100 g/m ³	5 < pH < 8,5
chlorosulfate ferrique	solution	Brun rouge	1,5	05 à 100 g/m ³	5 < pH < 8,5
Sulfate ferrique	Poudre Liquide	Blanche Rouge brun	1	10 à 100 g/m ³	5 < pH < 8,5
Sulfate ferreux	Poudre	Cristallin Couleur vert clair	0,9	10 à 100 g/m ³	pH > 7,8

Tableau 1-11 : Les différents floculants

Nom de floculant	Formes disponibles	Origine	Taux de traitement usuel
Floculant minéral la silice activée	Liquide: se prépare sur l'installation	Neutralisation d'une solution de silicate de soude par un acide sulfurique, sulfate d'aluminium chlore, dioxyde de carbone	0,2 à 1 g/m ³
floculant organique naturels: l'alginate	Poudre	Extrait d'algue	0,2 à 1 g/m ³
L'aqualgine	Poudre	Alginate purifié	0,2 à 1 g/m ³
l'amidon	Poudre	Pomme de terre, tapioca extraits de graisse végétale	0,2 à 1 g/m ³
Floculant organique de synthèse Non anionique anionique	solution Poudre émulsion	fabriqués en laboratoire à partir de polyacrylamides	0,02 à 0,5 g/m ³

Tableau 3-2: Tableau de lecture (Api 20E)

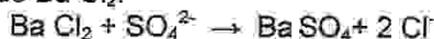
Teste	Composants Actifs	Réactions/Enzymes	Résultats	
			Négatif	Positif
ONPG	2-Nitrophényl-BD-galactopyranozide	B-galactosidase	Incolore	Jaune
ADH	L-arginine	Arginine déshydrolyse	Jaune	Rouge/Orange
LCD	L-lysine	Lysine décarboxylase	Jaune	Rouge/Orange
ODC	L-ornithine	Ornithine décarboxylase	Jaune	Rouge/Orange
CIT	Trisodium citrate	Citrate perméase	Vert Pale/jaune	Bleu-vert
H ₂ S	Sodium thiosulfate	Production d'H ₂ S	Incolore	dépôt noir
URE	Urée	Urease	Jaune	Rouge/Orange
TDA	L-tryptophane	Tryptophane désaminase	TDA/immédiat	
			Jaune	Marron-rougeâtre
IND	L-tryptophane	Production d'indole	Kovac/immédiat	
			Incolore	Rose
VP	Sodium pyruvate	Production d'acétoïne	VP1+VP2/10min	
			Incolore	Rose/rouge
GEL	Gélatine	Gélatinase	Nom diffusion	diffusion du pigment noir
GLU	D-glucose	Fermentation/Oxydation glucose	Bleu/ Bleu vert	Jaune/Jaune gris
MAN	D-mannitol	Fermentation/Oxydation mannitol	Bleu/ Bleu vert	Jaune
INO	Inositol	Fermentation/Oxydation Inositol	Bleu/ Bleu vert	Jaune
SOR	D-sorbitol	Fermentation/Oxydation sorbitol	Bleu/ Bleu vert	Jaune
RAH	L-rhamnose	Fermentation/Oxydation rhamnose	Bleu/ Bleu vert	Jaune
SAC	D-saccharose	Fermentation/Oxydation saccharose	Bleu/ Bleu vert	Jaune
MEL	D-melibiose	Fermentation/Oxydation melibiose	Bleu/ Bleu vert	Jaune
AMY	Amygdaline	Fermentation/Oxydation Amygdaline	Bleu/ Bleu vert	Jaune
ARA	L-arabinose	Fermentation/Oxydation arabinose	Bleu/ Bleu vert	Jaune

Tableau 3-3: Tableau de lecture (Api 20 NE)

Test	Composants Actifs	Réactions/Enzymes	Résultats	
			Négatif	Positif
NO ₃	potassium nitrate	réduction des nitrates en nitrites	NIT 1 + NT 2/ 5 min	
			Incolore	rose-rouge
		réduction des nitrates en azote	Zn/5 min	
			Rose	Incolore
TRP	L-tryptophane	Production d'indole	Kovacs/immédiat	
			incolore	Rose
GLU	D-glucose	fermentation (Glucose)	Bleu vert	Jaune
ADH	L-arginine	Arginine Di Hydrolase	Jaune	Rouge/Orange/rose
URE	Urée	Urease	Vert Pale/jaune	Rouge/Orange/rose
ESC	Esculine citrate de fer	hydrolyse (β -glucosidase) (Esculine)	Jaune	Gris/Marron/Noir
GEL	Gélatine	hydrolyse (protéase) (Gélatine)	Nom diffusion	diffusion du pigment noir
PNPG	4-Nitrophényl- β Dgalactopyranoside	β -galactosidase (Para-NitroPhényl- β DGalactopyranosidase)	incolore	Jaune
GLU	D-glucose	Assimilation	Transparence	Trouble
ARA	L-arabinose	Assimilation	Transparence	Trouble
MNE	U-mannose	Assimilation	Transparence	Trouble
MAN	D-mannitol	Assimilation	Transparence	Trouble
NAG	N-acetyl-glucosamine	Assimilation	Transparence	Trouble
MAL	D-maltose	Assimilation	Transparence	Trouble
GNT	potassium gluconate	Assimilation	Transparence	Trouble
CAP	acide caprique	Assimilation	Transparence	Trouble
ADI	acide adipique	Assimilation	Transparence	Trouble
MLT	acide malique	Assimilation	Transparence	Trouble
CIT	Trisodium citrate	Assimilation	Transparence	Trouble
PAC	acide phénylacétique	Assimilation	Transparence	Trouble

Méthodes d'analyses :**1. Détermination des Sulfates (SO_4^{2-}):**

Principe : Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum en présence de Ba Cl_2 .



Appareil : Spectrophotomètre UV Visible

Réactifs :

Solution mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na_2SO_4
 Peser 1,479 g de Na_2SO_4 1000 ml d'eau distillée.

Solution stabilisante :

Acide chlorhydrique (c) 60 ml.
 Ethanol..... 200 ml.
 Chlorure de sodium 150 g.
 Glycérol 100 ml.
 Eau distillée Q.S.P. 1000 ml.

Solution de chlorure de baryum :

Chlorure de baryum 150 g.
 Acide chlorhydrique..... 5 ml.
 Eau distillée..... Q.S.P. 1000 ml.

Gamme d'étalonnage :

Prendre 8 béchers de 250 ml.
 Laver très bien avec du savon et une lavette.
 Rincer abondamment avec l'eau du robinet.
 Rincer avec une solution acide chlorhydrique
 Rincer avec l'eau du robinet puis avec de l'eau distillée.

Remarque :

- Les échantillons troubles ou colorés doivent être filtrés sur filtre de 0,45 μm .
- Les échantillons qui contiennent plus de 70 mg/l SO_4^{2-} doivent être dilués avant détermination.

Gamme d'étalonnage :

Tableau :

N° Bécher	0	1	2	3	4	5	6	7
\$ mère à 1g/l	0	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml	5 ml	6 ml	7 ml
qsp	100 ml							
\$ stabilisante	5 ml							
\$ chlorure de baryum	2 ml							
Agitation 1 mn.								
concentration finale mg/l SO_4^{2-}	0	10	20	30	40	50	60	70

Enregistrer la gamme dans le spectrophotomètre à la longueur d'onde λ 420.

Mode opératoire :

- Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 5 ml de la solution stabilisante.
- Ajouter 2 ml de chlorure de baryum.
- Agiter énergiquement pendant 1 mn.
- Passer au spectrophotomètre $\lambda = 420 \text{ nm}$.

Expression des résultats : $\text{mg/l SO}_4^{2-} = \text{la valeur lue sur le spectrophotomètre} \times \text{facteur de la dilution}$.

2. Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+):

Principe : Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium.

Réactifs:**Réactif I :**

Acide dichloroisocyanurique 2 g.
 Hydroxyde de sodium (NaOH) 32 g.
 H₂O distillée..... q.s.p 1000 ml.

Réactif II (coloré) :

Trictrate de sodium 130 g.
 Salicylate de sodium 130 g.
 Nitroprussiate de sodium 0.97 g.
 - H₂O distillée q.s.p 1000 ml

Appareillage: Spectrophotomètre UV-Visible

Courbe d'étalonnage :

\$ file 1 mg/l	0	1	2.5	5	25	40
Eau distillée (ml)	50	49	47.5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (coloré) (ml)	4	4	4	4	4	4
Attendre 1 h.30						
$[\text{NH}_4^+]$ en mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.5	0.8

Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- Ajouter 4 ml du réactif I
- Ajouter 4 ml du réactif II et ajuster à 50 ml avec H₂O distillée et attendre 1h. 30

* L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de : NH_4^+ . Effectuer la lecture à 655 nm.

Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

3. Dosage des nitrites (NO_2^-) :

Principe: Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

Réactifs:

Réactif Mixte :

- Sulfanilamide 40 g.
- Acide phosphorique 100 ml.
- N-1- Naphtyl éthylène diamine 2 g.
- H₂O distillée q.s.p 1000 ml.

Appareillage:

Spectrophotomètre UV-Visible

Courbe d'étalonnage :

\$ file 1 mg/l	0	1	2	5	20	40
Eau distillée (ml)	50	49	48	45	30	10
Réactif Mixte. (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
$[\text{NO}_2^-]$ en mg/l	0	0.02	0.04	0.1	0.4	0.8

Mode opératoire :

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.

* L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- . Effectuer la lecture à 543 nm.

Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

Tableau 4-9: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (RF 1984)

Paramètre	Unité	Limite acceptable	Observations
Staphylocoques pathogènes	100ml	absence	
Coliformes fécaux	100ml	absence	
Streptocoques fécaux	100ml	absence	
Coliformes totaux	100ml	absence	Avec un percentile de 95% sous réserve qu'un nombre suffisant d'échantillons soit examiné

Tableau 4-10: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (DGCE 15/07/1980)

Paramètre	Unité	Directive européenne	
		NG	CMA
Coliformes totaux	dans 100ml	-	0
Coliformes fécaux	dans 100ml	-	0
Streptocoques fécaux	dans 100ml	-	0
Germes totaux à 37°C	dans 1ml	10	-
Germes totaux à 22°C	dans 1ml	10	-

Tableau 4-11: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (OMS 1983)

Paramètres	Unité	Valeur guide	Observation
Eau distribuée par canalisation: 1. Eau ayant subi un traitement et entre dans le système de distribution: Coliformes fécaux Coliformes totaux	nombre/100ml nombre/100ml	0 0	Turbidité < 1NTU; pour désinfection par le chlore, pH de préférence < 8; chlore libre résiduel de 0,2 à 0,5 mg/l après un minimum de 30 mn de contact.
2. Eau dans le système de distribution: Coliformes fécaux Coliformes totaux	nombre/100ml nombre/100ml	0 0	Avec un percentile de 95% sur un an sous réserve qu'un nombre suffisant d'analyses soit effectué

Tableau 4-12: Qualité bactériologique de l'eau destinée à la consommation humaine (NA)

Paramètres	Unité	NG	CMA
Eau transportée sous canalisation:			
1. Eau traitée prélevée à l'entrée du réseau			
Coliformes fécaux	Nbr. /100ml	-	0
Coliformes totaux	Nbr. /100ml	-	0
2. Eau prélevée dans réseau			
Coliformes fécaux	Nbr. /100ml	-	0
Coliformes totaux	Nbr. /100ml	-	0

Composition des milieux de culture :

1. Milieux solides :

❖ TTC tergitol 7 :

La composition :

Peptone.....	10g
Extrait de viande.....	5g
Extrait de levure.....	6g
Lactose.....	20g
Tergitol 7.....	10g
TTC.....	25g
Bleu de bromothymol.....	50g
Agar.....	13g
pH.....	7,2

Préparation :

54,15 g par litre. Stérilisation classique. Le tergitol est ajouté dans le milieu en surfusion préalablement refroidi à 45°C.

❖ Mac Con Key

Composition

Peptone.....	20,0 g
Lactose.....	10,0 g
Sel biliaires n°3.....	1,5 g
Cristal violet 0,00.....	1 g
Rouge neutre.....	0,05 g
Chlorure de sodium.....	5,0 g
Agar.....	15,0 g

Préparation :

51,5 g par litre Stérilisation à l'autoclave.

❖ **Slanetz et Bartley :****Composition:**

Tryptose	20,0 g
Extrait autolytique de levure.....	5,0 g
Glucose.....	2,0 g
Phosphate dipotassique.....	4,0 g
Azide de sodium.....	0,4 g
Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium.....	0,1 g
Agar bactériologique.....	10,0 g
pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C	7,2 ± 0,2.

Préparation:

Mettre en suspension 41,5 g de milieu déshydraté complet (BK037) dans 1 litre d'eau distillée ou déminéralisée.

- Porter lentement le milieu à ébullition sous agitation constante et l'y maintenir durant le temps nécessaire à sa dissolution.

- Eviter tout chauffage excessif.
- Ne pas autoclaver.
- Refroidir et maintenir à 47°C.
- Couler en boîtes de Petrie stériles.
- Laisser solidifier sur une surface froide.

❖ **TGEA (gélose numération: gélostryptone- glucose- Extrait de levure):****Composition:**

Tryptone.....	5g
Glucose.....	1g
Extrait de levure.....	2,5g
Gélose.....	15g
Eau distillée.....	1000ml
pH	7

❖ **Milieu de Chapman****Composition :**

Peptone bactériologique	10 g / l
Extrait de viande de bœuf	1 g / l
Chlorure de sodium	75 g / l
Mannitol	10 g / l
Rouge de phénol	0,025 g / l
Agar	15 g / l
pH	7,5

Préparation : Verser 111 g de poudre dans un litre d'eau distillée. Porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Stériliser à l'autoclave à 121° C pendant 15 minutes.

2. Milieux liquides :

- ❖ Eau peptonée exempte d'indole : Elle est surtout utilisée pour la recherche de la production

Composition:

D'indole Formule (en grammes par litre d'eau distillée)	
Peptone exempte d'indole.....	10 g / l
Chlorure de sodium.....	5 g / l
pH final.....	7,2

Préparation :

Mettre 15 g de milieu déshydraté dans un litre d'eau distillée. Mélanger soigneusement jusqu'à complète dissolution. Ajuster, si nécessaire, le pH à 7,2. Répartir puis stériliser à l'autoclave à 120° C pendant 15 minutes.

❖ **Eva- Lit sky:**

Peptone.....	20g/l
Glucose.....	5g/l
Chlorure de sodium.....	5 g/l
Phosphate bi potassique.....	2,7 g/l
Azothvate de sodium.....	0,3 g/l
Ethyle- violet.....	5 g/l
pH.....	7

❖ **Rothe (Bouillon Glucose l'acide de sodium):****Composition:**

	DC	SC
Tryptone.....	40g.....	20g
Glucose.....	10g.....	5g
Chlorure de sodium.....	10g.....	5g
Phosphate bi potassique.....	5,4 g.....	2.7g
Phosphate mono potassique.....	5,4 g.....	2.7g
Acide de sodium.....	0,4g.....	0.2g
Eau distillée.....	1000 ml	

Autoclavage = 15mn 121C° pH = 6,8

❖ **B.C.P. (bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre)****Composition:**

	DC	SC
Peptone.....	10 g / l.....	5g/l
Extrait de viande.....	6 g / l.....	3g/l
Lactose.....	10 g / l.....	5g/l
Pourpre de bromocrésol.....	0,05 g / l.....	0.025g/l
Eau distillée.....	1000 ml	
pH final = 6		

Autoclavage = 20 mn a 120C°