

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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



Mémoire de Master

Présenté à l'Université 08 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Hydraulique

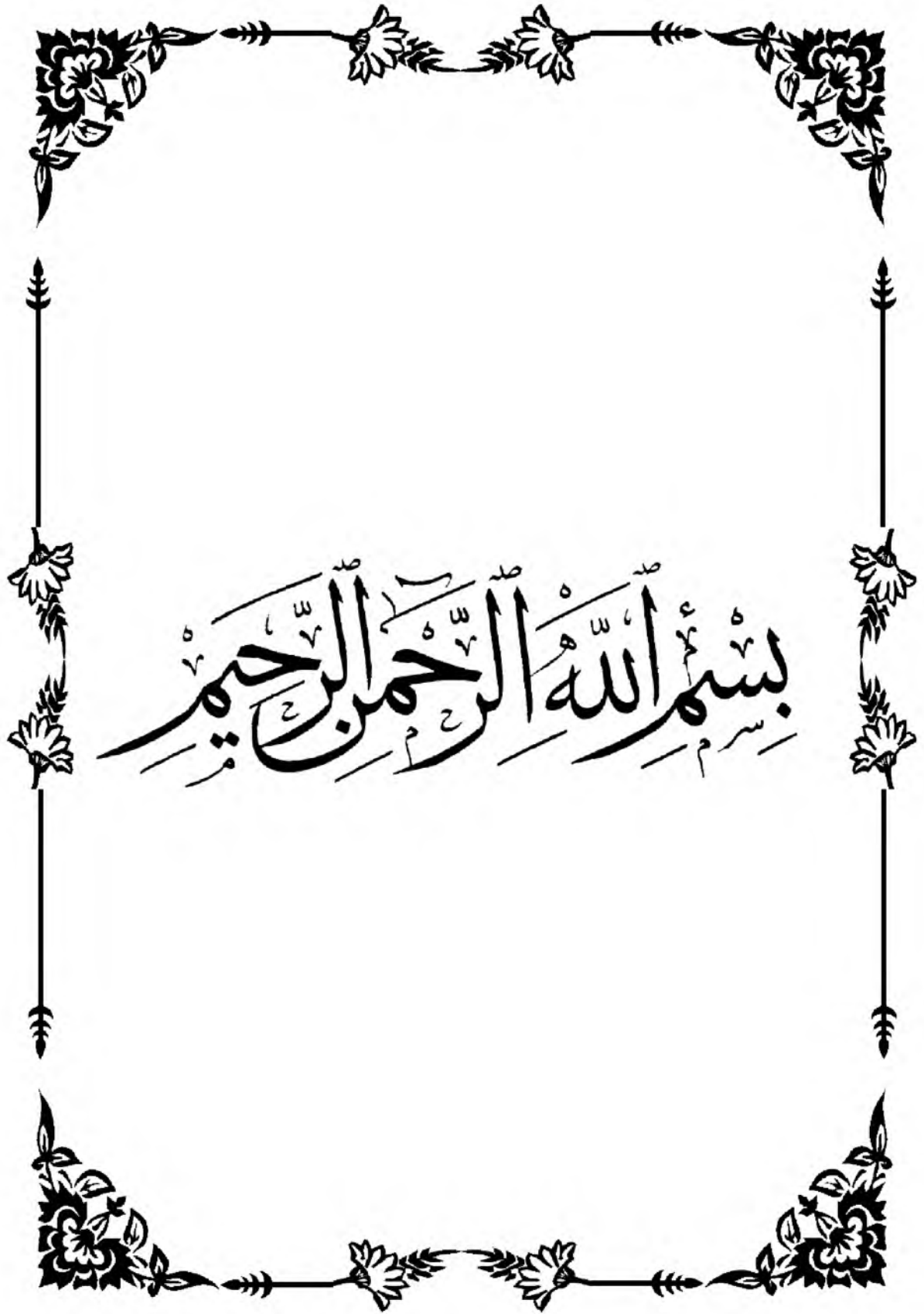
Option : Hydraulique urbaine et techniques des eaux

Présenté par : ***BOUMAZZA ABDALLAH & BOUDJEHM MOHAMMED AMIN***

**Thème : CONTRIBUTION À L'ETUDE DE LA
QUALITE D'OUED-EL-HAMMAM
WILAYA DE GUELMA**

Sous la direction de : Dr.TOUMI.ABDELOUAHAB

Juin 2016



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant qui nous a fourni l'aide et la confiance pour réaliser ce modeste travail

Nous remercions nos très chers parents pour leurs soutiens et leurs patiences. Tous nos infinis remerciements à notre promoteur Mr : A.TOUMI pour son aide, ses conseils et ses remarques qui nous ont permis de présenter notre travail dans sa meilleure forme.

Mes remerciements s'adressent aussi, à tout le personnel de l'organisme de la station d'épuration Guelma particulièrement, Mr : F. BOUDJAHAM pour leur aide, leur patience, et leur encouragements.

Nous remercions également tous les enseignants qui ont contribué à notre formation durant notre cursus universitaire.

Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail

BOUMAZZA ABDALLAH.

BOUDJEHM MOHAMMED AMIN.

DEDICACES

*Tout d'abord je tiens à remercier le bon DIEU qui m'a donné
le courage et la patience pour arriver à ce stade de fin
d'études.*

Je dédie ce modeste travail à :

A ma tendre mère MOUNIRA et mon cher père MESSAOUD

A mes précieuses sœurs : KARIMA et IMANE

A mes frères : AMMAR et ISSA

Sans oublier : RITEDJ, SALAH, DJAWED

A mon binôme : AMINE

*A mes amis : MOUAAFH, OUSSAMA, FATEH, SALAH,
YASSINE, SABRI, ALLA, HAMOUDA, M'ED*

*À tous mes amis d'enfance et du Long Parcours
scolaire et Universitaire*

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

BOUMAZZA ABDALLAH.

DEDICACES

*Tout d'abord je tiens à remercier le bon DIEU qui m'a donné
le courage et la patience pour arriver à ce stade de fin
d'études.*

Je dédie ce modeste travail à :

A ma tendre mère HAKIMA et mon cher père HACEN

A mes précieuses sœurs : AMIRA et BOUCHRA

A mon binôme : ABDALLAH

*A mes amis : MOUAAFH, OUSSAMA, BILEL, KAMEL,
YASSINE, TOUFIK, ALLA, HAMOUDA, M'ED*

*À tous mes amis d'enfance et du Long Parcours
scolaire et Universitaire*

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

BOUDJEHM MOHAMMED AMIN.

Résumé

Résumé

A l'instar de toutes les régions du Nord-est algérien, la zone d'étude dispose d'une richesse hydrique superficielle considérable, à laquelle une attention particulière doit être réservée. L'oued EL-Hammam, qui se trouve alimenté par un important réseau hydrographique, est l'un des cours d'eau les plus importants de cette région, Là où il est exploité pour l'irrigation, ainsi que les déchets industriels déversés en plus de celle des vallées les plus importantes qui se jettent dans le barrage de ZIT-EL-ANBA.

Parallèlement à l'essor démographique rapide, le développement record des secteurs agricole et industriel que connaît la région d'étude ces dernières décennies, l'oued EL-Hammam, est devenu le siège d'importantes déversements illicites et décharges polluantes.

La présente étude a pour objectif, en premier lieu, de faire une caractérisation hydrochimique des eaux de surface de l'oued, du fait de leur exploitation en grande partie dans l'irrigation de la plaine de Hammam OULED ALI- BOUATI MAHMOUD.

A cet effet, des prélèvements d'échantillons d'eau et de sédiments ont été effectués au niveau de quatre stations en période de : 29 février – 23 mars. Ainsi, une analyse multidisciplinaire a concerné en particulier, les paramètres physicochimiques (pH, C.E, DCO, OPO_4^- , NH_4^+ et NO_2^-).

Les résultats des analyses au cours du suivi ne sont pas lus préoccupante en termes d'eau, cependant, et après l'étude a révélé qu'il y Effets bains d'eau minérale ainsi que certains pesticides et d'engrais sur l'eau de la vallée, sans oublier les déchets industriels.

Mots clés : la pollution, Eaux de surface, EL-Hammam, Paramètres physicochimiques, pesticides.

ملخص

على غرار كامل المناطق التي تقع في الشمال الشرقي للجزائر، فإن المنطقة التي أجريت فيها الدراسة تزخر بثروة مائية سطحية معتبرة والتي يجب إيلاء إهتمام خاص بها. يعتبر وادي الحمام إحدى أهم المجاري المائية في المنطقة حيث يتم إستغلاله في السقي وكذلك ترمى فيه النفايات الصناعية بالإضافة إلى أنه من أهم الأودية التي تصب في سد زيت العنب. بالتوازي مع النمو السكاني السريع وكذلك النهوض في زمن قياسي بقطاع الزراعة والصناعة خلال العقود الأخيرة فإن وادي الحمام أصبح مفرغة حقيقية للنفايات الملوثة الغير مسموح برميها دون معالجة.

تهدف هذه الدراسة بالدرجة الأولى إلى تشخيص نوعية مياه هذا الوادي بسبب إستغلال مياهه في سقي الأراضي الزراعية على محور حمام أولاد علي - بوعاتي محمود وكذلك لأنه يعتبر من أهم الأودية التي تصب في سد زيت العنب الذي يستغل للسقي وكذلك للشرب دون إغفال تأثير النفايات الصناعية التي ترمى فيه وتأثيرها على نوعية مياهه.

لهذا الغرض تم أخذ عينات من المياه والرواسب من أربعة محطات خلال الفترة الزمنية التالية: 29 فيفري إلى 23 مارس 2016 كما أنه تم تحليل مخبري لهذه العينات وشمل العوامل الفيزيوكيماوية التالية:

. (PH, C.E, DCO, NO₂⁻, OPO₄⁻, NH₄⁺)

إن نتائج التحاليل خلال فترة المتابعة لم تكن مقلقة من حيث تلوث مياه رغم أن المحطات الأربعة كانت مواقع لرمي النفايات وذلك راجع إلى أن فترة المتابعة كانت في فصل الشتاء والذي تقل فيها خطورة التلوث رغم ذلك وبعد دراسة التحاليل تبين أن هناك تأثيرات لمياه الحمامات المعدنية وكذلك بعض المبيدات والأسمدة الزراعية على مياه الوادي دون نسيان النفايات الصناعية.

الكلمات المفتاحية: التلوث، المياه السطحية، الحمام، العوامل الفيزيوكيماوية، المبيدات.

Liste des Figures

Liste des figures

Figure	Page
Figure (1. 1) : Schéma représentatif du cycle de l'eau.....	03
Figure (1.2) : Les substances toxiques dans le milieu aquatique.....	13
Figure (1.3) : Les cyanobactéries.....	14
Figure (1.4) : La contamination de l'eau par nos déchets.....	17
Figure (1.5) : pH mètre.....	20
Figure (1.6) : oxymétrie portatif.....	22
Figure (1.7) : La balance.....	24
Figure (1.8) : Dessiccateur.....	24
Figure (1.9) : DBO mètre.....	26
Figure (1.10) : Réacteur.....	27
Figure (1.11) : Spectrophotomètre.....	27
Figure (2.1) : Métabolisme du sulfure d'hydrogène (H ₂ S).....	33
Figure (2.2) : Oxydation de l'azote ammoniacal.....	36
Figure (3.1) : Les endroits de prélèvement des eaux à analyser.....	45
Figure (3.2) : pH-mètre.....	46
Figure (3.3) : l'installation de mesurer de la D.C.O.....	48
Figure (3.4) : Variation du pH au point 1.....	56
Figure (3.5) : Variation de conductivité électrique au point 1.....	57
Figure (3.6) : Variation de DCO au point 1.....	58
Figure (3.7) : Variation de L'azote des nitrites au point 1.....	59

Liste des Figures

Figure (3.8) : Variation de L'Ortho phosphate au point 1.....	60
Figure (3.9) : Variation de L'azote ammoniacal NH_4^+ au point 1.....	62
Figure (3.10) : Variation du potentiel d'hydrogène pH au point 2.....	63
Figure (3.11) : Variation de conductivité électrique au point 2.....	64
Figure (3.12) : Variation de la DCO au point 2.....	65
Figure (3.13) : Variation de la NO_2^- au point 2.....	66
Figure (3.14) : Variation de l' OPO_4^- au point 2.....	67
Figure (3.15) : Variation de NH_4^+ au point 2.....	68
Figure (3.16) : Variation du pH au point 3.....	69
Figure (3.17) : Variation de la conductivité électrique au point 3.....	70
Figure (3.18) : Variation de la D.C.O au point 3.....	71
Figure (3.19) : Variation de NO_2^- au point 3.....	72
Figure (3.20) : Variation de l' OPO_4^- au point 3.....	73
Figure (3.21) : Variation de NH_4^+ au point 3.....	75
Figure (3.22) : Variation du pH au point 4.....	76
Figure (3.23) : Variation de conductivité électrique au point 4.....	77
Figure (3.24) : variation de DCO au point 4.....	78
Figure (3.25) : variation de NO_2^- au point 4.....	79
Figure (3.26) : variation d' OPO_4^- au point 4.....	80
Figure (3.27) : variation de NH_4^+ au point 4.....	81

Liste des Tableaux

Liste des Tableaux

Tableaux	Page
Tableau (1.1) : Classification des eaux en fonction du pH.....	19
Tableau (1.2) : Classes de turbidité usuelles (NTU, néphélobimétrie turbidité unit).....	21
Tableau (1.3) : Echelle de valeurs de DBO ₅	25
Tableau (2.1) : Rapport entre la conductivité et la minéralisation.....	32
Tableau (2.2) : Qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.....	42
Tableau (2.3) : Les valeurs indicatives extrêmes et moyennes des normes de rejet.....	42
Tableau (3.1) : Résultats des analyses physico-chimiques au 29/02/2016.....	51
Tableau (3.2) : Résultats des analyses physico-chimiques au 02/03/2016.....	52
Tableau (3.3) : Résultats des analyses physico-chimiques au 06/03/2016.....	52
Tableau (3.4) : Résultats des analyses physico-chimiques au 09/03/2016.....	53
Tableau (3.5) : Résultats des analyses physico-chimiques au 13/03/2016.....	53
Tableau (3.6) : Résultats des analyses physico-chimiques au 16/03/2016.....	54
Tableau (3.7) : Résultats des analyses physico-chimiques au 20/03/2016.....	54
Tableau (3.8) : Résultats des analyses physico-chimiques au 23/03/2016.....	55
Tableau (3.9) : Résultats du pH au cours du temps au point de prélèvement n°1.....	55
Tableau (3.10) : Résultats de la C.E au point de prélèvement n°1.....	57
Tableau(3.11) : Résultats d'analyse de la D.C.O au point de prélève.....	58
Tableau (3.12) : Résultats de la NO ₂ au point de prélèvement n°1.....	59
Tableau (3.13) : Résultats de l'OPO ₄ au point de prélèvement n°1.....	60
Tableau (3.14) : Résultats de NH ₄ ⁺ au point de prélèvement n°1.....	61

Liste des Tableaux

Tableau (3.15) : Résultats du pH obtenus au second lieu de prélèvement (P n°2).....	62
Tableau (3.16) : Résultats de la C.E au point de prélèvement n°2.....	63
Tableau (3.17) : Résultats de la D.C.O au point de prélèvement n°2.....	64
Tableau (3.18) : Résultats de NO_2^- au point de prélèvement n°2.....	65
Tableau (3.19) : Résultats de l'OPO_4^- au point de prélèvement n°2.....	66
Tableau (3.20) : Les valeurs de NH_4^+ obtenus au point de prélèvement n°2.....	67
Tableau (3.21) : Les résultats du pH au point de prélèvement n°3.....	69
Tableau (3.22) : Les résultats de la conductivité électrique au point de prélèvement n°3.....	70
Tableau (3.23) : Les résultats de D.C.O au point de prélèvement n°3.....	71
Tableau (3.24) : les résultats de NO_2^- au point de prélèvement n°3.....	72
Tableau (3.25) : les valeurs de l'OPO_4^- obtenues au point de prélèvement n°3.....	73
Tableau (3.26) : Les valeurs de NH_4^+ soutirées au point de prélèvement n°3.....	74
Tableau (3.27) : Les résultats du pH obtenus au point de prélèvement n°4.....	76
Tableau (3.28) : Les valeurs de la C.E obtenues au point de prélèvement n°4.....	77
Tableau (3.29) : Résultats de la D.C.O obtenus au point de prélèvement n°4.....	78
Tableau (3.30) : Les résultats de NO_2^- au point de prélèvement n°4.....	79
Tableau (3.31) : Les résultats de l'OPO_4^- au point de prélèvement n°4.....	80
Tableau (3.32) : Les résultats de NH_4^+ au point de prélèvement n°4.....	81

Sommaire

Sommaire

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

Chapitre I

1.1- Introduction	02
1.2- Le cycle de l'eau.....	02
1.3- Type de pollution.....	04
1.3.1 La pollution en milieu agricole.....	04
1.3.1.1 L'enrichissement des eaux par les substances nutritives.....	04
1.3.1.2 Les matières en suspension et la turbidité.....	05
1.3.1.3 L'oxygénation des cours d'eau.....	06
1.3.1.4 La contamination bactériologique.....	07
1.3.1.5 Les pesticides.....	07
1.3.2 La pollution d'origine urbaine.....	08
1.3.3 La pollution d'origine industrielle.....	10
1.4 Les causes de pollution.....	12
1.4.1 Les impacts des déjections animales utilisées comme fertilisant.....	12
1.4.2 Trop de phosphore dans l'eau.....	12
1.4.3. Les cyanobactéries.....	13
1.4.4 Trop de nitrates dans l'eau.....	14
1.4.5 Les produits pharmaceutiques dans l'eau.....	14
1.4.6 La contamination de l'eau par nos déchets.....	15
1.4.7 Les impacts négatifs des embarcations nautiques motorisés.....	18

Sommaire

1.5 Les paramètres de pollution.....	18
1.5.1 Température.....	18
1.5.2 Conductivité électrique.....	18
1.5.3 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	19
1.5.4 Turbidité.....	20
1.4.5 L'oxygène dissous (O ₂).....	21
1.5.6 Les matières en suspension (MES)	23
1.5.7 Les matières volatiles en suspension (MVS).....	25
1.5.8 Le carbone organique total (COT).....	25
1.5.9 La Demande Biochimique en Oxygène - 5 jours (D.B.O.5).....	25
1.5.10 La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O).....	26
1.5.11 Ions majeurs.....	28
1.6. Impact de la pollution.....	28
1.6.1. Sur le milieu naturel.....	28
1.6.2. Sur l'économie	28
1.6.3. Sur la santé.....	29
1.7 La pollution de l'eau et la santé humaine.....	29
1.8. Conclusion.....	30

Chapitre II

2.1 Introduction.....	31
2.2 Les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau.....	31
2.2.1 Le pH.....	31
2.2.2 La température.....	31
2.2.3 La Conductivité électrique.....	32

Sommaire

2.2.4 Les Solides Totaux Dissous (STD).....	32
2.2.5 Le sulfate.....	33
2.2.6 Le sulfure.....	33
2.2.7 Le Chrome.....	34
2.2.8 Les nitrates et nitrites.....	35
2.2.9 L'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	36
2.2.10 Les matières en suspensions (MES).....	37
2.2.11 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO).....	38
2.2.12 La Demande Chimique en Oxygène (DCO).....	40
2.3. Les normes de qualité des eaux.....	42
2.3.1 Normes de qualité des eaux brutes.....	42
2.4 Conclusion	43
 Chapitre III	
3.1 Introduction	44
3.2 Présentation de la zone de prélèvement.....	44
3.2.1 choix des Lieux du prélèvement.....	44
3.2.2 Echantillonnage et paramétré analysés.....	45
3.3 Méthodes et matériels utilisés.....	46
3.3.1 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	46
3.3.2 La conductivité électrique.....	47
3.3.3 La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O).....	47
3.3.4 L'azote des nitrites NO ₂ ⁻	49
3.3.5 L'Ortho phosphate OPO ₄ ⁻	50

Sommaire

3.3.6 L'azote ammoniacal NH_4^+	51
3.4 Les résultats d'analyse.....	51
3.5 Interprétations des résultats	55
3.5.1 Au premier point de prélèvement.....	55
3.5.2 Au second point de prélèvement.....	62
3.5.3 Au troisième point de prélèvement.....	68
3.5.4 Au quatrième point de prélèvement.....	75
3.6 Conclusion.....	82

Conclusion Général

References Bibliographies

INTRODUCTION



Introduction Générale

L'eau faisant partie de notre patrimoine collectif, il importe d'en assurer la pérennité et de favoriser l'amélioration ou la conservation de sa qualité au bénéfice de la collectivité et des générations futures. Les Pays de la rive Sud de la Méditerranée sont caractérisés par une situation de stress hydrique structurelle.

En Algérie, et d'après le rapport sur la gestion de la qualité de l'eau et des interventions possibles du (Mediterranean Environment Technical Assistance Programme), les ressources en eau de surface provenant des précipitations annuelles, sont estimées à 12 400 millions de m³, les ressources renouvelables en eau sont actuellement de l'ordre de 665 m³/an par habitant. On estime qu'environ 95 % des ressources en eau de surface se trouve au Nord tandis que seulement 5% des ressources sont au Sud.

Comme l'oued de Hammam (wilaya de Guelma) a été récemment construit et aucune étude sérieuse n'a été faite sur la qualité des eaux de cet oued.

A cet effet, des prélèvements d'échantillons d'eau et de sédiments ont été effectués au niveau de quatre stations en période de : 29 février – 23 mars. Ainsi, une analyse multidisciplinaire a concerné en particulier, les paramètres physico-chimiques (pH, C.E, DCO, OPO₄⁻, NH₄⁺ et NO₂⁻).

Dans cette optique, notre étude s'articulera principalement sur les chapitres suivants:

- Le premier chapitre, présente les types, les causes et conséquence de pollution des eaux de surface et les paramètres de pollution, enfin réelle la pollution d'eau et la santé humaine.
- Le deuxième chapitre, montre les caractéristiques physiques et chimiques des eaux de surface et les normes des eaux brutes et des eaux de rejet.
- Le Troisième chapitre, étale le choix des lieux de prélèvement, Echantillonnage et paramètres analysés, Méthodes et matériels utilisés, ensuite Les résultats d'analyse, enfin L'interprétations des résultats.

CHAPITRE I



Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

1.1 Introduction

La composition de l'eau de surface n'est jamais conforme à celle nécessaire à l'usage habituel, sur tant à la boisson c'est-à-dire, elle n'est jamais conforme aux normes de l'O.M.S.

Les eaux de surface sont exposées aux plusieurs types qui peuvent générer des conséquences de pollution.

Désastreuses sur la qualité de l'eau, c'est dans ce cadre que s'inscrit le premier chapitre de notre travail.

1.2 Le cycle de l'eau

La circulation continue de l'eau entre l'atmosphère et la terre constitue le cycle de l'eau ou le cycle hydrologique (Figure 1.1). Grâce aux rayons du soleil, l'eau peut passer à l'état gazeux et s'évaporer dans l'atmosphère. Ensuite, avec l'abaissement de la température, cette vapeur d'eau se transforme en fines gouttelettes (condensation), qui se maintiennent en suspension dans l'atmosphère pour former les différents types de nuages. Les gouttelettes d'eau s'agglutineront et grossiront jusqu'à ce qu'elles atteignent le poids critique qui causera leur chute. Selon les vents et le climat, l'eau retombera sous forme de pluie, de grêle ou de neige [1].

En tombant au sol, une partie de l'eau s'écoule à la surface des terres jusqu'aux ruisseaux, aux rivières et aux fleuves pour finalement rejoindre la mer; c'est le ruissellement. Plus la pente du terrain est prononcée et moins le sol est poreux, plus le volume du ruissellement sera important.

Le bassin hydrographique ou bassin versant d'un cours d'eau correspond en fait à l'ensemble du territoire drainé par ce dernier.

Une autre partie de l'eau tombée pénètre dans le sol par percolation et atteint les nappes d'eau souterraines, cette eau peut se déplacer verticalement ou horizontalement sous la surface de la terre jusqu'à ce qu'elle rejoigne des eaux de surface. L'eau qui a pénétré dans le sol peut aussi être captée par les racines des végétaux. Une partie de celle-ci est ensuite rejetée dans l'atmosphère par l'évapotranspiration qui se réalise au niveau des feuilles. Tout au long de

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

son parcours en surface, l'eau peut également se transformer en vapeur sous l'action du soleil et entreprendre un nouveau cycle [1].

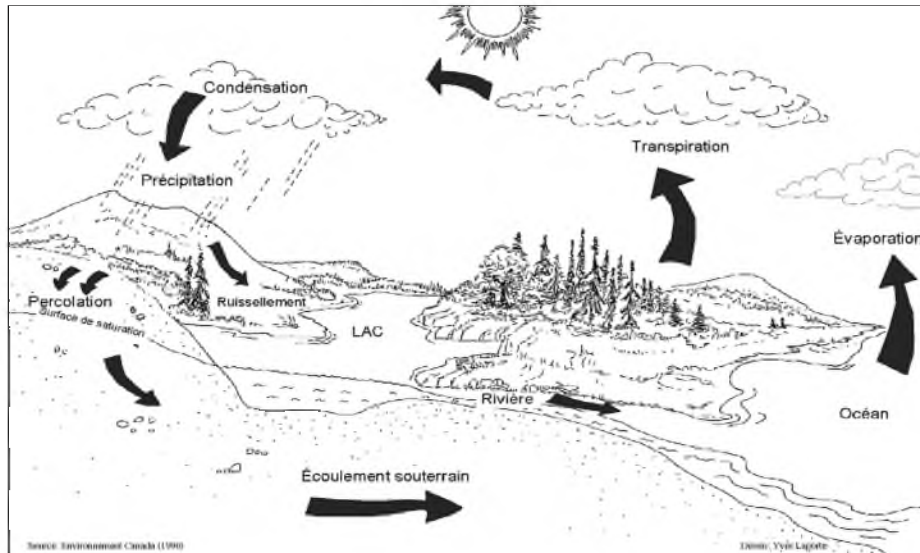


Figure (1. 1) : Schéma représentatif du cycle de l'eau [1]

Le cycle de l'eau crée évidemment un équilibre entre l'évaporation et les précipitations, en hiver une partie de l'eau est immobilisée sous forme de neige et de glace, plus tard, au moment de la fonte des neiges, d'immenses quantités d'eau sont libérées rapidement, ce qui provoque un important ruissellement, la crue printanière au pays comme le Canada et éventuellement des inondations [1].

L'eau érode à divers degrés les terres sur son passage. Lorsque la pente du cours d'eau s'adoucit, l'eau ralentit sa course et dépose des matériaux; ce phénomène se produit généralement près de l'embouchure. Le débit d'un cours d'eau, la vitesse de l'écoulement, la pente et le type de sol présent déterminent l'importance de l'érosion dans un tronçon de rivière [1].

Des variations importantes de débit sont observées de jour en jour, de saison en saison et d'année en année, car les précipitations, la fonte des neiges et les eaux souterraines contribuent toutes au débit. En plus de la fonte printanière, les pluies torrentielles peuvent entraîner des crues et des inondations [1].

L'étiage de nos cours d'eau, c'est-à-dire le plus bas niveau de leurs eaux, se produit généralement à la fin de l'été au Canada (les pays de l'extrême nord), lorsque le volume des

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

précipitations est peu élevé et que l'évapotranspiration est importante, de même qu'au cours de l'hiver, lorsque les précipitations sont sous forme de neige et de glace et que le ruissellement est nul [1].

1.3 Type de pollution

Toute action ou introduction volontaire, accidentelle ou naturelle de corps qui altèrent la qualité chimique, physique ou biologique de l'eau est appelée pollution [1].

1.3.1 La pollution en milieu agricole

Bien qu'il existe des sources ponctuelles de pollution, telles que les bâtiments et les structures d'entreposage des fumiers, la forme prépondérante de pollution en milieu agricole est diffusée. Ce type de pollution provient de l'ensemble du territoire et non d'un point unique identifiable [1].

Les différents polluants d'origine agricole ne peuvent donc pas être recueillis et traités ultérieurement dans une station d'épuration. Ils atteignent les cours d'eau par le ruissellement de surface ou par l'écoulement souterrain. L'intensification des cultures et le recours à certaines pratiques culturales, combinés à une utilisation excessive d'engrais et de pesticides, ont engendré une dégradation des sols et ont augmenté les phénomènes d'érosion et de transport vers les cours d'eau de divers contaminants [1].

1.3.1.1 L'enrichissement des eaux par les substances nutritives

Les territoires agricoles sont particulièrement sujets aux activités de fertilisation du sol afin de maximiser la production des cultures. L'épandage d'engrais, qu'ils soient d'origine organique (Fumier, lisier, etc.) Ou minérale, occasionne une augmentation dans le sol des concentrations en éléments nutritifs essentiels au développement des végétaux. Ces éléments nutritifs, tels que le phosphore, l'azote et le potassium, ne sont cependant pas entièrement utilisés par les végétaux cultivés, et une partie est emportée vers les ruisseaux et rivières par percolation et ruissellement [1].

Dans un cours d'eau en santé, les éléments nutritifs sont présents à de faibles concentrations et assurent une croissance normale des plantes aquatiques (macrophytes) et des micros algues

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

(Phytoplancton). Lorsque le phosphore devient trop abondant, il cause une croissance excessive des végétaux aquatiques. Ce processus d'enrichissement du milieu aquatique s'appelle eutrophisation [1].

L'accroissement des populations de macrophytes et de phytoplancton ainsi que la formation de tapis d'algues peuvent provoquer une diminution de la qualité esthétique des cours d'eau, affecter le goût et l'odeur de l'eau et modifier complètement la composition de la faune aquatique présente [1].

Une autre répercussion de la croissance excessive des plantes aquatiques et des algues est l'augmentation de la variation journalière de la concentration en oxygène dissous dans l'eau. Alors que la photosynthèse produit de l'oxygène durant le jour, la respiration des végétaux consomme de l'oxygène pendant la nuit. Plus le milieu est productif (c'est-à-dire plus la croissance et la densité des végétaux sont importantes), plus l'amplitude journalière de cette variation est grande et plus le risque d'atteindre de faibles concentrations en oxygène (hypoxie) pendant la nuit est élevé, ce qui peut être néfaste pour les poissons. Idéalement, l'oxygène dissous devrait être mesuré à l'aube, soit au moment où les concentrations risquent d'être le plus faibles [1].

La décomposition de la matière organique d'origine animale ou végétale par les bactéries consomme de l'oxygène et peut également engendrer des conditions potentiellement dommageables pour la faune aquatique. L'existence et la sévérité de tels épisodes dépendent de l'abondance de la matière organique à décomposer. En milieu affecté par des surplus d'engrais minéraux ou des surplus de fumier et de lisier, la matière organique est, règle générale, très abondante [1].

1.3.1.2 Les matières en suspension et la turbidité

Le faible couvert végétal des terres en culture, l'absence de barrières éoliennes, le compactage excessif du sol et le dénuement fréquent des rives des cours d'eau font des territoires agricoles un milieu particulièrement propice à l'érosion. Chaque année en Amérique du Nord, des millions de tonnes de terre arable sont perdues et exportées vers les cours d'eau, si bien que l'érosion est considérée comme un agent important de dégradation du milieu aquatique aux États-Unis et au Canada.

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

Lors d'événements de pluie et encore plus à la fonte des neiges, le transport, par ruissellement, de particules de terre vers les cours d'eau occasionne une augmentation des matières en suspension et de la turbidité.

Les matières en suspension peuvent causer une abrasion des branchies et affecter la respiration des poissons. Elles peuvent également, lorsqu'elles se déposent au fond, colmater le lit des ruisseaux et priver ainsi d'apport en oxygène les œufs des poissons. Une hausse des matières en suspension est généralement accompagnée d'une hausse de la turbidité, ce qui rend le traitement de l'eau pour fins d'approvisionnement en eau potable plus complexe et plus coûteux.

Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide [1].

1.3.1.3 L'oxygénation des cours d'eau

En milieu aquatique, l'oxygène est un élément essentiel pour les organismes vivants. La concentration en oxygène dans l'eau est la résultante de nombreux processus. Avant tout, la capacité de dissolution de l'oxygène est fonction de la température de l'eau. À saturation (à la suite d'un bon mélange qui permet la diffusion dans l'eau de l'oxygène présent dans

l'atmosphère), une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène qu'une eau chaude. Les concentrations en oxygène ne demeurent cependant pas nécessairement à leur point de saturation; elles subissent régulièrement des modifications occasionnées par les activités biologiques. La photosynthèse des végétaux produit de l'oxygène, si bien qu'en milieu productif (importante production primaire), les concentrations d'oxygène atteignent, pendant le jour, des valeurs bien au-dessus des taux de saturation dictés par la température [1].

La respiration est la principale cause de diminution de l'oxygène, qu'il s'agisse de la respiration des animaux (poissons, insectes, etc.) ou des plantes pendant la nuit, ou encore de la respiration bactérienne associée au processus de décomposition de la matière organique [1].

Ce dernier phénomène peut devenir particulièrement dommageable en milieu productif; l'abondance de matière organique d'origine animale ou végétale, stimulée par la grande disponibilité de nutriments, occasionne alors une activité bactérienne importante [1].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

Les processus biologiques décrits dans les paragraphes précédents sont également affectés par la température, puisque le métabolisme des organismes est plus actif à des températures élevées [1].

Il faut finalement ajouté que dans une rivière, la variation des concentrations en oxygène causée par la photosynthèse et la respiration est principalement rencontrée en zones calmes ou profondes [1].

En surface et en zone de rapides, le contact eau-atmosphère a tôt fait de ramener les concentrations en oxygène aux valeurs de saturation dictées par la température [1].

1.3.1.4 La contamination bactériologique

La présence de bactéries dans l'eau est un phénomène normal et constitue un aspect primordial de la décomposition de la matière organique et du recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique. Cependant, lorsque le milieu reçoit des déjections d'origine animale ou humaine, le nombre et le type de bactéries présentes peuvent rendre l'eau non appropriée pour certaines activités.

Ces bactéries, appelées coliformes fécaux, proviennent du tube digestif des mammifères et sont de bons indicateurs de la présence potentielle d'organismes pathogènes pouvant causer des problèmes de santé (gastro-entérites, dermatites, etc.).

Des concentrations trop élevées en coliformes fécaux peuvent compromettre la baignade et la pratique sécuritaire d'activités nautiques impliquant un léger contact avec l'eau (Canotage, pêche à gué, etc.). Le rejet d'eaux usées domestiques non traitées, les débordements des réseaux d'égouts par temps de pluie, de même que l'épandage de fumier et de lisier sont les sources principales de contamination bactériologique [1].

1.3.1.5 Les pesticides

L'utilisation des pesticides est très répandue en milieu agricole; en 1992, 78 % des pesticides vendus au Québec étaient destinés au secteur agricole. À elle seule, la culture du maïs monopolise 50 % des ventes de pesticides. Il est important de noter que le type de pesticides utilisés ainsi que la période et le mode d'application sont différents d'une culture à l'autre.

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

Dans la culture du maïs par exemple, les produits dont on fait usage sont surtout des herbicides (ex. : atrazine, métolachlore, décampa, etc.). Pour les légumes, on a autant recours aux herbicides, aux insecticides qu'aux fongicides. Dans les vergers, les fongicides, insecticides et acaricides sont les plus employés.

Les pesticides peuvent atteindre les plans d'eau et la nappe souterraine par ruissellement et lessivage. Parce que leur usage est généralisé, notamment pour la culture du maïs, et qu'ils sont appliqués sur un sol nu au printemps, les herbicides risquent davantage d'atteindre les cours d'eau. Le risque est accru lorsqu'une pluie intense survient peu après l'épandage.

Les insecticides et fongicides sont habituellement appliqués plus tard au cours de l'été, lorsque le feuillage des cultures est plus développé.

Selon leurs concentrations dans l'eau, les pesticides peuvent affecter les différentes composantes de la chaîne trophique aquatique (végétaux, insectes, poissons, etc.). Plusieurs sont détectés dans les cours d'eau en concentrations qui dépassent les critères de qualité de l'eau établis pour la protection de la vie aquatique. Les pesticides peuvent également altérer la qualité de l'eau destinée à l'approvisionnement en eau potable et constituer un risque pour la santé humaine [1].

1.3.2 La pollution d'origine urbaine

En milieu urbain, les sources de pollution sont facilement identifiables : ce sont essentiellement les effluents des usines d'épuration, les émissaires pluviaux ou encore les émissaires de débordement des réseaux d'égouts.

La pollution diffuse urbaine, qui provient du ruissellement de surface, se trouve en très grande partie canalisée et rejetée au cours d'eau de façon ponctuelle.

Quatre types de réseau de collecte des eaux peuvent exister parmi eux :

le réseau pluvial, qui ne transporte que les eaux de ruissellement de surface vers le cours d'eau, le réseau d'égouts unitaire qui transporte un mélange des eaux usées domestiques et des eaux pluviales, le réseau pseudo-séparatif, dans lequel les eaux usées domestiques se mélangent aux eaux pluviales en provenance des drains de toiture et des drains de fondation, et le réseau d'égouts sanitaire, qui ne transporte que des eaux usées domestiques.

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

Dans nos zones urbaines, l'imperméabilisation de grandes surfaces (rues, stationnements, toitures) a augmenté considérablement le volume des eaux de ruissellement qui doit être évacué par les réseaux de collecte.

Malheureusement, lors d'événements pluviaux, les réseaux de type unitaire ou pseudo séparatif ne peuvent acheminer à la station d'épuration toutes les eaux de ruissellement et les eaux usées domestiques, c'est pourquoi des conduites de débordement sont nécessaires pour évacuer les surplus d'eau afin d'éviter tout refoulement vers les résidences et garantir un fonctionnement adéquat de la station d'épuration.

Les eaux de débordement des réseaux d'égouts unitaires et pseudo-séparatifs, quoiqu'elles puissent être de qualité très variable, sont généralement fortement contaminées. Elles le sont d'abord par les eaux usées domestiques mais aussi par les matières solides et dissoutes apportées par le ruissellement sur les surfaces urbaines.

Pour certains paramètres (tels que les matières en suspension et certains métaux), elles peuvent même présenter des concentrations jusqu'à dix fois supérieures à celles rencontrées dans les eaux usées domestiques en temps sec.

Étant donné que le volume de ces eaux est généralement considérable, les quantités de polluants rejetées au cours d'eau peuvent être importantes. Les débordements s'effectuent souvent sur de courtes périodes mais peuvent contaminer les eaux réceptrices pour plusieurs jours.

Les eaux de débordement sont habituellement perceptibles visuellement lorsqu'elles sont rejetées au cours d'eau, en raison de leur turbidité et de la présence de débris sanitaires.

Les eaux de débordement provenant des réseaux d'égouts contiennent aussi une flore microbienne importante et diversifiée.

Cette contamination bactérienne est très variable mais, dans les cas extrêmes, elle peut atteindre plusieurs millions de coliformes fécaux par 100 ml.

Les eaux pluviales peuvent également présenter une contamination bactérienne importante provenant de déjections animales (qui atteignent les émissaires pluviaux par ruissellement) ou de raccordements illicites d'égouts domestiques.

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

Bien que la pollution d'origine agricole soit une source importante des substances nutritives (Azote et phosphore) retrouvées dans les cours d'eau, la pollution d'origine urbaine est également responsable de l'enrichissement des eaux par ces substances. En effet, en plus de se retrouver dans les déjections humaines et animales, l'azote et le phosphore sont utilisés dans les fertilisants épandus sur les gazons et dans les jardins, de même que dans de nombreux produits de nettoyage.

Même si les eaux usées sont traitées avant leur rejet au cours d'eau, le processus de traitement n'élimine pas complètement le phosphore. Lors des débordements survenant par temps de pluie, les eaux de surverse peuvent être une source majeure de substances nutritives. Les émissaires des stations d'épuration de même que les émissaires de débordement rejettent également des quantités appréciables de matière organique et d'azote ammoniacal.

La décomposition de la matière organique par les bactéries consomme de l'oxygène et peut engendrer des conditions potentiellement dommageables pour la faune aquatique.

L'existence et la sévérité de tels épisodes dépendent de l'abondance de la matière organique à décomposer et du débit de l'effluent par rapport au débit du cours d'eau. En milieu affecté par des rejets urbains matière organique est, règle générale, plutôt abondante mais, étant donné qu'elle se décompose sous l'action bactérienne, son impact sur le cours d'eau diminue assez rapidement à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet. Les effets seront donc essentiellement perceptibles dans le panache des effluents urbains, c'est-à-dire dans la zone directement affectée par le rejet [1].

Le même phénomène se produit pour l'azote ammoniacal : l'impact de son rejet dans un cours d'eau diminue assez rapidement à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet. Sous l'action bactérienne, ce composé, qui est toxique pour la faune aquatique à partir d'une certaine concentration, est en effet converti en nitrites et en nitrates, qui sont des composés beaucoup moins toxiques [1].

1.3.3 La pollution d'origine industrielle

Les établissements industriels ont des productions très diverses (aliments, vêtements, pâte à papier, produits chimiques, etc.) et rejettent plusieurs types d'eaux usées, dont le volume et le degré de contamination sont très variables. Règle générale, on distingue les eaux

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

de procédé, qui sont le plus souvent contaminées puisqu'elles entrent dans le processus de fabrication même, les eaux de refroidissement, plus ou moins contaminées, les eaux sanitaires et, dans certains cas, les eaux pluviales.

Les caractéristiques des eaux de procédé sont directement fonction du type d'industrie : certaines industries n'en génèrent carrément pas ou très peu, comme les industries de confection de vêtements, alors que d'autres en produisent des volumes considérables, comme les fabriques de pâtes et papiers.

La contamination des eaux de procédé varie aussi avec le type d'industrie : la fabrication d'aliments engendre des contaminants organiques, alors que la confection d'une multitude de produits de consommation génère surtout des contaminants inorganiques, tels que les métaux.

Pour un même contaminant, le taux d'émission est variable selon la production industrielle : la fabrication d'une tonne de pâte à papier produit environ 50 kilogrammes de DBO5 (effluent brut), tandis que la transformation d'une tonne de pommes de terre en génère de 10 à 20 kilogrammes [1].

L'existence d'eaux de procédé et leur degré de contamination sont donc reliés au type de production industrielle.

La taille des entreprises est également un critère à considérer. Pour un même type d'industrie, il existe des relations entre l'importance de l'entreprise, qui peut être exprimée en termes de volume de production, de nombre d'employés, de chiffre d'affaires, etc., et la quantité de ses rejets. Même si on ne peut pas toujours établir de proportionnalité directe, cet indicateur est intéressant [1].

Il est également utile de tenir compte du lieu de rejet des eaux usées : dans un réseau d'égouts qui aboutit à une station d'épuration (rejet « en réseau ») ou encore dans l'environnement (rejet « hors réseau »).

Le rejet dans l'environnement peut se faire sous deux formes, soit directement dans des eaux de surface, soit par l'entremise d'installations septiques. Cette dernière solution se

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

rencontre seulement lorsque les volumes d'eaux usées sont très faibles; celles-ci s'infiltrent alors généralement dans le sol [1].

1.4 Les causes de pollution

1.4.1 Les impacts des déjections animales utilisées comme fertilisant

Les déjections animales ont de tout temps été utilisées comme fertilisant, et cela est très bien. Le problème aujourd'hui est que la production animale est si élevée que les producteurs se retrouvent avec un excès de déjections et qu'ils en épandent trop sur les sols.

Quand il y en a trop, le sol et les plantes ne peuvent pas les absorber, et les éléments fertilisants partent alors avec la pluie et se retrouvent dans les cours d'eau. L'eau contient donc des excédents de phosphore, de nitrates et même de résidus des médicaments donnés aux animaux [2].

1.4.2 Trop de phosphore dans l'eau

Dans la majorité de nos lacs et rivières, la croissance des algues et des plantes est limitée par le phosphore.

Les excédents de phosphore qui se retrouvent dans les milieux aquatiques constituent donc la cause directe de l'eutrophisation des cours d'eau, c'est-à-dire de la croissance excessive des plantes aquatiques et des algues.

Cela peut avoir de nombreux effets néfastes, parmi lesquels l'augmentation de la turbidité de l'eau, une diminution de l'aspect esthétique et la réduction des activités de loisirs.

Certaines algues (des algues bleues ou cyanobactéries) peuvent produire des substances qui intoxiquent le zooplancton, les poissons, les oiseaux aquatiques, le bétail et les humains. Présentes à forte densité, les algues font augmenter les coûts de traitement de l'eau potable et donnent à l'eau une mauvaise odeur et un mauvais goût. Les derniers résultats disponibles sur le site Internet du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (MDDEP) démontrent que la plupart des stations des bassins versants à vocation agricole ont affiché des taux de phosphore de deux à trois fois supérieurs au critère établi pour la protection de la vie aquatique [2].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

La figure (1.2) d'illustre les substances toxiques dans le milieu aquatique.



Figure (1.2) : Les substances toxiques dans le milieu aquatique [2]

1.4.3. Les cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des bactéries qui possèdent des pigments dans leur cellule leur permettant de faire de la photosynthèse, d'où leur appellation d'algues bleues [2].

Elles sont microscopiques, de sorte qu'il n'est pas possible de les voir lorsqu'elles sont en faible quantité. Cependant, lorsque les conditions appropriées sont réunies, les cyanobactéries se multiplient jusqu'à être visibles facilement à l'œil nu. On parle alors de fleur d'eau de cyanobactéries [2].

L'apparence des fleurs d'eau varie selon les espèces de cyanobactéries et les conditions environnementales : elles peuvent ressembler à une soupe au brocoli, à une purée de pois ou encore à un déversement de peinture lorsqu'elles forment de l'écume en bordure de la rive [2].

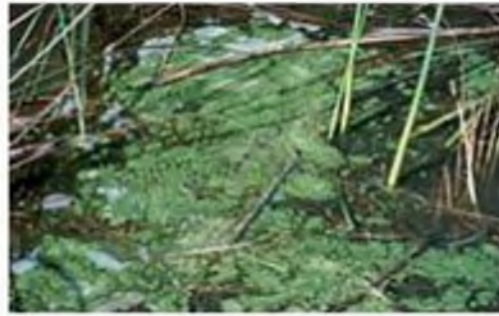


Figure (1.3) : Les cyanobactéries [2]

1.4.4 Trop de nitrates dans l'eau

En 2005, plusieurs ministères québécois ont mené une étude visant à mieux connaître les risques à la santé causés par les nitrates et les agents pathogènes dans les zones en surplus de fumier.

Un lien significatif a été établi entre la présence de nitrates dans l'eau des puits privés et le fait que ces puits se trouvent en zone agricole intensive.

Et, puisque la contamination des puits privés par des microorganismes et les nitrates peut occasionner certains problèmes de santé, les auteurs de l'étude ont mentionné qu'il serait important d'utiliser des moyens efficaces pour inciter la population en milieu rural à surveiller davantage la qualité de l'eau des puits privés. Il serait également important de réduire à la source les risques de contamination [2].

1.4.5 Les produits pharmaceutiques dans l'eau

Certaines études ont démontré que des produits pharmaceutiques couramment utilisés en production agricole (en production porcine notamment) et retrouvés dans l'eau (hormones, antibiotiques, médicaments, etc.) agiraient comme perturbateurs endocriniens, ce qui peut avoir des conséquences graves pour la santé [2].

Tant que l'utilisation de produits chimiques ne sera pas mieux contrôlée, et tant que la production agricole continuera d'augmenter au Québec, il est certain que les quantités de produits pharmaceutiques présents dans l'eau des rivières continueront de croître et les risques à la santé humaine aussi [2].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

contrôlée, et tant que la production agricole continuera d'augmenter au Québec, il est certain que les quantités de produits pharmaceutiques présents dans l'eau des rivières continueront de croître et les risques à la santé humaine aussi [2].

1.4.6 La contamination de l'eau par nos déchets

Depuis plusieurs décennies, une des priorités dans les pays industrialisés est de satisfaire nos besoins de consommation sans cesse croissants. Cela signifie non seulement l'extraction et la transformation de très grandes quantités de ressources naturelles souvent non renouvelables, mais également des problèmes de pollution, parmi lesquels la pollution des eaux, les changements climatiques, la contamination et l'érosion des sols, la dégradation des écosystèmes et la diminution de la biodiversité [2].

Sans compter qu'une fois que la vie active des biens de consommation est terminée, il faut s'en débarrasser. Or, l'enfouissement des déchets entraîne des problèmes de contamination des eaux, que ce soit par des produits chimiques utilisés dans la fabrication de nos biens de consommation ou par divers composés organiques [2].

Prenons le cas, par exemple, des différents produits domestiques dangereux tels que certains produits de nettoyage, des solvants ou des piles. Une fois enfouis, ces produits vont invariablement contaminer les eaux à proximité et, s'il y a circulation d'eau, la contamination peut atteindre les nappes d'eau souterraines ou encore les lacs et rivières.

Tous les produits d'emballage en plastique constituent également un autre exemple. Pensons notamment à toutes les bouteilles d'eau et de jus qui sont utilisées puis jetées. Nombre de ces bouteilles sont constituées d'un plastique appelé polyéthylène téréphtalate.

le plastique prend environ 1000 ans à se décomposer dans le sol, et pendant tout ce temps sa lente dégradation dégage des phthalates et d'autres substances toxiques.

Par ailleurs, les activités d'enfouissement peuvent occasionner des conflits d'usage entre les différents utilisateurs d'une région. Par exemple, dans son rapport portant sur l'agrandissement du lieu d'enfouissement de St-Thomas (2005), le BAPE a indiqué que le pompage d'un volume important d'eau souterraine, nécessaire pour maintenir à sec les matières résiduelles enfouies à une grande profondeur dans le sous-sol, ajouterait une pression

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

indue sur la nappe phréatique de bonne qualité qui alimente les citoyens et les agriculteurs du voisinage depuis plusieurs décennies [2].

En mai 2005, le gouvernement du Québec a adopté le règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles, entré en vigueur en 2006. Ce règlement a pour objet de prescrire quelles matières résiduelles sont admissibles dans les installations d'enfouissement, les conditions dans lesquelles celles-ci doivent être aménagées et exploitées ainsi que, le cas échéant, les conditions applicables à leur fermeture et à leur gestion post fermeture.

Par contre, le gouvernement a également adopté, toujours en 2005, le projet de loi 107, Loi modifiant la loi sur la qualité de l'environnement (bien qu'adoptée, cette loi n'était pas encore entrée en vigueur en septembre 2006) [2].

Cette loi permet d'exiger, pour l'obtention d'un certificat d'autorisation pour un lieu d'enfouissement, des normes différentes de celles prescrites par règlement.

Dans son mémoire portant sur le projet de loi 107, le front commun québécois pour une gestion écologique des déchets présente sa crainte qu'une telle possibilité de déroger au règlement puisse servir à autoriser un lieu d'enfouissement qui autrement ne répondrait pas aux critères du règlement.

Le projet de loi 107 permet également au gouvernement de soustraire un projet de lieu d'enfouissement à l'application de la procédure d'évaluation et d'examen des impacts sur l'environnement. Ce qui apparaît, pour le front commun québécois pour une gestion écologique des déchets, inacceptable.

Une autre des causes de contamination des eaux dans les lieux d'enfouissement est l'importante présence de matière putrescible, comme par exemple les restes de table.

Lorsque ces matières putrescibles sont enfouies, il y a fermentation en absence d'oxygène, ce qui dégage des composés organiques qui migrent avec les eaux qui circulent à travers les déchets (les eaux de lixiviation) et qui contaminent les eaux de surface et les eaux

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

souterraines, au point de les rendre impropres à la consommation et parfois même à la vie aquatique [2].

En plus, cette fermentation en absence d'oxygène produit des gaz à effet de serre, dont le méthane.

Outre la réduction de la consommation, la solution aux problèmes de pollution entraînés par l'enfouissement des déchets consiste à gérer sagement les matières résiduelles, afin de donner une deuxième vie aux produits ou à leurs composantes par la réutilisation et le recyclage tout en réduisant l'utilisation de nouvelles ressources naturelles [2].



Figure (1.4) : La contamination de l'eau par nos déchets [2]

1.4.7 Les impacts négatifs des embarcations nautiques motorisés

Les moto marines sont des engins aquatiques propulsés par une turbine, c'est-à-dire que l'hélice propulsant l'embarcation est encastrée à l'intérieur de la coque. Les moto marines occasionnent de nombreux problèmes non seulement au niveau de la pollution de l'eau, mais également au niveau de la sécurité sur les plans d'eau (nombreux accidents) et au niveau du bruit [2].

1.5 Les paramètres de pollution

1.5.1 Température

La température de l'eau est un paramètre de confort pour les usagers. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau.

La température doit être mesurée in situ. Les appareils de mesure de la conductivité ou du pH possèdent généralement un thermomètre intégré [3].

1.5.2 Conductivité électrique

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement. La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau.

La conductivité est également en fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en terme de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Les appareils de mesure utilisés sur le terrain effectuent en général automatiquement cette conversion.

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain, la procédure est simple et permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau.

Comme la température, des contrastes de conductivité permettent de mettre en évidence des pollutions, des zones de mélanges ou d'infiltration. La conductivité est également l'un des moyens de valider les analyses physico- chimiques de l'eau : la valeur mesurée sur le terrain doit être comparable à celle mesurée au laboratoire [3].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

1.5.3 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions d'hydronium H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie [3].

Le tableau (1.1) donne la classification des eaux en fonction du pH.

Tableau (1.1) : Classification des eaux en fonction du pH [3]

pH < 5	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
5,5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH = 8	Alcalinité forte, évaporation intense

1.5.3.1 Appareils de mesure du pH

Utilisé pour mesurer le pH s'appelle à électrode combinée

1.5.3.2 Mode opératoire

a) Etalonnage de l'appareil

- Allumer le pH Mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bêcher, la solution tampon pH = 7
- Régler l'agitation à faible vitesse.

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7
- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 ou pH = 4
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

b) Dosage de l'échantillon

- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.

Puis noter le pH.



Figure (1.5) : pH mètre [6].

1.5.4 Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...). Les désagréments causés par une turbidité auprès des usagers sont relatifs car certaines populations sont habituées à consommer une eau plus ou moins trouble et n'apprécient pas les qualités d'une eau très claire. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension. La turbidité se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre [3].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

Le tableau (1.2) Classe l'eau selon les usuelles de la turbidité.

Tableau (1.2) : Classes de turbidité usuelles (NTU, néphélogétrie turbidité unit) [3].

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

1.4.5 L'oxygène dissous (O₂)

L'oxygène représente environ 35 % des gaz dissous dans l'eau. Les teneurs en oxygène sont déterminées principalement par :

- La respiration des organismes aquatiques ;
- L'oxydation et la dégradation des polluants ;
- L'activité photosynthétique de la flore ;
- Les échanges avec l'atmosphère.

Ces derniers sont fonction de la température de l'eau et de l'air, de la pression atmosphérique et de la salinité de l'eau. Les résultats sont exprimés soit en teneur en oxygène dissous (mg/l), soit en pourcentage de saturation.

Ce dernier exprime le rapport entre la teneur effectivement présente dans l'eau et la teneur théorique correspondant à la solubilité maximum pour une température donnée.

Le stock d'oxygène dans l'eau est très limité et par conséquent très fragile. La rivière peut être comparée à un milieu confiné ; si les êtres vivants sont trop nombreux (par exemple des proliférations végétales liées à l'eutrophisation) ou si les polluants biodégradables trop concentrés comme c'est souvent le cas dans l'Orge, le stock d'oxygène peut être rapidement consommé par la respiration et les oxydations, et entraîner de nombreuses mortalités parmi les organismes vivants [4].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

a) Principe de mesure de l'oxygène dissous

L'opération consiste à mesurer l'oxygène dissous par l'oxymétrie comme appareil spécifique.

La photo représentée sur la figure (1.6) est un oxymétrie.



Figure (1.6) : oxymétrie portatif [6].

b) Appareillage utilisée

- Bécher de 400ml ;
- Oxymétrie portatif ;
- L'eau à analyser ;
- L'eau distillée ;

c) Mode opératoire

- Rincer l'électrode d'abord avec de l'eau distillée ;
- Immerger l'électrode dans l'échantillon ;
- Faire la lecture après la stabilisation d'oxydation dissous à l'oxymétrie.

1.5.6 Les matières en suspension (MES)

Les MES sont constituées de toutes les particules organiques ou minérales véhiculées par les eaux. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues) [4].

a) Appareil utilisé

- Etuve.
- Température : 105 °C.
- Matériels: Fiole, capsules, filtres, rampe de filtration, balance, dessiccateur.

b) Mode opératoire

- Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.
- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 100 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai de 100 ml, placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (100 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105 °C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre.

***Formule :** $M.E.S = (P1 - P2) \times 1000000 / 100 = (P1 - P2) \times 10000$

Avec :

P1 : Poids de filtre en vide.

P2 : Poids de filtre en plein



Figure (1.7) : photo de la balance utilisée [6]



Figure (1.8) : photo Dessiccateur [6].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

1.5.7 Les matières volatiles en suspension (MVS)

Les matières volatiles sèches qui présente une partie des MES, c'est la différence entre les MES et les résidus [4].

1.5.8 Le carbone organique total (COT)

La mesure du carbone organique total permet de donner une indication directe de la charge organique d'une eau.

Les composés organiques sont d'une part les protéines, les lipides, les glucides et les substances humiques et d'autre part, les substances organiques carbonées élaborées ou utilisées par l'industrie chimique, pharmaceutique, pétrolière [4].

1.5.9 La Demande Biochimique en Oxygène - 5 jours (D.B.O.5)

L'effet principal d'un apport de matières organiques dégradables dans le milieu naturel est la consommation d'oxygène qui en résulte. En effet, la présence de microorganismes dans les eaux permet la dégradation en éléments plus simples, de certaines substances plus complexes d'origine naturelle (végétaux ou animaux morts) ou artificielles (eaux usées).

Or, cette activité de dégradation ou autoépuration, est consommatrice d'oxygène. Il a alors semblé naturel d'évaluer cette pollution organique en quantité d'oxygène demandée.

La D.B.O₅ exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques, avec le concours des microorganismes, dans des conditions données et sur une période fixée à cinq jours [4].

Le tableau (1.3) donne la qualité de l'eau en fonction de la D.B.O₅

Tableau (1. 3) : Echelle de valeurs de DBO₅

Situation	La concentration DBO ₅ (mg/l d'O ₂)
Eau naturelle pure et vive	DBO ₅ <1
Rivière légèrement polluée	1 < DBO ₅ < 3
Egout	100 < DBO ₅ < 400
Rejet de station d'épuration efficace	20 < DBO ₅ < 40

a) Appareillages

- Matériel courant de laboratoire.
- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 150 ml.
- Enceinte réglable à 20° C.
- Matériel nécessaire pour le passage de l'oxygène dissous

b) Mode opératoire

L'échantillon est placé sous agitation dans un flacon incubateur hermétiquement relié à manomètre à mercure lors de la biodégradation des matières organiques. Les microorganismes consomment l'oxygène de l'air contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au dessus de l'échantillon.

Cette dépression est transmise au manomètre à mesure et la consommation en oxygène et lue sur l'échelle monométrique.



Figure (1.9) : DBO mètre [6]

1.5.10 La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O)

La D.C.O est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables dans des conditions de l'essai.

Contrairement à la D.B.O₅ où l'oxydation se fait lentement par l'activité des microorganismes, l'oxydation, pour la mesure de la D.C.O., est provoqué à l'aide d'un oxydant (bichromate de potassium) et des conditions données (ébullition, catalyseur, ...).

Alors que la D.B.O₅ ne mesure que la matière organique naturellement et rapidement dégradable.

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

C'est pourquoi les valeurs de D.C.O. sont nécessairement supérieures aux valeurs de D.B.O₅. Le rapport DCO-DBO₅ permet d'évaluer le caractère biodégradable de la matière organique [4].

a) Appareillages utilisés pour mesurer la D.C.O

- Spectrophotomètre DREL / 820
- Adaptation de tube DCO sur DREL / 820 jaugée 2,00 ml Poire à pipete.

b) Réactifs

Produit chimie de la DCO sur une bouteille (tube de réactif DCO)

c) Mode opération

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Placer le tube bouché dans le réacteur DCO et chauffer deux heures à 150 °C.
- Lire la DCO directement avec un colorimètre ou Spectrophotomètre.



Figure (1.10) : Réacteur [6]



Figure (1.11) : Spectrophotomètre

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

1.5.11 Ions majeurs

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment les ions majeurs. On distingue les cations : calcium, magnésium, sodium et potassium, et les anions : chlorure, sulfate, nitrate et bicarbonate [3].

1.6. Impacts de la pollution

1.6.1. Sur le milieu naturel

L'incidence des rejets sur notre environnement peut être appréciée au regard des élévations de températures, des modifications du pH, des consommations d'oxygène du milieu ainsi que des effets spécifiques inhérents à chaque polluant. Ceci conduit à la modification de l'équilibre des écosystèmes décrit.

Les modifications de température et de pH, perturbent le développement normal de la faune et de la flore. Le rejet de matière organique entraîne une surconsommation d'oxygène par les micro-organismes et en prive d'autant les poissons.

Les matières en suspension conduisent aussi au colmatage des branchies des poissons, les rejets d'azote et de phosphore favorisent l'eutrophisation des lacs [5].

1.6.2. Sur l'économie

Il faut se rendre compte que dépolluer reste encore actuellement une activité de riches.

Personne ne peut nier l'absolue nécessité de prendre en compte notre environnement. En France comme dans les pays développés, à la plus part des collectivités et les industries prennent en charge leurs rejets.

En certaines périodes de l'année, la prolifération d'algues qui viennent s'échouer et pourrir sur les côtes de la Manche conduit à des nuisances qui perturbent fortement l'activité touristique de ces régions... Cette prolifération est attribuée aux rejets de polluants azotés et phosphorés locaux ou d'ailleurs. Le maintien de l'activité touristique implique l'élimination de ces nuisances. Ceci représente un coût et un manque à gagner important. Comme c'est souvent le cas, le secteur qui est à l'origine de la pollution n'est pas le secteur qui en subit les conséquences [5].

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

1.6.3. Sur la santé

Les maladies liées à la présence d'éléments pathogènes ou de molécules toxiques sont très répandues. Les parasitoses d'origine hydrique dominent très largement la pathologie des habitants du tiers monde :

- Paludisme (un million de décès par an, 100 à 150 millions de cas annuels dont 90% en Afrique, et 300 millions de porteurs de parasites),
- Filaires (maladie due à un vers injecté par des moustiques sous les climats chauds et humides),
- Le choléra, du aux vibrions cholériques présent dans les eaux souillées,
- L'hépatite A (due à un virus présent aussi dans les eaux polluées)
- Et les autres comme les dysenteries d'origines parasitaires, bactériennes et virales aux conséquences qui peuvent être très grave chez le jeune enfant.

Les métaux lourds comme le mercure, le plomb, le cadmium, le cuivre..... présentent la particularité de se concentrer dans la chaîne biologique. Ils ne sont pas dégradables, leur présence est donc rémanente. Ils conduisent à des pathologies diverses en fonction de leurs natures, pathologies qui peuvent être très graves, voire mortelles [5].

1.7 La pollution de l'eau et la santé humaine

Notre société de consommation s'est bien souvent développée au détriment de la qualité de l'eau. Or, une eau contaminée peut avoir des impacts négatifs importants sur notre santé. L'eau souterraine de la municipalité de Roxton Pond (Montérégie), notamment, est contaminée par des produits toxiques cancérigènes tels que le plomb, le mercure, l'arsenic et les hydrocarbures [2].

En 2001, le gouvernement canadien a interdit aux résidents de Roxton Pond de consommer ou de toucher à l'eau de leur robinet. Jusqu'à ce qu'une entente soit récemment conclue avec la compagnie américaine Stanley qui est attribuée la contamination, les citoyens ont dû s'abreuver avec des cruches d'eau[2].

Plusieurs études s'attardent à découvrir les impacts sur la santé des produits toxiques contenus dans l'eau. Par exemple, depuis une quinzaine d'années, une dizaine d'études épidémiologiques dans divers pays ont mis l'accent sur un rôle probable de l'aluminium présent dans l'eau de consommation sur l'incidence de la maladie d'Alzheimer.

Cet aluminium viendrait notamment de certains traitements que l'on fait subir aux eaux de surface avant qu'elles ne soient distribuées aux consommateurs. Ça fait longtemps, en

Chapitre I : types, causes et conséquences de la pollution des eaux de surface

fait depuis les années 1920, que la toxicité de l'aluminium pour le système nerveux a été mise en évidence.

Pourtant, plusieurs systèmes de traitement de l'eau continuent d'avoir recours aux sels d'aluminium, bien que des alternatives existent et soient déjà fréquemment utilisées. Voilà une belle occasion ratée d'agir avec prévention et précaution...

Finalement, la richesse du Québec et du Canada en eau douce est menacée par de sérieux problèmes de pollution. Que ce soit les épisodes de cyanobactéries de l'été 2006, les déversements d'hydrocarbures pétroliers, les rejets d'eaux usées de résidences non raccordées au système d'égout, ce ne sont malheureusement pas les exemples qui manquent.

Oui, les politiques gouvernementales mettent de plus en plus l'accent sur la réglementation des produits toxiques et sur la détection précoce, mais il reste que chacun d'entre nous agit afin de prévenir la pollution.

Il s'agit simplement de la réduire à la source en modifiant nos pratiques et nos habitudes de Consommation [2].

1.8. Conclusion :

Les eaux de surface sont exposées aux plusieurs types. la détermination du degré de pollution basé sur des paramètres globaux applicables quel que soit l'origine de l'eau.

L'impact de la pollution sur le milieu naturel, l'économie, la santé était également notre cible dans cette partie.

CHAPITRE II



2.1 Introduction

Nous allons présenter dans ce chapitre les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau et les normes des eaux brutes et des eaux de rejets.

2.2 Les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau

2.2.1 Le pH

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

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



Les eaux très calcaires ont un pH élevé et celles provenant des terrains pauvres en calcaire ou siliceux ont un pH voisin de 7.

Le traitement de l'eau de boisson peut modifier sensiblement la concentration de l'ion hydrogène, de plus lorsque le pH est supérieur à 8, il y a diminution progressive de l'efficacité de la décontamination microbienne par le Chlore [7].

Le pH est un paramètre important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. Il intervient dans ces phénomènes avec d'autres paramètres comme la dureté, l'alcalinité, la température... Le pH est un indicateur de la qualité de l'eau [7].

2.2.2 La température

L'OMS donne une valeur guide concernant la température la limite acceptable est 25°C. La température de l'eau n'a pas d'incidence directe sur la santé de l'homme

Lorsqu'elle est élevée la température s'accompagne d'une modification de la densité, d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface, d'une diminution de la solubilité des gaz [7].

L'augmentation de la température favorise aussi l'auto épuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épuration.

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

Les élévations de température peuvent être nuisibles pour les poissons, favoriser la mortalité de certaines espèces et le développement d'autres.

2.2.3 La Conductivité électrique

La conductivité de l'eau est une mesure de sa capacité à conduire le courant électrique. La mesure de la conductivité permet d'apprécier rapidement mais très approximativement la minéralisation de l'eau et de suivre son évolution.

Le tableau (2.1) établit une relation entre le degré de la minéralisation et la conductivité selon la réglementation française.

Tableau (2.1) : Rapport entre la conductivité et la minéralisation [7].

Conductivité	Minéralisation
0 – 100 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation très faible
100 – 200 $\mu\text{S/cm}$ Minéralisation faible	200 – 333 $\mu\text{S/cm}$ Minéralisation moyenne accentuée
333 – 666 $\mu\text{S/cm}$ Minéralisation accentuée	666 – 1 000 $\mu\text{S/cm}$ Minéralisation importante
> 1 000 $\mu\text{S/cm}$	Minéralisation élevée

2.2.4 Les Solides Totaux Dissous (STD)

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

- Le lessivage naturel des roches de caractéristiques géologiques différentes.
- L'apport des eaux usées des villes et unités industrielles.
- La sapidité (le goût et la saveur) de l'eau se présente comme suit :

Excellente < 300mg/L

Bonne 300 – 600mg/L

Passable 600 – 900mg/L

Mauvaise 900 – 1200mg/L

2.2.5 Le sulfate

La plupart des sulfates exceptés ceux du plomb et du baryum, sont hydrosolubles. Cette solubilité est considérée comme permanente bien que certains microorganismes peuvent les réduire en sulfure. Les principales sources de pollution sont :

- Les rejets industriels ;
- L'anhydride sulfureux atmosphérique (SO₂).

2.2.6 Le sulfure

Les sulfures y compris le sulfure d'hydrogène peuvent provenir soit d'eaux usées soit de pollutions industrielles (usines chimiques, papeteries ; tanneries etc.)

Dans les eaux bien aérées et oxygénées, les sulfures se transforment rapidement en sulfates.

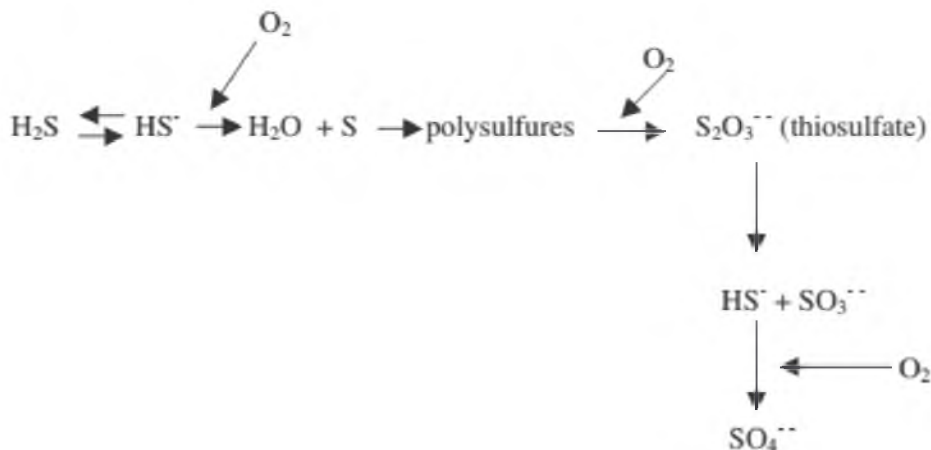


Figure (2.1) : Métabolisme du sulfure d'hydrogène (H₂S) [7].

Les sulfures se trouvent dans bon nombre d'aliments crus ou cuits, à des teneurs qui n'ont pas pu être complètement déterminées selon SEMEGA A [7].

2.2.7 Le Chrome

Le chrome existe dans la nature sous forme de dérivés en état d'oxydation varié. Le chrome pur obtenu par électrolyse à partir d'iodure de chrome, est un métal de plus en plus utilisé en industrie. Ses dérivés ont de multiples applications chimiques et industrielles. Certains de ses dérivés peuvent entraîner des intoxications aiguës ou chroniques [7].

➤ Les dérivés toxiques

La toxicité du chrome est dominée par son état d'oxydation. Les différents ions sous lesquels le chrome peut se présenter sont :

Valence II : CrO_3 anhydride chromeux de type basique qui donne des sels dits chromeux instables.

Valence III : Cr_2O_3 dit sesquioxyde de chrome de type amphotère donnant avec les acides, les sels chromiques bleus et avec les bases, les sels chromiques jaunes

Valence IV : Cr_2O_4 dit peroxyde de chrome

Valence VI : Cr_2O_6 ou CrO_3 dit anhydride chromique de type acide donnant avec l'eau et les bases : l'acide chromique, les chromates neutres et les bichromates qui sont les sels industriels les plus importants.

Valence VII : Cr_2O_7 dit anhydride per chromique de type acide donnant des dérivés très instables.

Seuls les dérivés de valences III et VI ont un impact sanitaire.

La présence du chrome est le plus souvent liée aux rejets industriels (ateliers de galvanoplastie, de tannage, etc..). Chez l'homme, quelques microgrammes de chrome sont considérés comme utiles pour l'équilibre du métabolisme du glucose, des protéines et des lipides mais ces mécanismes d'action ne sont pas encore totalement élucidés [7].

Les rapports de l'organisation mondiale de la santé, indiquent que ce métal aurait un effet protecteur contre l'artériosclérose. Les quantités de chrome absorbées par jour varient très largement avec l'alimentation.

D'après les valeurs relevées, l'air des villes contient en moyenne $0,02\text{mg/m}^3$ Cependant dans les zones fortement industrialisées, des valeurs plus élevées ont été enregistrées [7].

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

Le chrome est absorbé à la fois par l'appareil digestif et par l'appareil respiratoire. Les quantités absorbées diffèrent selon l'appareil et selon la valence du chrome. Les intoxications chromiques peuvent entraîner des altérations du tube digestif .

Des risques cancérigènes ont été démontrés sur les embryons et les fœtus .Les effets toxiques du chrome trivalent n'ont pas encore été évalués ; son caractère indispensable à l'organisme reste à prouver.

Cependant, le caractère toxique du chrome hexa valent est démontré. Le chrome se répartit inégalement et en faibles quantités dans les tissus et les muscles où sa concentration décroît avec l'âge sauf dans le tissu pulmonaire.

Les plus fortes accumulations chez l'homme, se trouvent dans la peau, le foie, les reins et les graisses. L'excrétion se fait essentiellement par les urines (80%) et un peu par les fèces [7].

2.2.8 Les nitrates et nitrites

Les nitrites et les nitrates sont des composés intermédiaires du processus de nitrification ou de dénitrification. Ils sont associés du fait que la transformation de l'un en l'autre s'opère par des bactéries (nitrobacters) du sol et de l'eau. Les nitrates proviennent de l'oxydation complète de l'azote organique sous l'action de bactéries nitrifiantes et les nitrites de l'oxydation incomplète sous l'action des Nitrosomonas. Les nitrates et les nitrites proviennent généralement de :

- L'utilisation des engrais ;
- L'industrie chimique ;
- L'industrie alimentaire ;

La teneur en nitrates dans l'eau est généralement plus élevée (la valeur norme de l'OMS est de 50 mg/L) que celle des nitrites. Une forte concentration en nitrites indique une pollution d'origine organique.

L'intoxication par les nitrites se traduit chez l'homme par :

- une méthémoglobinémie
- la formation des nitrosamines.

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

Les nitrites oxydent l'hémoglobine qui a pour rôle dans l'organisme le transport du dioxygène O_2 , en méthémoglobine. Il y a méthémoglobinémie quand le taux de la méthémoglobine atteint 10% de l'hémoglobine. Elle devient mortelle dès que le taux est supérieur à 20%.

En milieu acide ($pH = 1$ et 5 ; pH stomacal normal) les nitrites réagissent avec les amines primaires, secondaires et tertiaires généralement d'origine alimentaire pour donner des nitrosamines réputées cancérigènes. Les nitrates sont utilisés comme indicateur de pollution. Ils jouent le rôle de fertilisant pour les plantes qui assimilent l'azote sous la forme NO_3^- [7].

Associés aux phosphates, les nitrates favorisent la croissance parfois exagérée de la flore aquatique, pouvant ainsi entraîner une eutrophisation des fleuves et des lacs.

Nitrates, nitrites et phosphates sont les éléments nourriciers des algues perturbant indirectement la présence d'oxygène qui est consommée par ces derniers. Les nitrites par leur forme réduite sont plus dangereuses que les nitrates [7].

2.2.9 L'azote ammoniacal (NH_4^+)

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH_4^+ . Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique NH_4^+ , l'azote ammoniacal se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation [7].

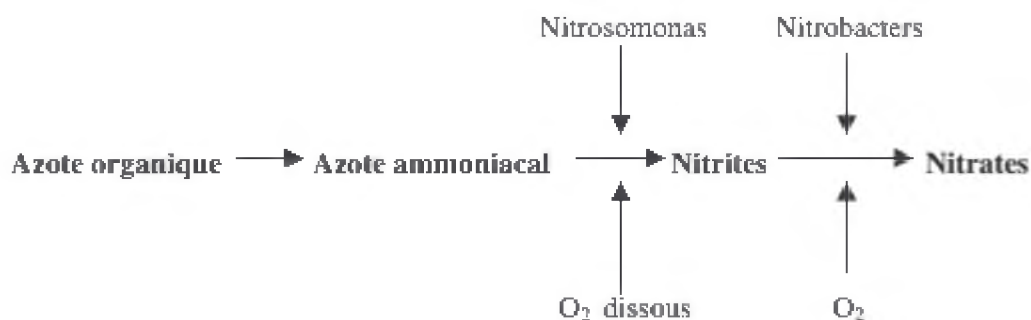


Figure (2.2) : Oxydation de l'azote ammoniacal [7].

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine :

- La matière végétale des cours d'eau ;
- La matière organique animale ou humaine ;

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

- Les rejets industriels ;
- Les engrais.

Sa présence est rapprochée des autres éléments azotés identifiés dans l'eau :

Nitrates et des résultats des examens bactériologiques. L'oxydation biologique de l'ammoniaque peut développer des zones aérobies dans certaines parties des réseaux de distribution, provoquant la corrosion des conduites.[7]

L'ammoniaque présente l'inconvénient de nécessiter une augmentation de la consommation en chlore lors de la désinfection. En ce qui concerne la toxicité de l'azote pour la faune piscicole d'eau douce, il est reconnu que ce n'est pas NH_4^+ , mais NH_3 qui est toxique et la dose toxique dépend de la température et du pH. Elle peut être calculée à partir de la formule suivante :

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+] \times \frac{1}{1 + 10(10^{-\text{pH}} - 0,03t)} \quad ; \quad t = \text{température}$$

2.2.10 Les matières en suspensions (M.E.S)

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés et de la saison des rejets.

Elles caractérisent la teneur en gramme/litre des éléments non dissous de diverses granulométries transportées par l'eau. Ces matières peuvent être minérales et inertes ou plus ou moins actives vis à vis de l'oxygène.

Cependant des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique ; l'asphyxie des poissons, par colmatage des branchies [7] .

D'une façon générale, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes.

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

En particulier, les argiles et les particules organiques ayant, une large surface d'absorption constituent un support idéal pour les ions, les molécules diverses et les agents biologiques. De ce fait, ils peuvent constituer un vecteur pour la pénétration de ces produits dans l'organisme [7].

2.2.11 La Demande Biochimique en Oxygène (D.B.O)

La D.B.O exprime la consommation naturelle d'oxygène en g/litre des corps contenus dans l'eau, dégradés par les bactéries du milieu par une oxydation.

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation de dioxygène (O_2). La mesure de cette demande en oxygène permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables, donc son degré de pollution ou sa qualité.

La D.B.O peut-être caractérisée par les besoins des bactéries épuratrices. Cette valeur est d'autant plus intéressante que beaucoup de stations d'épuration épurent par voie biologique. L'évolution de la D.B.O permet donc en principe de suivre l'efficacité du traitement [7].

La dégradation des composés glucidiques, lipidiques et protidiques se traduit dans un premier temps, par une décomposition des chaînes carbonées. Celle-ci commence immédiatement dure 20 jours et demande beaucoup de temps. Dans ces conditions il a été retenu conventionnellement d'exprimer la D.B.O en mg de dioxygène (O_2) consommé pendant 5 jours à 20°C (DBO_5). La DBO_5 indique l'influence probable des eaux usées sur les cours d'eau récepteurs, du point de vue de la réduction de leur teneur en oxygène [7].

Pour être complète, l'oxydation demande un temps de 21 à 28 jours ; on obtient alors les DBO_{21} et DBO_{28} .

Plusieurs facteurs influent sur la valeur de la DBO :

- Un pH hors de l'intervalle 6,5-8,5 ; la DBO mesurée ne correspond alors qu'à une fraction de la DBO réelle.
- La Variation de température affecte tous les processus biologiques.
- Les micro-organismes doivent être en nombre assez suffisant.

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

- Un milieu pauvre en sels nutritifs (dérivés azotés et phosphatés) entraîne une baisse de la DBO.
- Les substances inhibitrices ont un effet toxique sur l'activité des microorganismes [7].

La présence de métaux lourds comme le cuivre, le chrome, le cadmium même en quantité faible peut inhiber l'action des bactéries. La dégradation et la consommation de dioxygène se trouvent dans une relation du premier ordre :

$$DBO_t = DBO_{finale} (1 - 10^{-kt}) \quad (1)$$

Avec k = coefficient moyen du taux de réaction.

t = temps d'incubation ; en jours.

La réaction de la DBO se traduisant dans le flacon d'essai en deux phases avec des vitesses et des amplitudes différentes, la valeur du coefficient k dans l'équation (1) augmentera avec la quantité et la nature des matières organiques présentes dans l'eau usée. Le taux de réaction de la DBO est directement influencé par la température [7].

La DBO finale est légèrement affectée car l'oxydabilité augmente avec la température la relation découlant de la loi de Van't Hoff est : $K_t = K_{20} \theta^{(t - 20)}$

où $\theta = 1,056$ (constante de Schreifer) (2) pour les températures entre 20° et 30°C.

Le processus d'oxydation représentée par l'équation (1) de la DBO, traduit l'oxydation des matières carbonées :



L'oxydation des matières azotées peut être représentée ainsi :



Dans ce cas, le coefficient de transformation est généralement moindre que celui des matières carbonées. Dans certaines conditions ces deux processus d'oxydation peuvent se produire simultanément.

La DBO_{finale} est la somme des $DBO_{finales}$ des composés carbonés et azotés.

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

La directive des communautés européennes prévoit pour les eaux superficielles que pour un traitement physique simple et de décontamination microbienne, la valeur guide doit être inférieure à 3 mg/L d'O₂, pour un traitement normal physique et chimique avec la décontamination microbienne la valeur guide doit être inférieure à 5 mg/L d'O₂ et que si le traitement précédant est complété par un affinage, la valeur guide doit être 17 mg/L d'O₂. Dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO₅ peuvent être liées à la présence d'éléments toxiques inhibiteurs [7].

2.2.12 La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O)

La DCO correspond à la teneur de l'ensemble des matières organiques que celles-ci aient un caractère biodégradable ou non.

Elle s'exprime par la quantité d'O₂ fournie par le bichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques (protéines, glucides, lipides...) présentes dans les eaux résiduaires. Donc en un mot, c'est la demande chimique en oxygène mesurée en g/litre qui exprime la quantité totale d'oxygène nécessaire pour oxyder en présence de permanganate, les substances contenues dans l'eau notamment les éléments chimiques. On a toujours un DCO > DBO car les bactéries ne permettent pas d'oxyder les éléments organiques et chimiques les plus stables [7].

Cependant, d'une façon générale, les composés azotés ainsi que certains noyaux aromatiques et certaines chaînes aliphatiques peuvent échapper à l'oxydation.

Les différences obtenues par la D.C.O et la D.B.O constituent une indication de l'importance des matières organiques peu ou pas biodégradables. Dans le domaine des contrôles routiniers, la mesure de la D.B.O n'est pas un essai usuel en raison de la longue durée d'incubation nécessaire à l'obtention de résultats significatifs.

Pour des rejets de même origine, on a un coefficient k reliant DBO₅ à DCO avec $DCO = k \cdot DBO_5$

Il est donc important d'établir des relations entre DBO, DCO et COT (Carbone Organique Total) pour se faire une idée de la pollution organique.

Considérons d'abord une substance totalement biodégradable comme le glucose.

La DBO finale s'établira à environ 90% de la demande théorique en oxygène.

Chapitre II : Caractéristiques et normes des eaux de surface

Environ 10% des matières organiques initiales finissent leur évolution sous forme d'un résidu cellulaire non biodégradable et ne sont pas mesurées dans la DBO. La DCO mesurera la Demande Théorique en Oxygène (DTO)[7].

Par conséquent pour ces substances on a :

$$DCO = \frac{DBO_{finale}}{0,90} = DTO \text{ (demande théorique en oxygène)}$$

De même il existe une relation entre D.C.O et C.O.T. Le rapport stœchiométrique DCO/COT d'une eau usée se rapproche du rapport des poids moléculaires du carbone et de l'oxygène.

Selon Eckenfelder : $DCO / COT = 32/12 = 2.66$

De façon générale, le rapport varie de 1,75 à 6,65. Si ce rapport est supérieur à 1,75 mais inférieur à 6,65 on dit que les substances présentes sont non biodégradables de même,

Si : $DBO / DCO > 0,6$ les substances sont dites biodégradables [7].

La directive des communautés européennes prévoit une valeur guide de 30 mg/L de dioxygène (Le traitement à appliquer est du type physico – chimique avec décontamination microbienne) [7].

2.3. Les normes de qualité des eaux

2.3.1 Normes de qualité des eaux brutes

Généralement les eaux brutes utilisées pour la production d'eau de consommation humaine sont des eaux de surface ou eaux superficielles. L'eau brute doit obéir aux normes définies par la réglementation en vigueur [7].

Tableau (2.2) : Qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine [7].

Paramètres	Limite acceptable
Température °C	25
PH	-
MES mg/L	-
TDS mg/L	-
Chrome mg/L	0.05
NH ₄ ⁺ mg/L	4
Sulfures mg/L	-
Sulfates mg/L	250
DCO mg/L	-
DBO ₅ mg/L	-
Nitrates mg/L	50

Tableau (2.3) : Les valeurs indicatives extrêmes et moyennes des normes de rejet [7]

Paramètres	Valeurs indicatives extrêmes
Température °C	30- 65
PH	5 - 10
Matières en suspension (MES) mg/L	20 - 100
Solides totaux dissous mg/L	< 1000 - 2000
Chrome mg/L	0.2 - 50
NH ₄ ⁺ mg/L	0.1 - 30
Sulfures mg/L	0 - 10
Sulfates mg/L	1500
Demande chimique en oxygène (DCO) mg/L	75 - 130
Demande biochimique en oxygène (DBO) mg/L	5 - 60

2.4 Conclusion

Les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau sont nombreuses, ce qui nous rend leurs analyses déficitaires voire même coûteuses.

Donc détermination de la qualité des eaux à analyser en se basant sur une étude comparative entre des paramètres globaux de pollution et les normes de rejets.

CHAPITRE III



3.1 Introduction

Dans ce chapitre, en premier lieu nous allons choisir les endroits de prélèvement et les positions sur une carte par la suite nous allons présenter les paramètres à analyser ainsi que les méthodes et matériels utilisés .En second lieux nous nous étalerons à mettre les résultats obtenus aux différents points dans des tableaux puis à la représentation graphique au cours du temps de ces paramètres en suite les leurs interprétations seront notre cible.

3.2 Présentation de la zone de prélèvement

3.2.1. Choix des lieux de prélèvement

Pour suivre, au cours du temps, les six paramètres chimiques des eaux d'oued El-Hammam, nous avons choisi quatre (4) endroits pour faire nos prélèvements, ces endroits nous les avons choisis, le long d'Oued, en fonction de la répartition des zones susceptibles d'être source de pollution. Ils ont été nommés du premier au dernier comme suit : Point1, Point2, Point3 et Point 4. La figure 3.1 donne la répartition des points de prélèvement le long d'oued El-Hammam.

Les prélèvements ont été faits aux endroits choisis et pour bien définir leurs périmètres d'action, nous avons indiqué la situation précise de chaque lieu dans ce qui suit.

Point N° 1 avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali (P1)

Point N° 2 Juste en aval des rejets des eaux de Hammam Ouled Ali (P2)

Point N° 3 Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud (P3)

Point N° 4 Après la conserverie d'Amar Ben Amar (C.A.B) (P4)

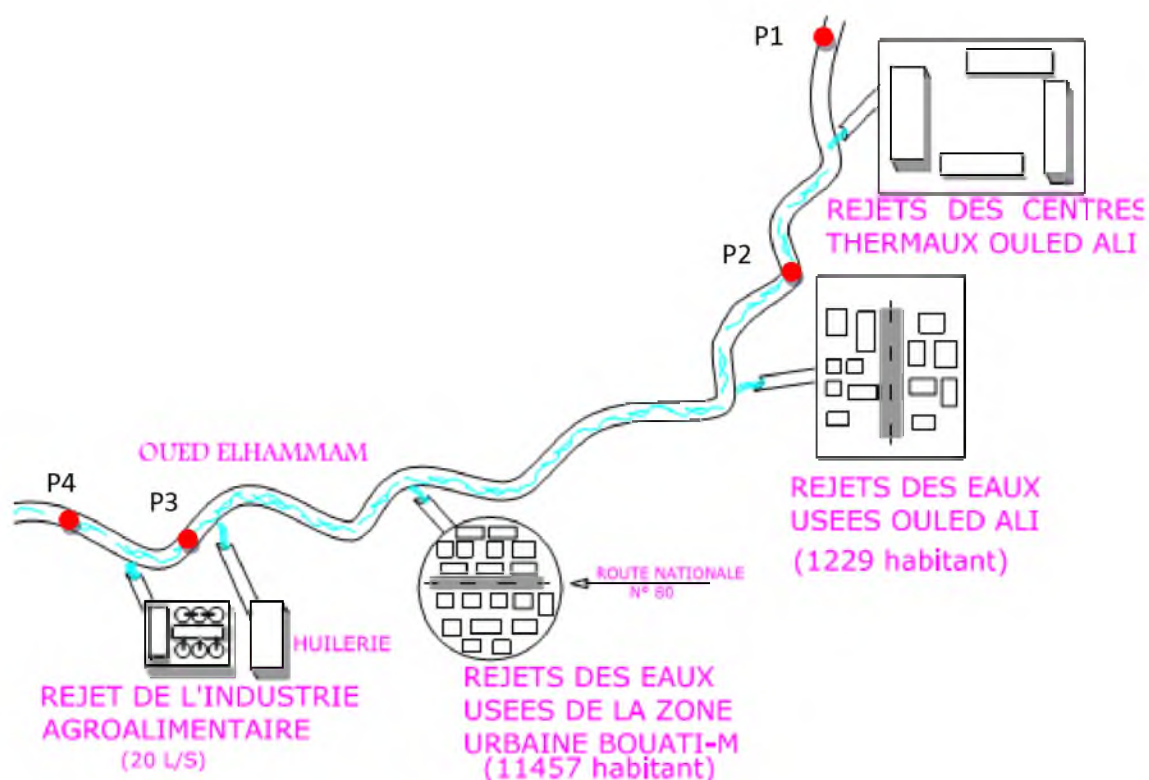


Figure (3.1) : Les lieux de prélèvement des eaux à analyser

3.2.2 Echantillonnage et paramètres analysés

Nous avons réalisé une série de prélèvement, répartie en quatre points, à chaque points huit prélèvement ont été effectués au cours du temps ce qui donne une totalité de 32 échantillons. La période d'échantillonnage a commencé du 29 Février 2016 et terminer le 23 Mars 2016.

L'analyse des paramètres chimiques de chaque échantillon a été effectuée au laboratoire de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Guelma.

Trente deux (32) échantillons ont été prélevés et analysés afin de comprendre l'origine et l'évolution, dans le temps et dans l'espace, de la qualité d'eau d'oued El-Hammam. Vu les moyens limités de l'endroit où nous avons effectué l'analyse de nos échantillons (manque des réactifs), nous avons analysé seulement les six paramètres physico-chimiques suivants : le pH, la conductivité électrique, DCO, NO_2^- , NH_4^+ , OPO_4^- et CE .

3.3 Méthodes et matériels utilisés

Nous avons utilisé les appareils, existant dans la station d'épuration de Guelma, pour mesurer les paramètres physico-chimiques précités.

3.3.1 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions hydronium (H^+) de l'eau. Pour mesurer le pH de nos échantillons, nous avons utilisé un pH-mètre. La figure (3.2) donne une photo du pH – mètre à électrode utilisé.



Figure (3.2) : pH-mètre

La mesure du pH de chaque échantillon a été effectuée de la manière suivante :

- Mettre environ 100 ml d'eau à analyser dans un bêcher ;
- Mettre un agitateur avec une faible vitesse d'agitation dans le bêcher ;
- Rincer l'électrode d'abord avec de l'eau distillée ;
- Tremper l'électrode dans le bêcher ;
- Laisser la valeur du pH se stabilise sur le pH- mètre un moment à une faible vitesse d'agitation ;
- Puis faire la lecture du pH ;

3.3.2 La conductivité électrique

Toute eau est plus ou moins conductrice du courant électrique, elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions et de leur concentration. [8]

La conductivité électrique d'une eau augmente avec la température, car la mobilité des ions augmente avec elle. Donc la conductivité s'agit de la capacité de l'eau à conduire le courant électrique, elle renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire qu'elle traduit la présence d'ions dans l'eau brute. [8]

➤ Principe de mesure de la conductivité électrique (C.E)

La mesure est basée sur le principe de pont de Wheatstone en utilisant comme appareil de zéro un galvanomètre en image cathodique. Pour qu'on puisse mesurer la conductivité électrique, de chaque échantillon, nous avons utilisé un conductimètre à électrode.

Pour des mesures de sécurité, nous avons rincé, avec de l'eau distillée, l'électrode du conductimètre avant de l'introduire dans l'eau à examiner en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée.

3.3.3 La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O)

La demande chimique en oxygène D.C.O exprimé en mg d'O₂/l est donnée par la formule de la norme :

$$D.C.O = [- 8000.C_{fe}.(VT-VE)] / E$$

C_{fe} : c'est la concentration exprimée en mole par litre de la solution de sel de mohr déterminée par étalonnage.

E : volume prise d'essai en ml.

Cette norme est applicable pour toutes les eaux dont la D.C.O est supérieure à 30 mg/l et la valeur maximale de la D.C.O pouvant être déterminée, dans les conditions de la norme et sans dilution, à 700 mg/l.

La mesure de la D.C.O se fait à l'aide d'un réacteur D.C.O. La figure (3.3) illustre une photo de l'installation de mesure de la D.C.O. à la STEP de Guelma



Figure (3.3) : Appareil photo de l'appareil de mesurer la D.C.O

Les équipements secondaires utilisés sont les suivants : un flacon D.C.O, un réfrigérant et 2 pipettes l'une de 5 ml et l'autre de 10 ml.

a- Mode opératoire de mesure de la D.C.O.

*Etalonnage de la solution de sel de mohr à environ 0.12 mol /l.

La solution de sel de mohr s'oxyde facilement d'où la nécessité de la titrer quotidiennement.

- Prélever 5 ml de solution de $K_2Cr_2O_7$ à 0.040 mol/l et diluer à 100 ml avec H_2SO_4 à 44 mol/l
- Titré avec la solution de sel de mohr en présence de 2 à 3 gouttes de féroïen
- Déterminer la concentration molaire du sel de mohr à partir des équations des réactions.

b-Préparation de l'essai

Avant le prélèvement de la prise d'essai, l'échantillon doit être soigneusement homogénéisé par agitation du flacon.

- Dans un tube à fond plat de DCO introduire 10 ml d'eau à analyser et 5 ml de $K_2Cr_2O_7$.

-Si la valeur de la D.C.O dépasse 700 mg/l, procéder à une dilution de manière à obtenir une valeur comprise entre 350 et 700 mg/l.

-Ajouter quelques granules régulateurs d'ébullition et homogénéisés.

-Ajouter lentement, et avec précaution, 15 ml d'acide sulfurique-sulfate d'argent on agite soigneusement le tube et en le refroidissant, sous un cours d'eau froid ou dans un bain de glace, de façon à éviter toute perte de substances organiques volatiles.

3.3.4 L'azote des nitrites NO_2^-

➤ Principe

Les nitrites sont considérés comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de NO_2 devient nocif quand il dépasse 0.5 mg/l) son taux doit être contrôlé régulièrement, un taux important survient en générale lorsque l'eau est surchargée en matières aussi parfois lorsque vous rajoutez de nouvelles pierres vivantes.

En milieu chlorhydrique, et en présence d'ion ammonium, il se forme un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

➤ Réactifs

Les réactifs utilisés pour analyser, à chaque fois, nos échantillons sont les suivants :

- Solution Zambelli.

- Solution d'Ammoniac

➤ Mode opératoire

-Ajouter 1 ml de la solution Zambelli à 25 ml de l'eau à analyser.

-Agiter la préparation et laisser le mélange au repos durant 10 minutes.

-Ajouter 1ml de la solution d'ammoniac

- Effectuer la lecture en utilisant le spectrophotomètre en le réglant sur une longueur d'onde = 435 nanomètres.

-Exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage.

3.3.5 L'Ortho phosphate OPO_4^-

➤ Principe

Le phosphore peut être présent dans l'eau sous la forme ionisée (ortho phosphates) ou plus au moins polymérisé (poly phosphates minéraux et/ou organiques). Il n'est pas directement toxique pour les poissons et le milieu aquatique, mais il est généralement responsable de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation.

Les phosphates ont une origine principalement domestique (contamination fécale et détergents) mais aussi agricole (engrais) et industrielle (industrie chimique).

➤ Réactifs

-L'eau à analyser après filtration.

- 1 ml d'acide Ascorbique.

- 4 ml du réactif OPO_4^- .

➤ Mode opératoire

Ajouter 1 ml d'acide ascorbique à notre échantillon d'eau filtrée et prêt à être analysée, par la suite ajouter à cette préparation 4 ml du réactif OPO_4^- et enfin laisser l'ensemble réagit 30 minutes du temps.

-Réaliser la lecture au Spectrophotomètre en le réglant sur une longueur d'onde = 700 nanomètres.

-Exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage.

-Laisser réagir jusqu'à l'évaporation et avoir le résidu.

Reprendre ce résidu et ajouter 2 ml d' H_2SO_4 .

Laisser réagir pendant 10 minutes.

-Par la suite ajouté 15ml d'eau distillée.

-Ajouter 15ml de solution titré

Attendre 30 minutes.

-Après les 30 minutes on mesure l'absorption de la préparation par le spectrophotomètre avec une longueur d'onde = 420 nanomètres

-Exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage

3.3.6 L'azote ammoniacal NH_4^+

➤ Principe

Il est rigoureusement identique à celui du dosage de l'azote Kjeldahl si ce n'est que l'on ne procède pas à la minéralisation.

➤ Mode opératoire

On préparera simultanément trois prises d'essais du même échantillon. Introduire 100 ml de l'échantillon dans chaque tube de distillation et reprendre toutes les étapes.

3.4 Les résultats d'analyse

➤ Résultats au 29 Février 2016

Le tableau (3.1) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement 29 février 2016.

Tableau (3.1) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 29/02/2016

<i>Points</i> <i>paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets des eaux du Hammam d'Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (C.A.B)
PH	7,05	6,97	7,24	7,14
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	465	1100	1114	1147
DCO (mg/l)	48,9	39,6	96	48
NH_4^+ (mg/l)	13,2	15,1	22,4	16,1
NO_2^- (mg/l)	1,09	0,89	1,11	0,95
OPO_4^- (mg/l)	0,93	0,82	0,84	0,77

➤ Résultats au 02 mars 2016

Le tableau (3.2) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement au 02 mars 2016.

Tableau (3.2) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 02/03/2016

<i>Points</i> <i>paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets des eaux de Hammam Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (CAB)
PH	7,02	7,13	6,98	7,12
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	567	965	1025	1110
DCO mg/l	66,5	60,9	172	112,5
NH_4^+ mg/l	10,2	18,01	23,5	14,2
NO_2^- mg/l	1,11	1,45	0,85	0,69
OPO_4^- mg/l	0,76	0,91	0,8	0,92

➤ Résultats au 06 mars 2016

Le tableau (3.3) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement au 06 mars 2016.

Tableau (3.3) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 06/03/2016

<i>Points</i> <i>paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets des eaux de Hammam Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (CAB)
PH	6,95	7,14	6,84	7,06
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	504	789	1012	1136
DCO mg/l	36,7	56,4	78	113,5
NH_4^+ mg/l	11,25	14,2	18,6	13,4
NO_2^- mg/l	0,87	0,8	0,98	1,02
OPO_4^- mg/l	0,94	0,93	0,85	0,9

➤ **Résultats au 09 mars 2016**

Le tableau (3.4) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement au 09 mars 2016.

Tableau (3.4) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 09/03/2016

<i>Points</i> <i>paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets des eaux de Hammam Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (CAB)
PH	6,84	7	6,95	6,99
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	478	498	789	986
DCO mg/l	72,4	66,8	109,65	85,6
NH_4^+ mg/l	10,56	16,6	20,4	17,23
NO_2^- mg/l	1,1	1,3	1,11	0,86
OPO_4^- mg/l	1	0,93	0,89	0,97

➤ **Résultats au 13 mars 2016**

Le tableau (3.5) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement au 13 mars 2016.

Tableau (3.5) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 13/03/2016

<i>Points</i> <i>Paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets des eaux de Hammam Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (CAB)
PH	6,99	7,1	7,36	7,86
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	563	896	1095	1234
DCO mg/l	68,9	73,2	162	264
NH_4^+ mg/l	11,23	16,3	24,3	16,32
NO_2^- mg/l	1,16	1,06	1,03	1,15
OPO_4^- mg/l	1,13	0,92	0,96	0,89

➤ **Résultats au 16 mars 2016**

Le tableau (3.6) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement au 16 mars 2016.

Tableau (3.6) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 16/03/2016

<i>Points</i> <i>Paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets de eaux de Hammam Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (CAB)
PH	6,82	7,12	7,06	8,12
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	436	1023	1135	1098
DCO mg/l	56,2	46,2	123,4	274
NH_4^+ mg/l	10,32	17,56	19,45	21,3
NO_2^- mg/l	1,14	1,01	0,98	1,23
OPO_4^- mg/l	1,05	0,86	1,04	0,95

➤ **Résultats au 20 mars 2016**

Le tableau (3.7) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement au 20 mars 2016.

Tableau (3.7) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 20/03/2016

<i>Points</i> <i>Paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets des eaux de Hammam Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (CAB)
PH	7,1	6,92	7,22	7,32
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	550	1060	1120	1179
DCO mg/l	50,2	50,3	116	187
NH_4^+ mg/l	11,9	13,9	21,1	18,1
NO_2^- mg/l	0,93	1,12	1,05	0,9
OPO_4^- mg/l	1,05	0,85	0,9	0,92

➤ **Résultats au 23 mars 2016**

Le tableau (3.8) donne les résultats des paramètres physico-chimiques, des l'échantillon, mesurés aux différents lieux de prélèvement au 23 mars 2016.

Tableau (3.8) : Résultats des analyses obtenus physico-chimiques au 23/03/2016

<i>Points</i> <i>Paramètres</i>	Avant les sources thermales de Hammam Ouled Ali	Juste en aval des rejets des eaux de Hammam Ouled Ali	Après la zone urbaine de la ville de Bouati-Mahmoud	Après la conserverie de Amar Ben Amar (CAB)
PH	6,9	7,2	7,38	7,16
Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	470	987	1030	1120
DCO mg/l	70,8	68,7	125	237
NH_4^+ mg/l	10,25	14,3	20,6	17,39
NO_2^- mg/l	1,05	0,95	1,03	1,01
OPO_4^- mg/l	1,1	0,95	1,02	0,9

3.5 Interprétations des résultats

Après avoir mesuré certains paramètres de l'ensemble des prélèvements, nous avons tracé les courbes de chaque paramètre en tous les points, afin de les données des interprétations dans le temps et dans l'espace.

3.5.1 Au premier point de prélèvement

a) Le pH

Le suivi du potentiel d'Hydrogène (pH), au cours du temps au premier point de prélèvement, nous a permis de dresser le tableau (3.9).

Tableau (3.9) : Résultats du pH au point de prélèvement n°1

Temps (jours)	pH
29/02/2016	7,05
02/03/2016	7,02
06/03/2016	6,95
09/03/2016	6,84
13/03/2016	6,99
16/03/2016	6,82
20/03/2016	7,1
23/03/2016	6,9

La figure (3.4) montre la variation du pH au cours du temps au premier point de prélèvement.

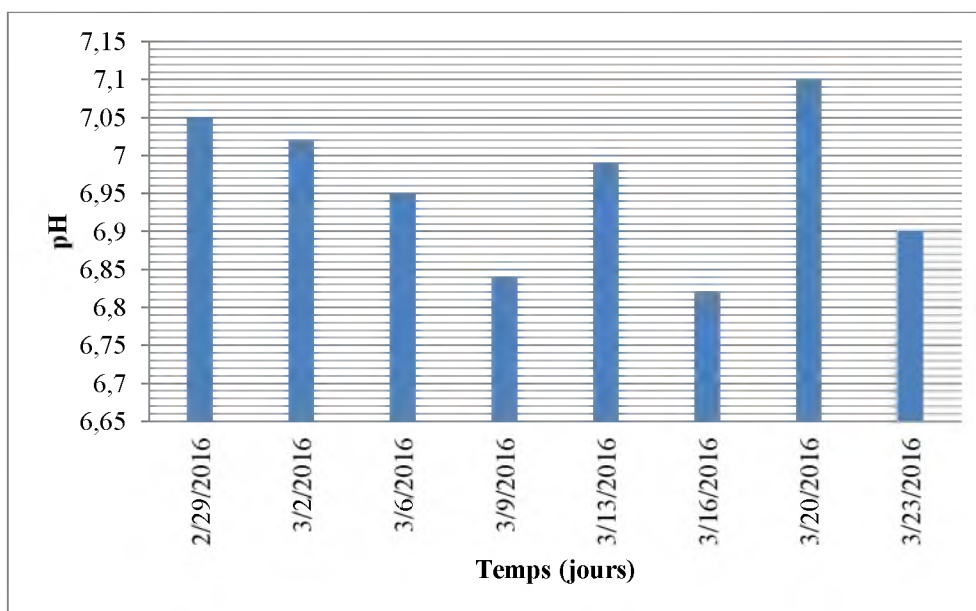


Figure (3.4) : Variation du pH au point 1

Durant la période de prélèvement allant du 29/02/2016 au 23/03/2016, les valeurs du potentiel d'Hydrogène (pH), obtenues au point n°1, oscillent entre les deux valeurs extrêmes, la valeur minimale de 6.82 et celle maximale de 7.1 alors que le pH moyen obtenu durant cette période est égale à 6.95.

Des petites fluctuations sur le pH ont été constatées à cause de la dilution de la pollution par un apport d'eau important, ce dernier est dû aux précipitations tombées dans la région d'une part et d'autre part à l'absence des polluants qui pouvaient augmenter le pH.

Le pH de l'eau obtenu, au cours du temps, en ce point reste dans la norme de potabilité $6.5 < \text{pH} = 6.96 < 8.5$. En effet, aucun risque ne se pose du point du vue pH.

b) La conductivité électrique (C.E)

Le suivi de la conductivité électrique, au cours du temps au premier point de prélèvement, nous a permis de dresser le tableau (3.10).

Tableau (3.10) : Résultats de la (C.E) au point de prélèvement n°1

Temps (jours)	conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}^2$)
29/02/2016	465
02/03/2016	567
06/03/2016	504
09/03/2016	478
13/03/2016	563
16/03/2016	436
20/03/2016	550
23/03/2016	470

La figure (3.5) montre la variation de la (C.E) au cours du temps au premier point de prélèvement.

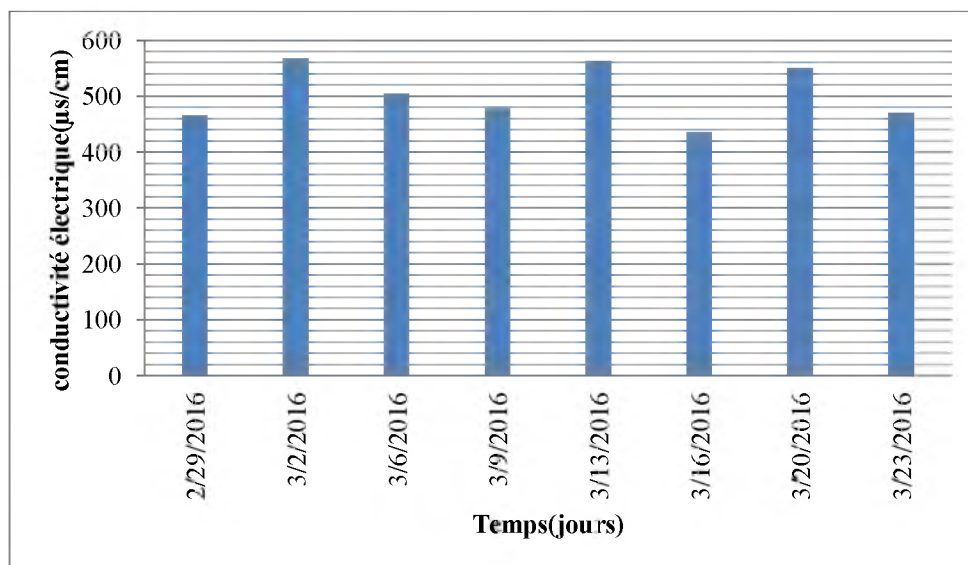


Figure (3.5) : Variation de la conductivité électrique au point 1

La conductivité électrique dépend des ions contenus dans l'eau.

Donc le suivi, au cours du temps, de la conductivité électrique au point du prélèvement numéro 1(P n°1) a montré que les valeurs de cette dernière fluctuent entre 436 et 567 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) avec une moyenne de 504,125 ($\mu\text{s}/\text{cm}$), ce qui permet de considérer cette eau comme une eau à faible conductivité d'où l'eau est classée comme moyennement minéralisée.

c) La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O)

Les résultats d'analyse de la demande chimique en Oxygène (D.C.O), au cours du temps, au premier point de prélèvement, sont représentés dans le tableau (3.11).

Tableau (3.11) : Résultats d'analyse de la D.C. au point de prélèvement n°1

Temps (jours)	D.C.O (mg O ₂ /l)
29/02/2016	48,9
02/03/2016	66,5
06/03/2016	36,7
09/03/2016	72,4
13/03/2016	68,9
16/03/2016	56,2
20/03/2016	50,2
23/03/2016	70,8

La figure (3.6) montre la variation de la (D.C.O) au cours du temps au premier point de prélèvement.

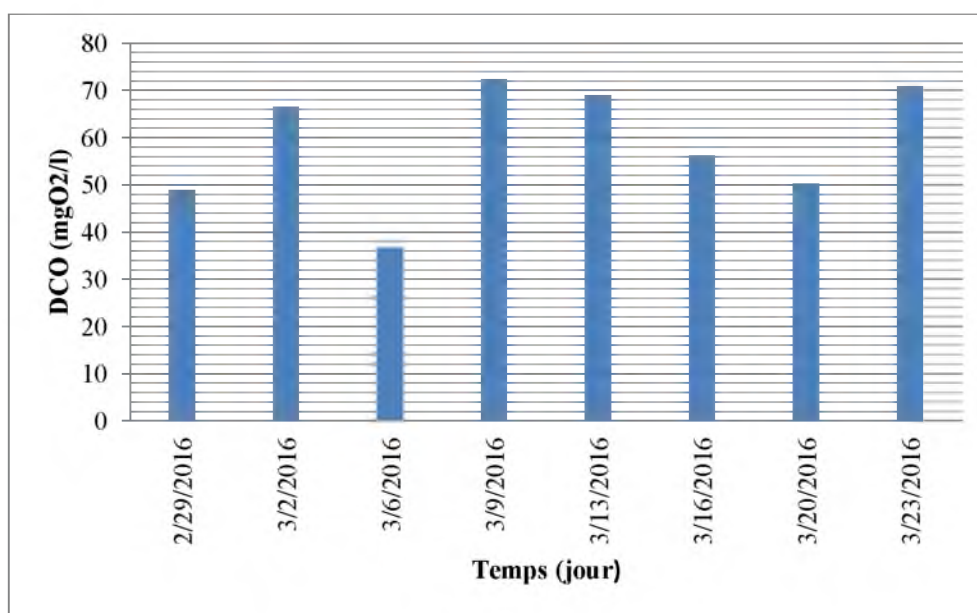


Figure (3.6) : Variation de la (D.C.O) au point 01

Cette représentation donne la variation des valeurs de la (D.C.O) obtenues au point de prélèvement n°1 (P1). Les valeurs de (D.C.O) sont comprises entre 36.7 mg O₂/l et 72.4 mgO₂/l. les ces résultats indiquent que cette l'eau est n'est pas polluée.

d) L'azote des nitrites (NO₂⁻)

Après avoir mesuré la concentration de l'azote des nitrites (NO₂⁻) durant les jours d'échantillonnage, au Point n°1, de prélèvement, nous avons tracé le tableau (3.12).

Tableau (3.12) : Résultats de la NO₂⁻ au cours du temps au point de prélèvement n°1

Temps (jours)	NO ₂ ⁻ (mg/l)
29/02/2016	1,09
02/03/2016	1,11
06/03/2016	0,87
09/03/2016	1,1
13/03/2016	1,16
16/03/2016	1,14
20/03/2016	0,95
23/03/2016	1,05

La figure (3.7) montre la variation de la NO₂⁻ au cours du temps au premier point de prélèvement.

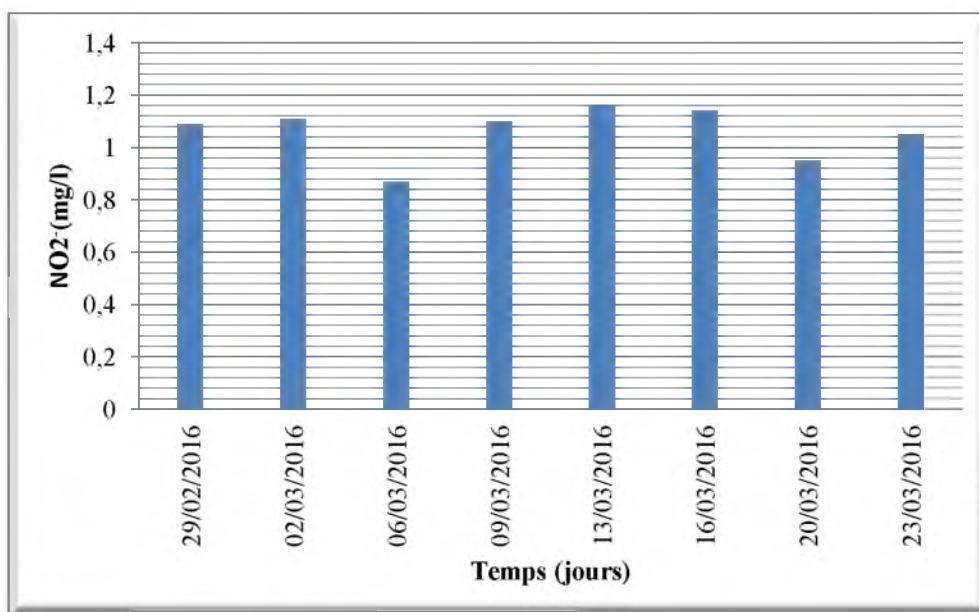


Figure (3.7) : Variation de L'azote des nitrites au point 1

Durant la période de prélèvement allant du 29/02/2016 au 23/03/2016 les valeurs de l'azote des nitrites oscillent entre les valeurs de 0.87 et 1.16 mg/l. Le NO₂⁻ moyenne obtenu durant cette période est de l'ordre 1.05. Toutes les valeurs du NO₂⁻ obtenues en ce point génèrent des risques sur la qualité des eaux ,et rendre l'eau d'oued el –Hammam nocive

e) L'Ortho phosphate (OPO_4^-)

Le suivi au, cours du temps, de l'Ortho-phosphate (OPO_4^-) au premier point de prélèvement, permet de construire le tableau (3.13).

Tableau (3.13) : Résultats des l'analyses obtenus de l' OPO_4^- au point de prélèvement n°1

Temps (jours)	OPO_4^- (mg/l)
29/02/2016	0,93
02/03/2016	0,76
06/03/2016	0,94
09/03/2016	1
13/03/2016	1,13
16/03/2016	1,05
20/03/2016	1,05
23/03/2016	1,1

La figure (3.8) donne la variation de l' OPO_4^- au cours du temps au premier point de prélèvement

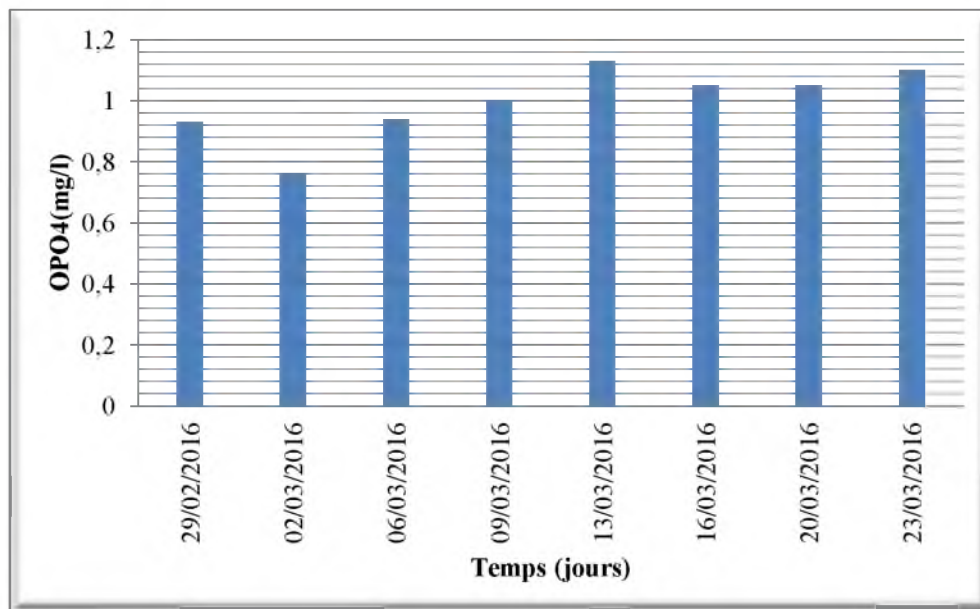


Figure (3.8) : Variation de L'Ortho phosphate au point 1

La concentration moyenne de les valeurs de l' OPO_4^- oscillent entre 0.76 et 1.13 mg/l. L' OPO_4^- moyenne obtenu durant cette période est de l'ordre 0.995. Les résultats de l' OPO_4^- obtenus indiquent que l'eau en ce point et durant cette période est de qualité médiocre parce que $(0.5(mg/l) < 0.995(mg/l) < 1mg/l)$.

Concentration de l' op_4^- (mg/l)	Type d'eau
00-0,1	très bon
0,1-0,5	bon
0,5-01	médiocre
01-02	polluée
> 02	très polluée

f) L'azote ammoniacal (NH_4^+)

Les valeurs de l'azote ammoniacal (NH_4^+) obtenues au point de prélèvement n°1 sont représentées dans le tableau (3.14).

Tableau (3.14) : Résultats de (NH_4^+) obtenus au point de prélèvement n°1

Temps (jours)	NH_4^+ (mg/l)
29/02/2016	13,2
02/03/2016	10,2
06/03/2016	11,25
09/03/2016	10,56
13/03/2016	11,23
16/03/2016	10,32
20/03/2016	11,9
23/03/2016	10,25

La figure (3.9) donne la variation de NH_4^+ au cours du temps au premier point de prélèvement.

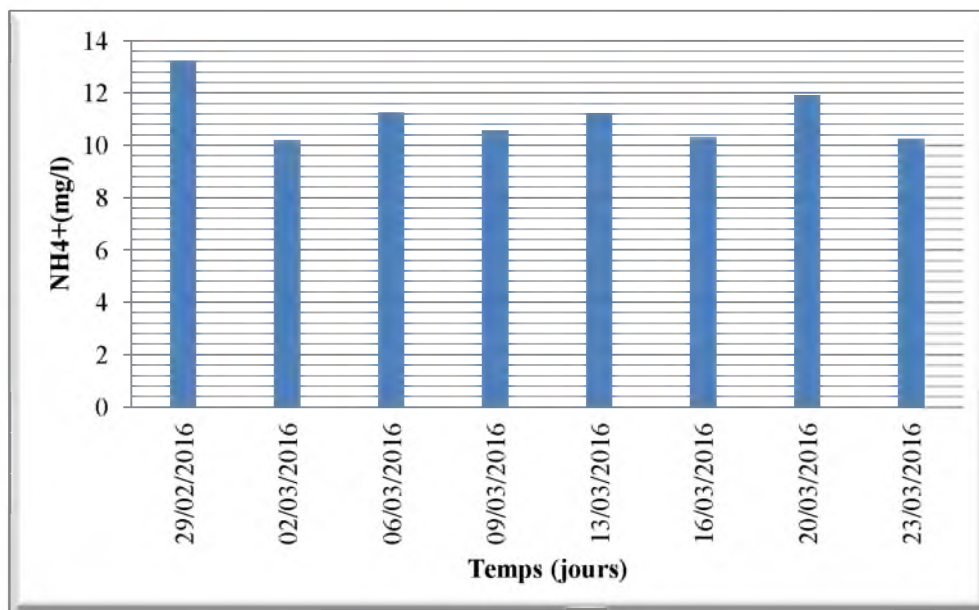


Figure (3.9) : Variation de L'azote ammoniacal NH₄⁺ au point 1

Durant la période de prélèvement allant du 29/02/2016 au 23/03/2016 les valeurs du NH₄⁺ varient de 10.20 à 11.90 mg/l en donnant une valeur moyenne de 11.11 mg/l. ces résultats sont témoignent que l'eau prélevée est propre (non polluée),du point de vue l'azote ammoniacal au cet point

3.5.2 Au second point de prélèvement

a) Le pH

Les résultats du potentiel d'Hydrogène (pH), a second point de prélèvement, sont représentés dans le tableau (3.15).

Tableau (3.15) : Résultats de pH obtenus au second lieu de prélèvement (P n°2)

Temps (jours)	pH
29/02/2016	6,97
02/03/2016	7,13
06/03/2016	7,14
09/03/2016	7
13/03/2016	7,1
16/03/2016	7,12
20/03/2016	6,92
23/03/2016	7,2

La figure (3.10) montre la variation de pH au cours du temps au deuxième point de prélèvement

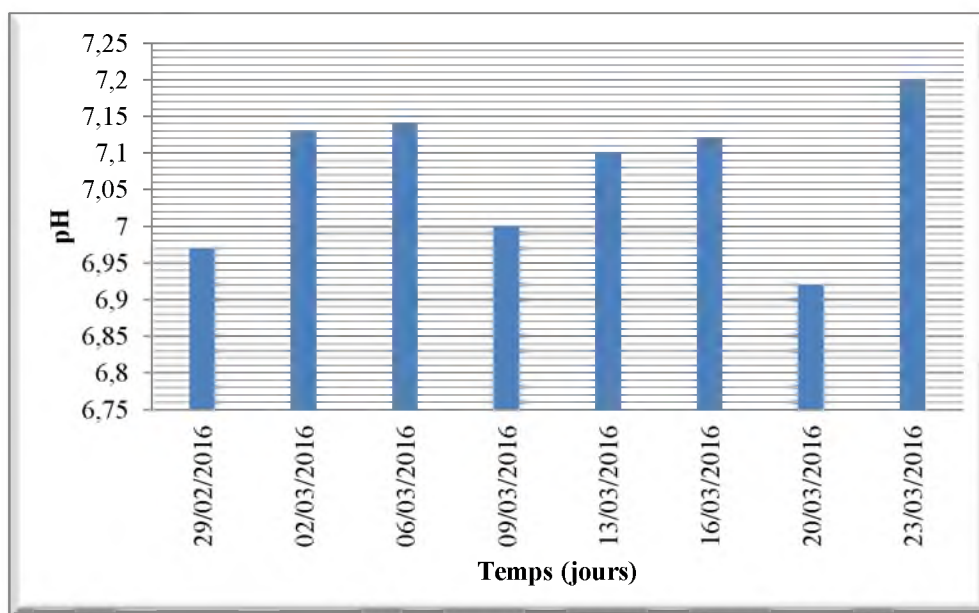


Figure (3.10) : Variation de potentiel hydrogène pH au point 2

De cette représentation on peut dire que les valeurs du potentiel d'Hydrogène (pH) oscillent entre 6.92 et 7.2. Le pH moyen obtenu durant cette période est de l'ordre 7.07.

Les pH obtenus, en ce lieu, sont dans les normes d'une eau potable ($6.5 < Ph = 7.07 < 8.5$) et par conséquent aucun risque ne s'impose. Vis-à-vis le pH

b) La conductivité électrique (C.E)

Les résultats de la conductivité électrique (C.E) obtenus en ce point sont donnés dans le tableau (3.16).

Tableau (3.16) : Résultats de(C.E) au point de prélèvement n°2

Temps (jours)	C.E ($\mu\text{s/cm}$)
29/02/2016	1100
02/03/2016	965
06/03/2016	789
09/03/2016	498
13/03/2016	896
16/03/2016	1023
20/03/2016	1060
23/03/2016	987

La figure (3.11) montre la variation de (C.E) au cours du temps au deuxième point de prélèvement

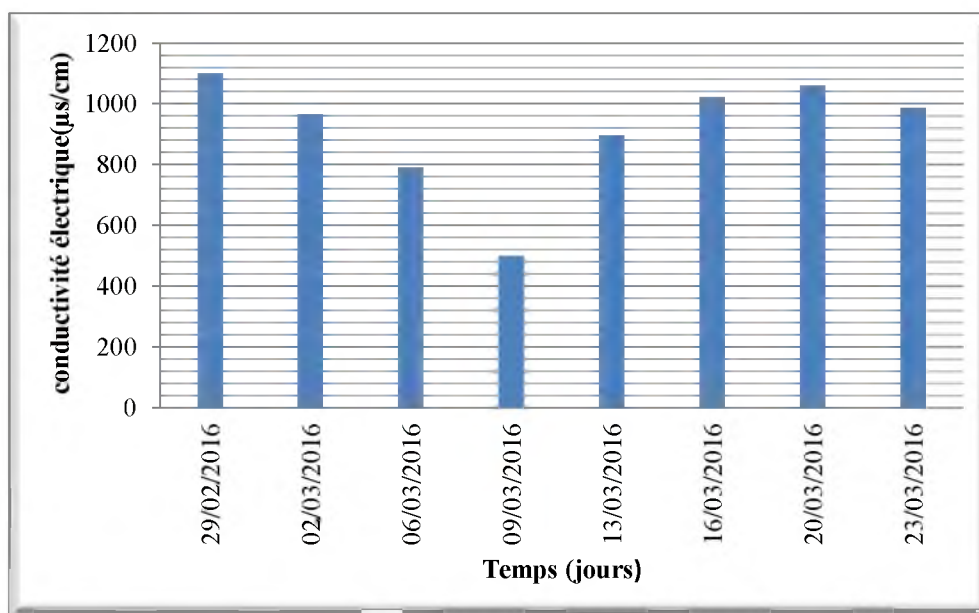


Figure (3.11) : Variation de conductivité électrique au point 2

Donc le suivi, au cours du temps de la conductivité électrique au point du prélèvement numéro 2 (P n°2) a montré quelle fluctue entre 498 et 1100 (µs/cm) avec une moyenne de 914.75 (µs/cm), ce qui permet de considérer cette eau comme une eau à minéralisation élevée. Donc on a aussi une très forte augmentation de la conductivité électrique par rapport au premier lieu de prélèvement à cause du brassage eau de surface et eau des sources thermales.

c) La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O)

Le suivi de la demande chimique en Oxygène (D.C.O), au cours du temps, au deuxième point de prélèvement, permet de dresser le tableau (3.17).

Tableau (3.17) : Résultats de D.C.O au point de prélèvement n°2

Temps (jours)	D.C.O (mg/l)
29/02/2016	39,6
02/03/2016	60,9
06/03/2016	56,4
09/03/2016	66,8
13/03/2016	73,2
16/03/2016	46,2
20/03/2016	50,3
23/03/2016	68,7

La figure (3.12) montre la variation de (D.C.O) au cours du temps au deuxième point de prélèvement

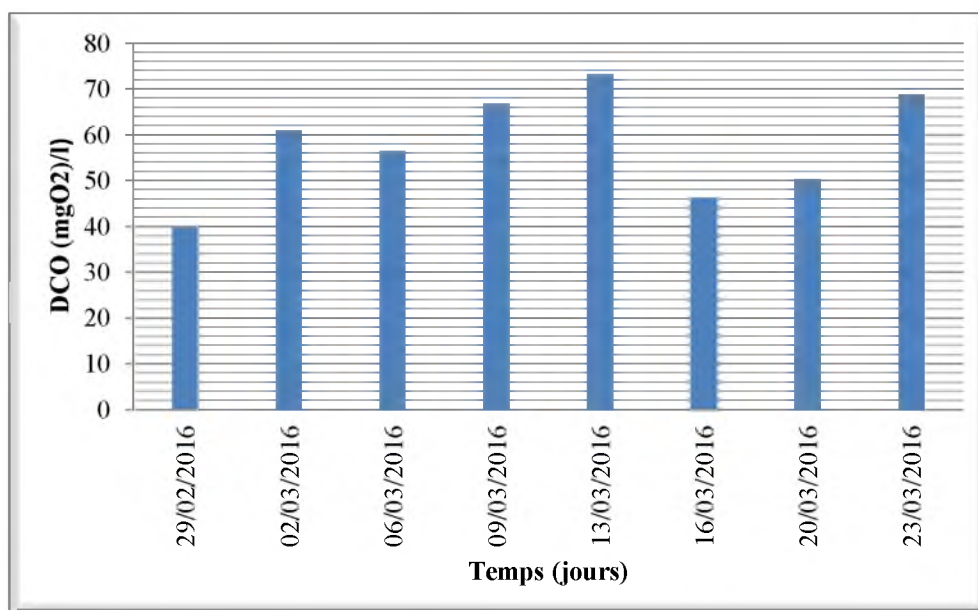


Figure (3.12) : Variation de (D.C.O) au point 2

En ce point nous avons constaté la même variation de la (D.C.O) que le 1^{er} point .En effet, les concentrations varient entre 39.6 mg/l pour le prélèvement du 29/02/2016 jusqu'au 73.2 mg/l au prélèvement du 13/03/2016 avec une moyenne de 57.76 mg/l. Ces valeurs se trouvent sous la norme du rejet dans le milieu naturel, ce qui confirme que la pollution issue des hammams est une pollution thermique alors que la pollution carbonique n'a pas de grand risque. en cet endroit.

d) L'azote des nitrites(NO₂⁻)

Le suivi de l'azote des nitrites (NO₂⁻), au cours du temps, au second point de prélèvement permet d'établir le tableau (3.18).

Tableau (3.18) : Résultats de (NO₂⁻) au point de prélèvement n°2

Temps (jours)	NO ₂ ⁻ (mg/l)
29/02/2016	0,89
02/03/2016	1,45
06/03/2016	0,8
09/03/2016	1,3
13/03/2016	1,06
16/03/2016	1,01
20/03/2016	1,12
23/03/2016	0,95

Sur la figure (3.13) nous avons représenté la variation de (NO_2^-) au cours du temps au deuxième point de prélèvement

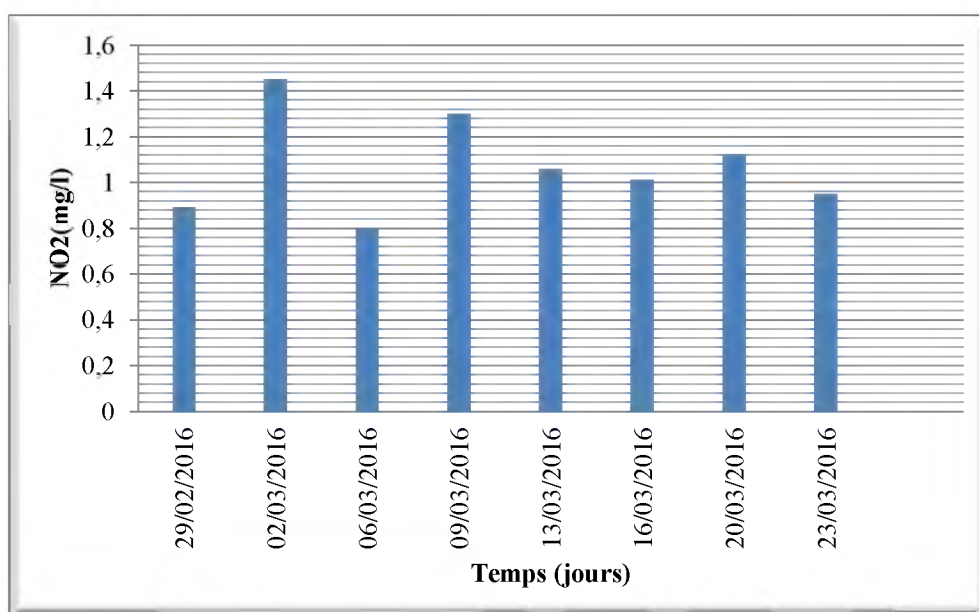


Figure (3.13) : Variation de(NO_2^-) au point 2

Nous remarquons que les valeurs de l'azote des nitrites oscillent entre 0.9 et 1.45 mg/l en donnant une valeur moyenne de l'ordre de 1.07. Les valeurs se trouvent au-dessus de la norme de rejet dans milieu naturel $< 0.01\text{mg/l}$, ce qui confirme que les eaux issues des hammams d'Ouled Ali n'augmentent pas la pollution par l'azote des nitrites et par conséquent n'engendrent pas des risques vis-à-vis l'azote. Du fait qu'il dépasse 1 mg/l on peut dire que cette eau est fortement polluée c'est une eau nocive.

e) Les Ortho-phosphates (OPO_4^-)

Le suivi du l'Ortho phosphate (OPO_4^-), au cours du temps au deuxième point de prélèvement, nous a permis de dressé le tableau (3.19).

Tableau (3.19) : Résultats de l' OPO_4^- au point de prélèvement n°2

Temps (jours)	OPO_4^- (mg/l)
29/02/2016	0,82
02/03/2016	0,91
06/03/2016	0,93
09/03/2016	0,93
13/03/2016	0,92
16/03/2016	0,86
20/03/2016	0,85
23/03/2016	0,95

La figure (3.14) montre la variation de l'OPO₄⁻ au cours du temps au deuxième point de prélèvement

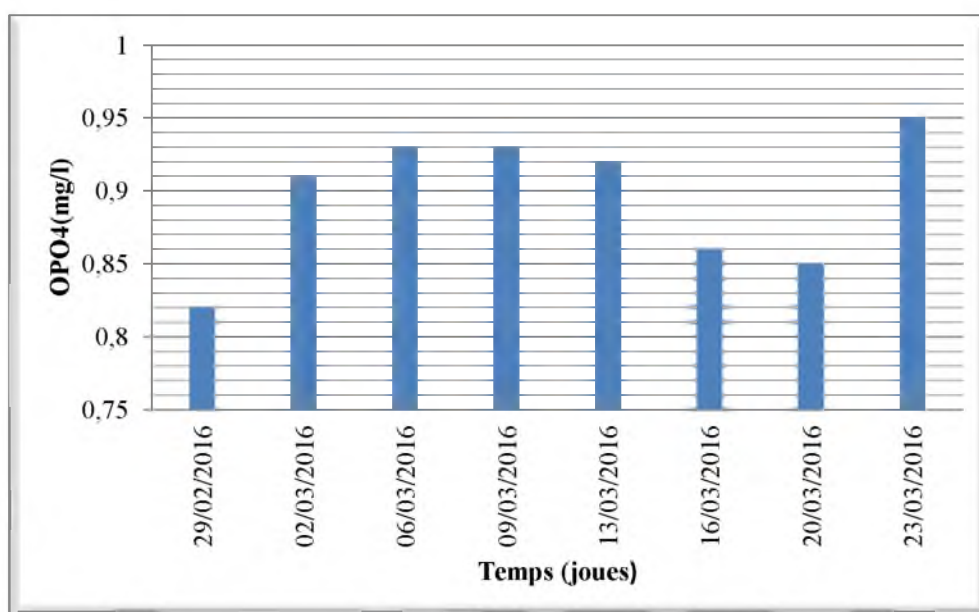


Figure (3.14) : Variation de l'OPO₄⁻ au point 2

Après voir, le taux des ortho-phosphates présent dans l'eau, nous avons analysé les échantillons prélevés au laboratoire, les résultats obtenus montrent que ces derniers (OPO₄⁻) oscillent entre une valeur minimale de 0.82 et une maximale de 0.95 mg/l avec une moyenne entre toutes les valeurs de 0.89 mg/l. Ces résultats confirment que cette eau est de type médiocre vis-à-vis les taux obtenus de l'ortho-phosphate.

f) L'azote ammoniacal (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal NH₄⁺ des échantillons renseigne sur la qualité des eaux. En effet, une valeur dépassant 30 mg/l indique que l'eau analysée est polluée. Les résultats obtenus au second lieu de prélèvement sont représentés dans le tableau (3.20)

Tableau (3.20) : Les valeurs de NH₄⁺ obtenus au point de prélèvement n°2

Temps (jours)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
29/02/2016	15,1
02/03/2016	18,01
06/03/2016	14,2
09/03/2016	16,6
13/03/2016	16,3
16/03/2016	17,56
20/03/2016	13,9
23/03/2016	14,3

La figure (3.15) indique la petite fluctuation de NH_4^+ au cours du temps au second point de prélèvement.

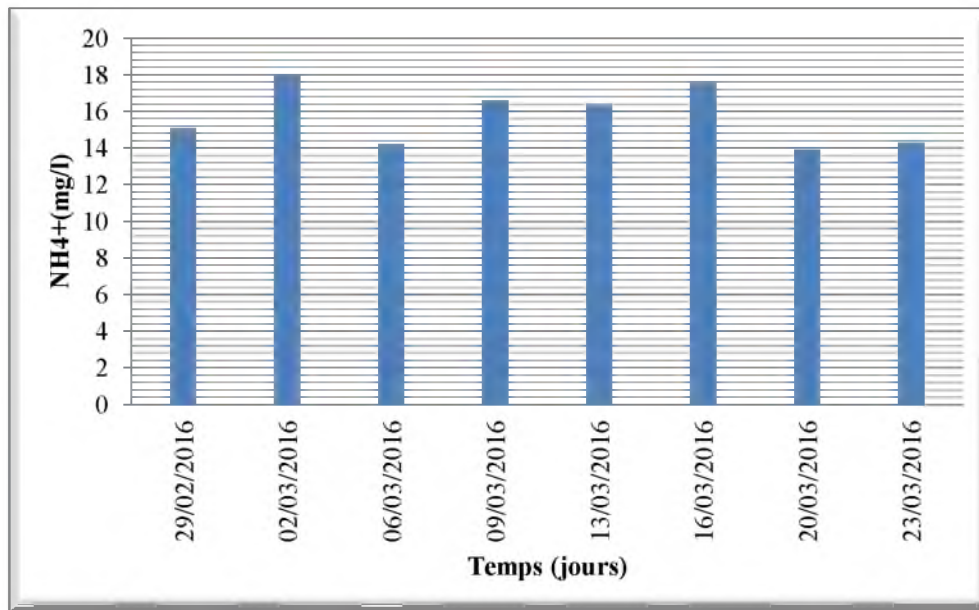


Figure (3.15) : Variation de (NH_4^+) au point 2

Cette représentation montre que les valeurs de l'azote ammoniacal (NH_4^+) oscillent entre les deux valeurs extrêmes, minimale de 13.9 mg/l et maximale de 18.01 mg/l, alors que la moyenne entre eux est égale à 15.74 mg/l.

On constate une légère augmentation des taux de l'azote ammoniacal par rapport au premier point à cause du brassage eau de surface et eau souterraine (eau des sources thermales), malgré cela les concentrations des échantillons en (NH_4^+) restent dans les normes de rejets .c'est à dire que la petite augmentation de l'(NH_4^+) est due aux eaux souterraines

3.5.3 Au troisième point de prélèvement

a) Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le suivi du potentiel d'Hydrogène (pH), au cours du temps, au troisième point de prélèvement, nous a permis de dresser le tableau (3.21).

Tableau (3.21) : Les résultats du pH au point de prélèvement n°3

Temps (jours)	pH
29/02/2016	7,24
02/03/2016	6,98
06/03/2016	6,84
09/03/2016	6,95
13/03/2016	7,36
16/03/2016	7,06
20/03/2016	7,22
23/03/2016	7,38

La figure (3.16) donne la variation du pH au cours du temps au troisième P n°3.

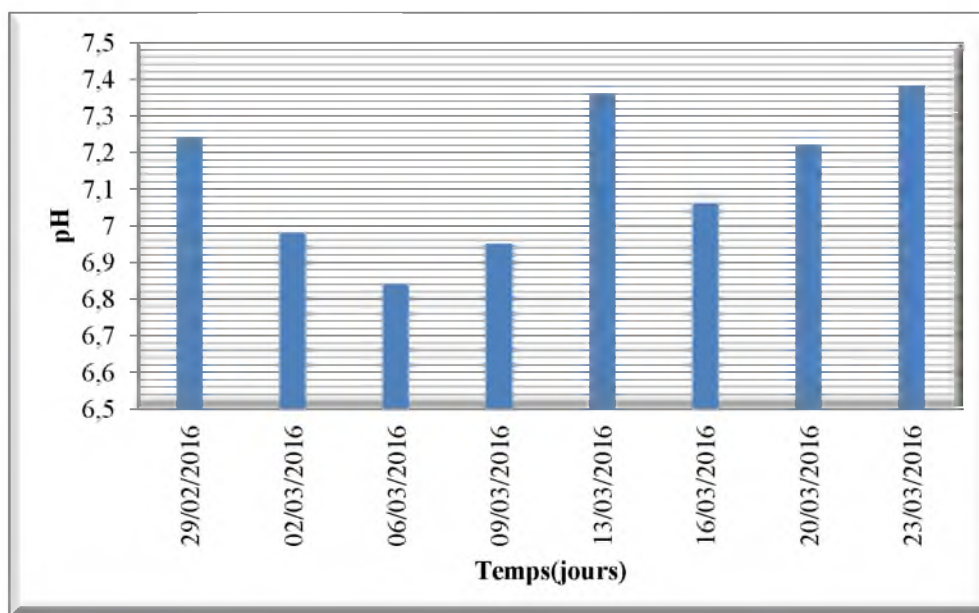


Figure (3.16) : Variation de pH au point 3

Durant la période de prélèvement allant du 29/02/2016 au 23/03/2016 les valeurs du potentiel d'Hydrogène (pH) oscillent entre les deux valeurs extrêmes minimale de 6.84 et maximale de 7.38. Le pH moyen obtenu durant cette période est de l'ordre 7.12.

Le PH obtenu au cours du temps en ce point reste dans les normes d'une eau potable $6.5 < 7.12 < 8.5$, donc aucun risque ne s'impose à cet endroit du point de vue pH.

b) La conductivité électrique (C.E)

Le suivi de La conductivité électrique (C.E), au cours du temps au troisième point de prélèvement, nous a permis de d'établée le tableau (3.22).

Tableau (3.22) : Les résultats de la conductivité électrique au point de prélèvement n°3

Temps (jours)	C.E ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
29/02/2016	1114
02/03/2016	1025
06/03/2016	1012
09/03/2016	789
13/03/2016	1095
16/03/2016	1135
20/03/2016	1120
23/03/2016	1030

La figure (3.17) montre la variation de la C.E au cours du temps au troisième point de prélèvement

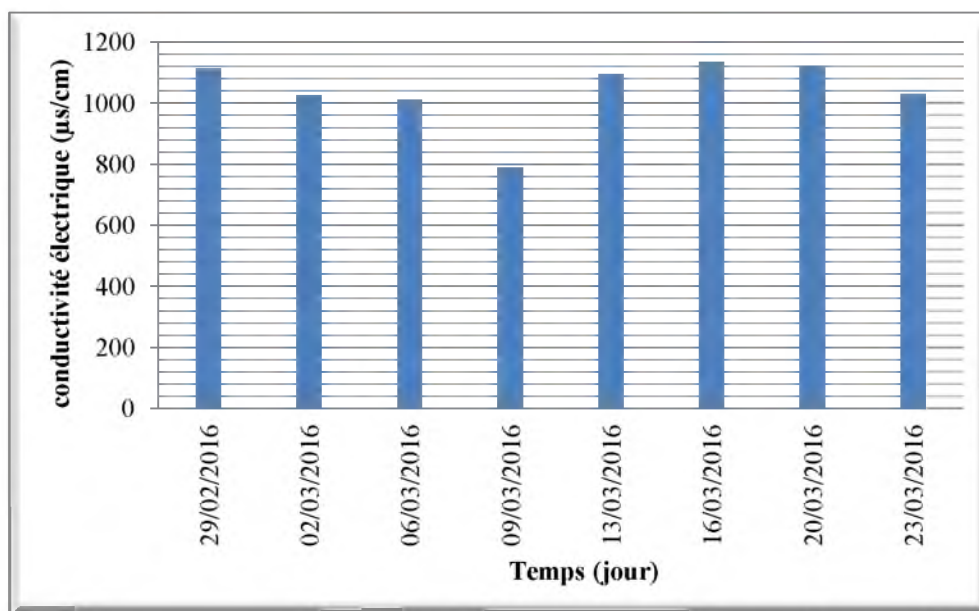


Figure (3.17) : Variation de la conductivité électrique au point 3

Donc le suivi, au cours du temps de la conductivité électrique au point du prélèvement numéro 3 (P n°3) a montré une oscillation des valeurs de la C.E ente 789 et 1135 ($\mu\text{s}/\text{cm}$). La moyenne de ces dernières est de 1040 ($\mu\text{s}/\text{cm}$), ce qui permet de dire que cette eau est à

minéralisation élevée on constate une faible augmentation de la (C.E) par rapport au second point .cette modification da (C.E)est aux eaux usées rejetées par la zone urbain de Bouati.

c) La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O)

La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O) est un paramètre qui donne des informations importantes sur la quantité en matière oxydable existant dans le volume d'eau à analyser. Les résultats obtenus, de ce paramètre, au troisième point de prélèvement sont représentés dans le tableau (3.23).

Tableau (3.23) : Les résultats de D.C.O au point de prélèvement n°3

Temps (jours)	D.C.O (mgO ₂ /l)
29/02/2016	96
02/03/2016	172
06/03/2016	78
09/03/2016	109,65
13/03/2016	162
16/03/2016	123,4
20/03/2016	116
23/03/2016	125

La figure (3.18) montre la variation de D.C.O au cours du temps au troisième point de prélèvement

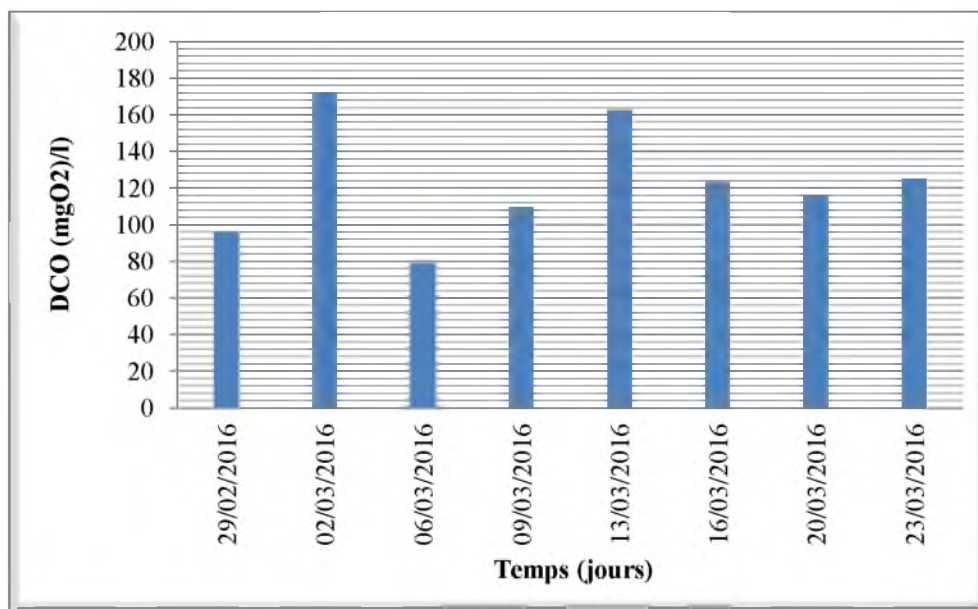


Figure (3.18) : Variation de D.C.O au point 3

Au point N°03 se trouvant à l'aval de la collectivité urbaine de la commune de BOUATI Mahmoud, les valeurs de la D.C.O sont plus importantes que celles obtenues aux points 1 et 2. En effet, leurs valeurs dépasseraient les 100 mg/l dont la moyenne est de 122.75 mg/l. Cette dernière valeur de la D.C.O est due aux eaux usées non épurées rejetées par la zone urbaine de la commune précitées. Toutefois, les valeurs de la pollution carbonique ne sont pas élevées à cause du temps de prélèvement (mois de mars où il pleut durant les jours de prélèvements) c'est-à-dire que l'eau de l'oued est diluée par la gigantesque quantité de pluie d'eau tombait durant cette période.

d) L'azote des nitrites (NO_2^-)

L'azote des nitrites (NO_2^-) est un indicateur de la pollution surtout celle due aux rejets urbains, le suivi de ce paramètre au cours du temps, au troisième point de prélèvement (Pn°3) a donné les informations indiquées dans le tableau (3.24).

Tableau (3.24) : les résultats de NO_2^- au point de prélèvement n°3

Temps (Jours)	NO_2^- (mg/l)
29/02/2016	1,11
02/03/2016	0,85
06/03/2016	0,98
09/03/2016	1,11
13/03/2016	1,03
16/03/2016	1,05
20/03/2016	0,95
23/03/2016	1,03

Pour visualiser la variation de cet élément, nous avons mis sur la figure (3.19) une configuration permettant de déduire la grandeur de sa fluctuation.

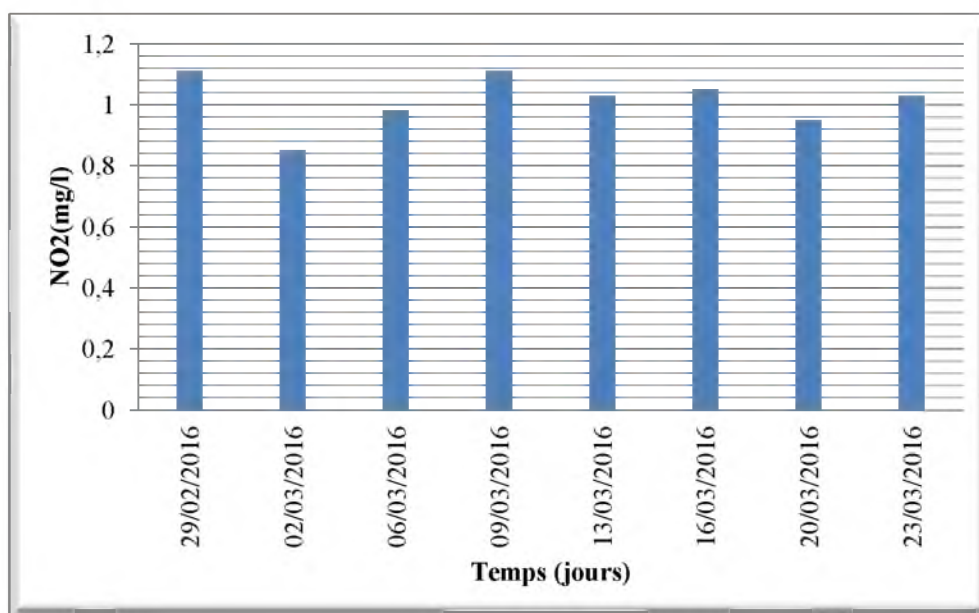


Figure (3.19) : Variation de NO₂⁻ au point 3

Les analyses des prélèvements effectués, pour avoir les concentrations en nitrites, permettent de dire que les valeurs de l'azote des nitrites oscillent entre une valeur minimale de 0.85 et une maximale de 1.11 mg/l. La valeur moyenne de (NO₂⁻) est de l'ordre 1.01 mg/l. Ces résultats dépassent la norme de rejet qui est de l'ordre de 0.5 mg/l ce qui génère des risques de pollution. Car cet élément est nocif voire même cancérigène quand il passe la norme .

e) L'Ortho phosphate (OPO₄⁻)

Le suivi au laboratoire des concentrations de l'Ortho phosphate (OPO₄⁻) au cours du temps, au troisième point de prélèvement, a permis d'extraire les informations mentionnées dans le tableau (3.25).

Tableau (3.25) : Les valeurs de l'OPO₄⁻ obtenues au point de prélèvement n°3

Temps (jours)	OPO ₄ ⁻ (mg/l)
29/02/2016	0,84
02/03/2016	0,8
06/03/2016	0,85
09/03/2016	0,89
13/03/2016	0,96
16/03/2016	0,9
20/03/2016	0,95
23/03/2016	1,2

Pour bien visualiser comment se varie ce paramètre, nous avons tracé la figure (3.20) qui montre sa fluctuation au cours du temps.

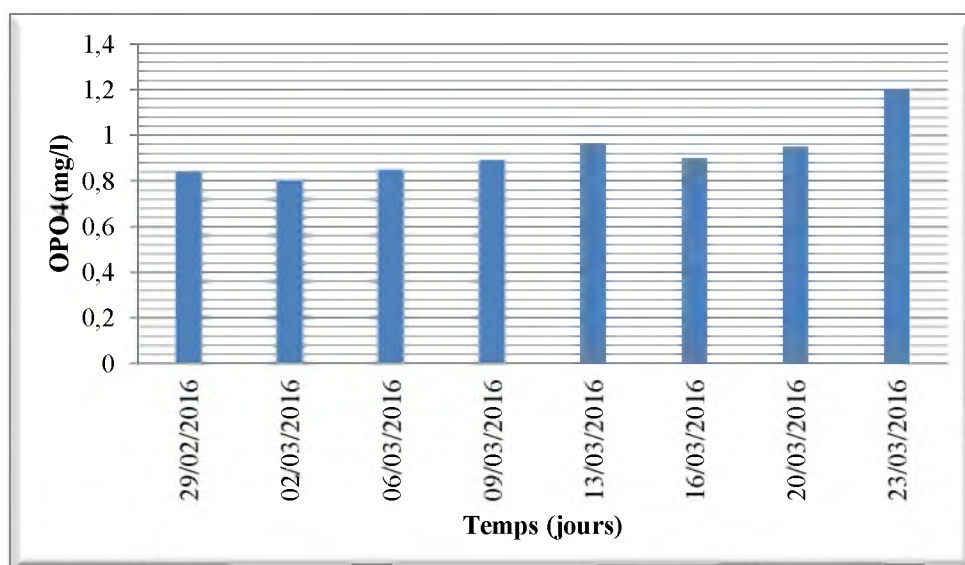


Figure (3.20) : Variation de l'OPO₄⁻ au point 3

Durant la période de prélèvement allant du 29/02/2016 au 23/03/2016, les valeurs de l'Ortho phosphate (OPO₄⁻) oscillent entre 0.80 mg/l et 1.2 mg/l, sa valeur moyenne est de l'ordre 0.92 mg/l.

Les valeurs obtenues sont sous la norme de rejet dans les milieux naturels. Toutefois, les concentrations des (OPO₄⁻) permettent de classer l'eau d'oued El Hammam, d'après le tableau des normes de rejets, comme une eau médiocre.

f) L'azote ammoniacal (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal (NH₄⁺) est un élément toxique sa présence dans l'eau indique une dégradation incomplète des matières organiques, la raison pour laquelle son suivi à l'exutoire de la zone urbaine de BOUATI Mahmoud (PN°3) au cours du temps, s'avère d'une très grande utilité. Le tableau (3.26) donne les concentrations des (NH₄⁺) obtenues à ce point.

Tableau (3.26) : Les valeurs de (NH₄⁺) soutirées au point de prélèvement n°3

Temps (jours)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
29/02/2016	22,4
02/03/2016	23,5
06/03/2016	18,6
09/03/2016	20,4
13/03/2016	24,3
16/03/2016	19,45
20/03/2016	21,1
23/03/2016	20,6

La figure (3.21) montre la variation de (NH₄⁺) au cours du temps au troisième point de prélèvement

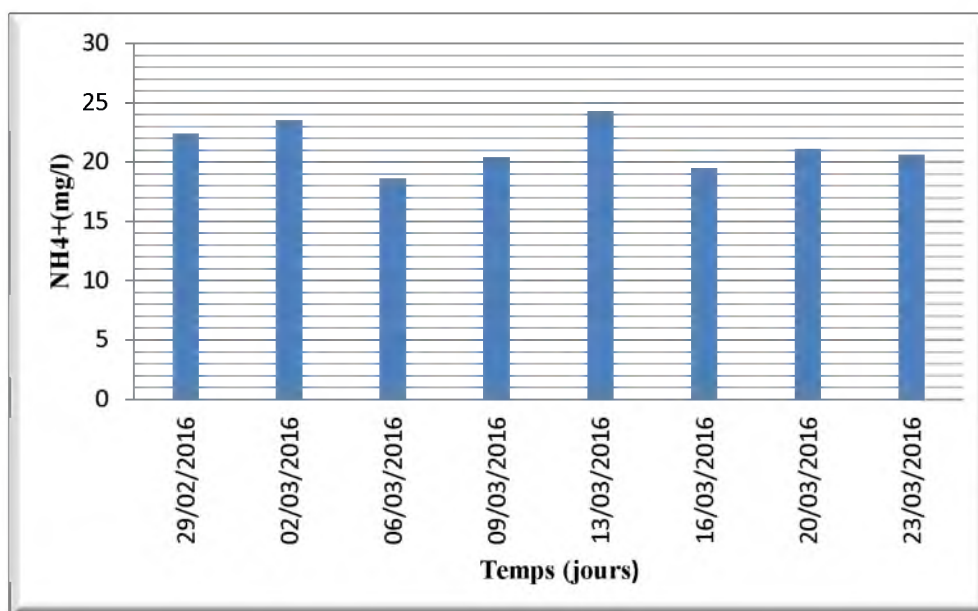


Figure (3.21) : Variation de (NH₄⁺) au point 3

Durant la période de prélèvement allant du 29/02/2016 au 23/03/2016 les valeurs de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) oscillent entre la minimale 18.6 et celle maximale de 24.3 mg/l. La moyenne obtenue est de 21.29 mg/l.

Le point N°03 se trouve juste à l'aval de la zone urbaine de BOUATI et en amont de la conserverie Amor Ben Amor, on remarque que les valeurs sont plus importantes que celles obtenues aux points 1 et 2. En effet, la zone urbaine participe à l'augmentation de l'azote ammoniacal, malgré cela ces valeurs restent sous la norme de rejet dans le milieu naturel à cause de la dilution de la pollution lors des prélèvements (période pluvieuse). on peut dire que

les zone urbaines augmentent la concentration de l'(NH₄⁺) (zone touristique d'ouled ali et urbain de Bouati.)

3.5.4 Au quatrième point de prélèvement

a)Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le quatrième point pris à l'aval de la conserverie de Amor Ben Amor a été choisi pour savoir quelle est l'influence des rejets de cet industrie sur la qualité de l'eau d'Oued-El-Hammam et par conséquent sur les eaux du barrage de Zit-Emba. Six paramètres ont été la cible de nos analyses.

Le suivi du potentiel d'Hydrogène (pH), au cours du temps à la sortie de la conserverie d' Amor Ben Amor (Pn°4) a donné les informations mentionnées dans le tableau (3.27).

Tableau (3.27) : Les résultats du pH obtenus au point de prélèvement n°4

Temps (Jours)	pH
29/02/2016	7,14
02/03/2016	7,12
06/03/2016	7,06
09/03/2016	6,99
13/03/2016	7,86
16/03/2016	8,12
20/03/2016	7,32
23/03/2016	7,16

La figure (3.22) représente la variation du pH au cours du temps au PN°4.

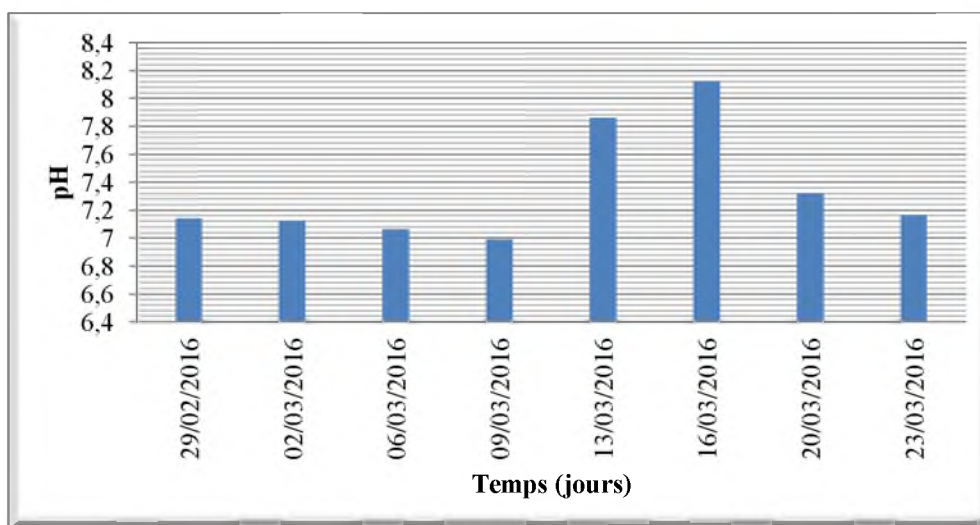


Figure (3.22) : Variation du pH au point 4

Durant la période de prélèvement allant du 29/02/2016 au 23/03/2016 les valeurs du potentiel d’Hydrogène (pH) se trouvent dans l’intervalle compris entre 6.99 et 8.12. La valeur moyenne du pH est de l’ordre 7.34. Les valeurs du pH obtenues, au cours du temps, en ce point reste dans les normes de l’O.M.S d’une eau potable $6.5 < \text{pH} = 7.34 < 8.5$. La qualité de l’eau d’Oued El Hammam, durant cette période et en ce point, n’est pas influencée par le pH.

b) La conductivité électrique (C.E)

Le suivi de la conductivité électrique (C.E), au cours du temps au quatrième point de prélèvement, nous a permis de dresser le tableau (3.28).

Tableau (3.28) : Les valeurs de la C.E obtenues au point de prélèvement n°4

Temps (Jours)	Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
29/02/2016	1147
02/03/2016	1110
06/03/2016	1136
09/03/2016	986
13/03/2016	1234
16/03/2016	1098
20/03/2016	1179
23/03/2016	1120

La variation de la conductivité électrique au cours du temps au quatrième point de prélèvement est représentée sur la figure (3.23).

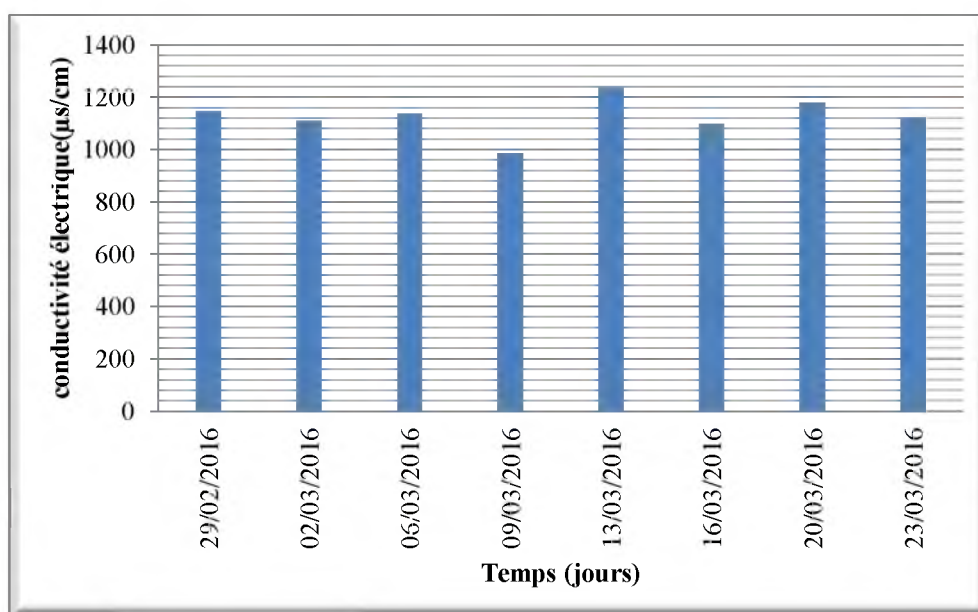


Figure (3.23) : Variation de conductivité électrique au point 4

Donc le suivi, au cours du temps, de la conductivité électrique au point du prélèvement numéro 4 (P n°4) a montré une fluctuation entre 986 et 1234 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) avec une moyenne de 1126.25 ($\mu\text{s}/\text{cm}$), ce qui permet de considérer cette eau comme une eau fortement minéralisée.

c) La Demande Chimique en Oxygène (D.C.O)

Les analyses de la Demande Chimique en Oxygène (D.C.O), des eaux prélevées au point n°4 ont donné les résultats mentionnés dans le tableau (3.29).

Tableau (3.29) : Résultats de la D.C.O obtenus au point de prélèvement n°4

Temps (Jours)	D.C.O (mgO_2/l)
29/02/2016	48
02/03/2016	112,5
06/03/2016	113,2
09/03/2016	85,6
13/03/2016	264
16/03/2016	274
20/03/2016	187
23/03/2016	237

La figure (3.24) illustre la variation de la D.C.O au cours du temps au quatrième point de prélèvement (Pn°4).

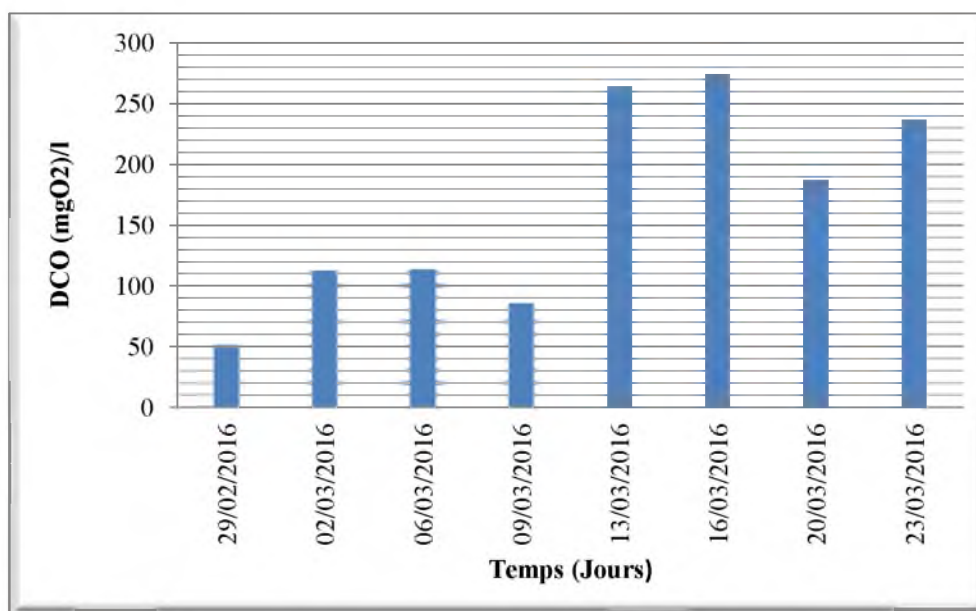


Figure (3.24) : variation de DCO au point 4

Ce lieu de prélèvement se trouve en un endroit susceptible d’être source de pollution des eaux d’Oued El Hammam, cependant, les valeurs de la concentration de la D.C.O obtenues ont une moyenne de 165,16 mg/l, cette dernière qui est supérieure à celle autorisée par O.M.S (130 mg/l), ce qui justifié que la conserverie d’Amor Ben Amor rejette des éléments qui augmentent la D.C.O (matières oxydables par voie chimique).

d) L’azote des nitrites (NO₂⁻)

Le suivi du L’azote des nitrites (NO₂⁻) , au cours du temps au quatrième point de prélèvement, nous a permis de dressé le tableau (3.30).

Tableau (3.30) : les résultats de NO₂⁻ au cours du temps au point de prélèvement n°4

Temps (jours)	NO ₂ ⁻ (mg/l)
29/02/2016	0,95
02/03/2016	0,69
06/03/2016	1,02
09/03/2016	0,86
13/03/2016	1,15
16/03/2016	1,23
20/03/2016	0,9
23/03/2016	1,01

La figure (3.25) montre la variation de l’(NO₂⁻) au cours du temps au quatrième point de prélèvement

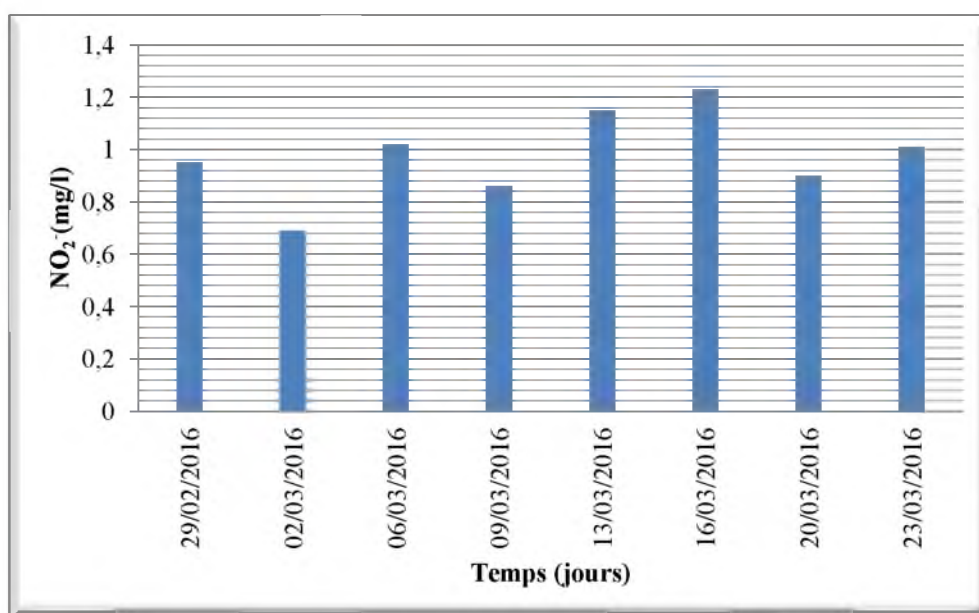


Figure (3.25) : Variation de NO₂⁻ au point 4

Durant de la période de prélèvement les valeurs de l'azote des nitrites oscillent entre les deux valeurs extrêmes minimale de 0.69 (mg/l) et maximale de 1.23(mg/l) .Le NO_2^- la concentration moyenne obtenue est de l'ordre 0.97(mg/l.)

Malgré que ces concentrations sont plus importantes par rapport aux autres point (1,2 et 3)

Ces résultats dépassent également la norme de rejet ce qui rendre cette eau polluée vis-à-vis les concentration des nitrites qui sont nocive .

e) L'Ortho phosphate (OPO_4^-)

Le suivi du L'Ortho phosphate l' OPO_4^- , au cours du temps au quatrième point de prélèvement, nous a permis de dressé le tableau (3.31).

Tableau (3.31) : les résultats d' OPO_4^- au cours du temps au point de prélèvement n°4

Temps (jours)	OPO_4^- (mg/l)
29/02/2016	0,77
02/03/2016	0,92
06/03/2016	0,9
09/03/2016	0,97
13/03/2016	0,89
16/03/2016	0,95
20/03/2016	0,92
23/03/2016	0,9

La figure (3.26) montre la variation de l' OPO_4^- au cours du temps au quatrième point de prélèvement

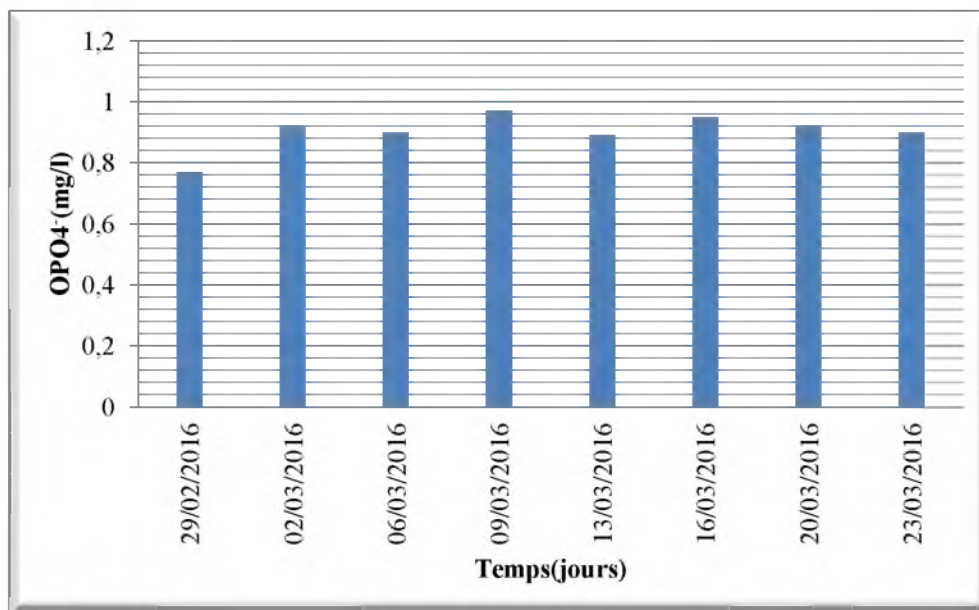


Figure (3.26) : Variation d'OPO₄⁻ au point 4

Durant de Les jours de prélèvement les valeurs de l'Ortho phosphate (OPO₄⁻) oscillent entre les deux valeurs extrêmes minimale de 0.77 mg/l et maximale de 0.97 mg/l. La moyenne de l'(OPO₄⁻) obtenu durant cette période est de l'ordre 0.90 mg/l.

Ces valeurs de l'(OPO₄⁻) caractérisent l'eau en ce point comme médiocre.

f) L'azote ammoniacal (NH₄⁺)

Le suivi du L'azote ammoniacal (NH₄⁺), au cours du temps au quatrième point de prélèvement, nous a permis de dressé le tableau (3.32).

Tableau (3.32) : les résultats de (NH₄⁺) au point de prélèvement n°4

Temps (jours)	NH ₄ ⁺ (mg/l)
29/02/2016	16,1
02/03/2016	14,2
06/03/2016	13,4
09/03/2016	17,23
13/03/2016	16,32
16/03/2016	21,3
20/03/2016	18,1
23/03/2016	17,39

La figure (3.27) montre la variation de NH₄⁺ au cours du temps au quatrième point de prélèvement

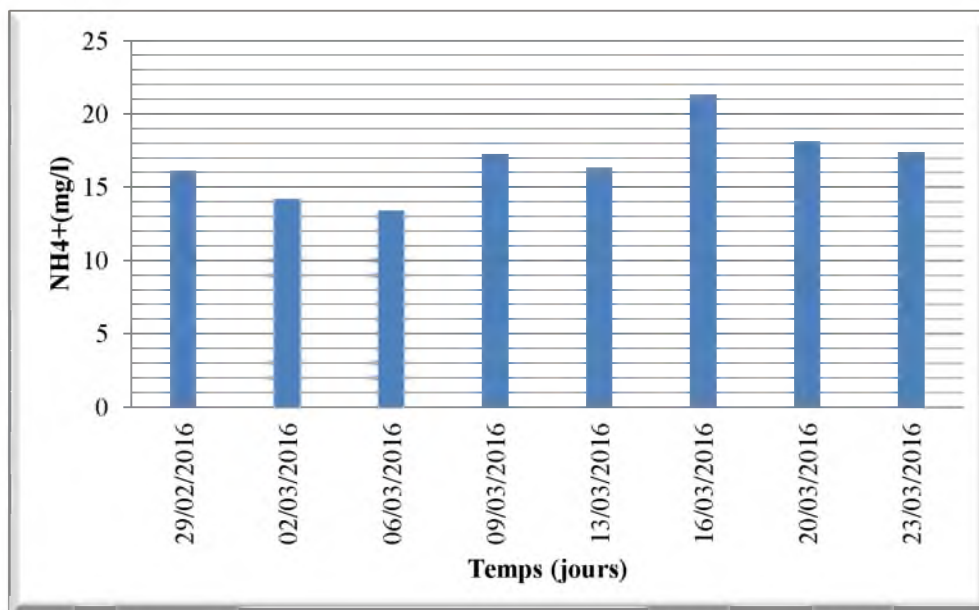


Figure (3.27) : Variation de l' NH₄⁺ au point 4

Durant la période de nos prélèvements les valeurs de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) oscillent entre 13.4mg/l et 21.3mg/l. La moyenne de (NH₄⁺) obtenue durant cette période est de l'ordre de 16.75 mg/l.

Les valeurs obtenues sont inférieures à la norme de rejet qui est de 30mg/l dans un milieu naturel et sont fortement influencées par l'existence de rejets urbains.

3.6 Conclusion

Après avoir interprété les résultats obtenus aux différents lieux de prélèvement choisis le long de l'oued El Hammam, le pH des eaux de cet oued est dans les normes d'eau potable, alors que la valeur de la conductivité électrique indique que les eaux de l'oued El Hammam sont fortement minéralisées du fait que les eaux des sources thermales augmentent considérablement la conductivité électrique.

La D.C.O. de cette eau dépasse les normes seulement au 4^{ème} point d'une part et d'autre part les orthophosphates indiquent que ces eaux sont médiocres et que les plus grandes quantités ont été enregistrées aux zones agricoles, les concentrations des nitrites classent l'eau de cet oued comme une eau nocive.

Enfin, les eaux de l'oued El Hammam sont de mauvaise qualité, voire même en période hivernale.

CONCLUSION



Conclusion Générale

Les eaux de surface sont exposées aux plusieurs types qui peuvent générés des conséquences de pollution désastreuses sur la qualité de l'eau à analyser en se basant sur une crue étude comparative entre des paramètre globaux de pollution et les normes de rejets.

Les principales conclusions qu'on peut tirer d'après les résultats d'analyse des eaux de Oued EL-Hammam sont :

- Le pH des eaux de cet oued est dans les normes d'une potable.
- La conductivité électrique indique que les eaux d'oued EL-Hammam sont fortement minéralisées.
- La D.C.O de cette eau dépasse les normes de rejet seulement au 4^{ème} point.
- Les Orthophosphates (OPO_4^-) indiquent que ces eaux sont médiocres.
- Les nitrites (NO_2^-) classent l'eau de cet oued comme une eau nocive .
- L'azote ammoniacal (NH_4^+) des eaux de cet oued est dans les normes de rejet.

Enfin les eaux d'oued el Hammam sont de mauvaise qualité voir même en période hivernale.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] : http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/rivieres/GuidecorrDernierguidecorrdernier.pdf

[2] : http://eausecours.org/esdossiers/pollution_eau.pdf
pollution_eau.pdf

[3] : http://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGe

[4] : <http://www.eapro.com/upload/useruploads/files/Param%C3%A8tre%20physicochimiques>.

Paramètre-physicochimiques.pdf

[5] : http://moletta-methanisation.fr/documents/Chap4_la_pollution_de_leau
Chap4_la_pollution_de_leau.pdf

[6] : http://elearning.univeloued.dz/main/newscorm/lp_controller.php?cidReq=B01&action=view&lp_id=1.

courspollution.pdf

[7] : <http://www.keneya.net/fmpos/theses/2005/pharma/pdf/05P82.pdf>

[8] : document de Step de Guelma.