

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان  
Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –  
Faculté de TECHNOLOGIE



## MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER ACADEMIQUE**

En : HYDRAULIQUE

Spécialité : RESSOURCES HYDRAULIQUES

Par:

M<sup>lle</sup>. Fatiha DALI

Thème

***QUALITE DES EAUX DE L'OUED OUERDEFFOU  
ET LEURS IMPACTS SUR LES TERRAINS AGRICOLES  
(N.W. ALGERIEN).***

Soutenu publiquement, en Septembre 2024, devant le jury composé de :

M<sup>me</sup>. H. ADJIM-DJEDID

MCB, Univ. Tlemcen

Présidente

M<sup>me</sup>. I. MAROK-GUASMI

MCA, Univ Tlemcen

Directrice du mémoire

M<sup>lle</sup>. Z. SEFROU

MAB, Univ Tlemcen

Examinatrice



# Remerciements



*Tout d'abord, je remercie Dieu qui a toujours été avec moi tout au long de ces années d'études et qui m'a donné la force et la patience pour arriver au terme de ce travail.*

*Je remercie **mes parents** qui ont été à mes côtés et m'ont soutenu ainsi que **mes frères et amies**.*

*Je tiens également à exprimer mes remerciements à **Mme I.MAROK-GUASMI** pour le temps qu'elle m'a accordé malgré sa profession.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à tous les membres de jury qui m'ont honoré et accepté d'examiner ce mémoire de master*

*Je remercie également tous les employés de **la Station de Surveillance Environnementale de Maghnia** pour leur hospitalité, leur aide et leurs encouragements.*

*J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs du département d'hydraulique qui ont contribué à notre apprentissage.*

*Enfin, je ne peux oublier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à*

*l'élaboration de ce mémoire.*

**Fatiha**





# *Dédicace*



*J'ai l'immense honneur de dédier ce mémoire :*

*A*

*Mes très chers parents qui étaient présents pour moi durant toute  
Ma vie,*

*Mes frères*

*Mes très chers amies : ZIOUACHE Chaimaa, CHERIF Khalida,  
KEFIF Yousra et TAHRAOUI Yousra*

*A toutes mes connaissances.*

*A tous mes enseignants qui ont fait leur possible pour nous donner  
le maximum d'information concernant nos études.*

*A toute la promotion RH 2024*

*DALI Fatiha*



# TABLE DES MATIERES

Pages

<b>REMERCIEMENTS</b>	
<b>DEDICACE</b>	
<b>TABLE DES MATIERES</b>	
<b>RESUME</b>	
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b>	
<b>LISTE DES FIGURES</b>	
<b>LISTE DES PHOTOS</b>	
<b>LISTE DES TABLEAUX</b>	
<b>INTRODUCTION GENERALE</b>	i

## *1<sup>ère</sup> Partie : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE*

### *Premier Chapitre: GENERALITES SUR LES EAUX*

<b>I. PROBLEMATIQUE</b>	01
<b>II. OBJECTIFS</b>	01
<b>III. INTRODUCTION</b>	01
<b>IV. GENERALITES</b>	02
<b>A. L'EAU DANS LA NATURE</b>	02
1. Éléments du cycle de l'eau	02
1.1. Précipitations	02
1.2. Ruissellement	02
1.3. Évapotranspiration	02
1.4. Infiltration	03
1.5. Cycle de l'eau	03
<b>B. LES RESSOURCES HYDRIQUES NATURELLES</b>	04
1. Importance des ressources hydriques	04
2. L'eau de pluie	05
3. Les eaux souterraines	05
4. Les eaux de surface	05
<b>C. CARACTERISTIQUES DES EAUX DE SURFACE</b>	05
1. Généralités	05
2. Qualité des eaux superficielles	06
2.1. Paramètres Organoleptiques	07
2.1.1. La couleur	07
2.1.2. L'odeur	07
2.1.3. Gout et saveur	07
2.2. Paramètres physico-chimiques	08
2.2.1. Température (T°C)	08
2.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)	08
2.2.3. La salinité	09
2.2.4. La Conductivité électrique (CE)	10
2.2.5. Matière en suspension (MES)	10
2.2.6. Oxygène dissous (O <sub>2</sub> )	10

2.2.7. Résidu Sec	10
2.2.8. Turbidité	11
2.3. Paramètres relatifs à la pollution	11
2.3.1. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	11
2.3.2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)	11
2.3.3. Les matières dissoutes (MD)	12
2.3.4. Les différentes formes d'azote	12
2.3.4.1. Azote Ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	12
2.3.4.2. Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	12
2.3.4.3. Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	12
2.4. Les Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> )/ Phosphore	13
2.5. Les huiles et graisses	13
2.6. Les Chlorures (Cl)	13
3. Les métaux lourds	14
4. Paramètres biologiques	14
4.1. Indices de biodiversité (macro invertébrés, phytoplancton, zooplancton)	14
4.2. Chlorophylle-a	14
5. Paramètres microbiologiques	14
5.1. Coliformes totaux et coliformes fécaux (Escherichia coli)	14
5.2. Pathogènes spécifiques (virus, bactéries, protozoaires)	14
<b>D. NORMES ET CLASSES DES EAUX DE SURFACE</b>	14
1. Cadre législatif et réglementaire en Algérie	15
1.1. Loi sur l'eau (Loi n° 05-12 du 4 Août 2005) modifiée et complété par le décret exécutif n° 11-219 du 12 Juin 2011)	15
1.2. Décret exécutif (n° 11-219 du 12 Juin 2011)	15
2. Quelques normes de qualité des eaux de surfaces	15
<b>E. QUALITE DES EAUX D'IRRIGATION</b>	17
<b>V. CONCLUSION</b>	18

## *Deuxième Chapitre: POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS*

<b>I. POLLUTION DES EAUX</b>	19
<b>A. INTRODUCTION</b>	19
<b>B. ORIGINES DE LA POLLUTION DES EAUX DE SURFACE</b>	19
1. Pollution agricole	19
1.1. Engrais	19
1.2. Pesticides et herbicides	19
2. Rejets industriels	19
2.1. Métaux lourds	20
2.2. Produits chimiques toxiques	20
3. Rejets domestiques et urbains	20
3.1. Eaux usées domestiques	20
3.2. Ruissellement urbain	20
4. Déchets plastiques	20
4.1. Sacs plastiques, bouteilles et emballages	20
4.2. Micro-plastiques	21
5. Pollution atmosphérique	21

5.1. Gaz à effet de serre et acides	21
5.2. Pluies acides	21
6. Accidents et déversements	22
6.1. Marées noires	22
6.2. Accidents chimiques	22
7. Transport maritime	22
7.1. Rejets de ballast	22
7.2. Fuites de carburant et de produits chimiques	22
8. Déforestation et érosion des sols	22
8.1. Sédiments	22
<b>C. CAUSES DE LA POLLUTION DES EAUX</b>	22
1. Activités industrielles	22
2. Agriculture	23
3. Eaux usées domestiques	23
4. Déforestation et urbanisation	23
5. Décharges et déchets solides	23
<b>D. TYPES DE POLLUTION DES EAUX</b>	23
1. Pollution chimique	23
2. Pollution biologique	23
3. Pollution physique	23
4. Pollution thermique	23
<b>E. EFFETS DE LA POLLUTION DES EAUX</b>	23
1. Sur la santé humaine	23
2. Sur les écosystèmes aquatiques et la biodiversité	24
3. Sur l'économie	24
<b>F. PHENOMENE AUTOEPURATOIR DES COURS D'EAU</b>	25
1. Définition	25
2. Paramètres influençant la vitesse de biodégradabilité	26
2.1. Taux de concentration en oxygène	26
2.2. Débit et vitesse du courant	26
2.3. Fonctionnement des microorganismes	26
2.4. Mécanisme d'assimilation des composés organiques	26
2.5. pH	27
2.6. Température	27
2.7. Géomorphologie	27
3. Seuils des différentes classes de pollution d'eau	27
3.1. Seuils de pollution organique de l'eau	27
3.2. Seuils du phénomène d'eutrophisation	28
3.3. Seuils de pollution par les métaux lourds	28
3.4. Seuils de pollution par les composés inorganiques	28
3.5. Seuils de la salinité de l'eau	28
<b>G. SOLUTIONS POUR LUTTER CONTRE LA POLLUTION DES EAUX</b>	28
1. Traitement des eaux usées	28
2. Gestion durable de l'agriculture	29
3. Réglementation et surveillance	29
4. Réduction des déchets	29
5. Sensibilisation et éducation	29
<b>II. POLLUTION DES SOLS</b>	29
<b>A. SOURCES DE LA POLLUTION DES SOLS</b>	30

1. Activités agricoles	30
1.1. Pesticides et herbicides	30
1.2. Engrais chimiques	30
1.3. Déjections animales	31
2. Activités industrielles	31
2.1. Déchets industriels	31
2.2. Pollution accidentelle	31
3. Déchets solides	31
3.1. Décharges et décharges sauvages	31
3.2. Déchets ménagers	31
4. Activités minières	32
4.1. Extraction et traitement des minerais	32
5. Transports	32
5.1. Emissions de véhicules	32
5.2. Accidents de transport	32
<b>B. IMPACTS DE LA POLLUTION DES SOLS</b>	32
1. Sur les écosystèmes	32
1.1. Perte de biodiversité	32
1.2. Dégradation des habitats	32
2. Sur la santé humaine	32
2.1. Exposition directe	32
2.2. Chaîne alimentaire	32
3. Sur la qualité de l'eau	33
3.1. Lessivage des contaminants	33
3.2. Eutrophisation	33
4. Sur l'agriculture	33
4.1. Réduction de la fertilité du sol	33
4.2. Contamination des cultures	33
<b>C. PREVENTION ET REMEDIATION</b>	33
1. Pratiques agricoles durables	33
1.1. Utilisation réduite et contrôlée des pesticides et des engrais	33
1.2. Gestion des déjections animales	33
2. Réglementation industrielle stricte	33
2.1. Contrôles des rejets industriels	33
2.2. Gestion des accidents	33
3. Gestion des déchets	34
3.1. Recyclage et élimination sûre des déchets	34
3.2. Réhabilitation des décharges	34
4. Techniques de remédiation	34
4.1. Bio-remédiation	34
4.2. Phyto-remédiation	34
4.3. Traitement physique et chimique	34
<b>III. CONCLUSION</b>	34

***Troisième Chapitre: INCOMPATIBILITE DES EAUX, DEPOTS DE SEL  
ET LEURS EFFETS SUR LA PRODUCTION***

<b>I. INTRODUCTION</b>	35
<b>A. PRINCIPAUX METAUX LOURDS TOXIQUES POUR LES EAUX ET LE SOL</b>	35
1. Plomb (Pb)	35
2. Mercure (Hg)	36
3. Cadmium (Cd)	36
4. Arsenic (As)	36
5. Chrome (Cr)	36
<b>B. PRESENCE NATURELLE ET ROLE BIOLOGIQUE</b>	36
1. Présence Naturelle	36
2. Rôle Biologique	37
<b>C. EFFETS SUR LA SANTE HUMAINE</b>	37
<b>D. EFFETS ENVIRONNEMENTAUX</b>	37
<b>II. PREVENTION ET GESTION DE LA CONTAMINATION</b>	38
1. Réduction à la source	38
2. Traitement des déchets et des effluents	38
3. Remédiation des sols contaminés	38
4. Surveillance et gestion des risques	38
<b>III. CONCLUSION</b>	38

***2<sup>ème</sup> Partie : PARTIE EXPERIMENTALE***

***Quatrième Chapitre: DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE***

<b>I. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE</b>	39
1. Données générales	39
2. Contexte Géographique	40
3. Situation du sous bassin de l'Oued Mouilah et ses principaux affluents	41
4. Contexte Géologique	42
5. Contexte Climatique	44
5.1. Pluviométrie	44
5.2. Température	46
5.3. Etude du climat	46
6. Contexte hydrogéologique	47
7. Réseau hydrographique	47
7.1. Oued Mouilah	48
7.2. Oued Ouerdeffou	48
7.3. Oued el Abbés	49
8. Sols et Végétation	50
9. Contexte Agricole	51
<b>II. SOURCES DE POLLUTION DANS LE BASSIN VERSANT DE MOUILLAH</b>	51

1. Pollution d'origine domestique	52
1.1. Pollution domestique de la région d'Oujda	52
1.2. Pollution domestique de la région de Maghnia et Hammam	52
Boughrara	
2. Pollution d'origine industrielle	53
3. Pollution d'origine agricole	53
3.1. L'épandage d'engrais	53
3.2. Le traitement des sols et végétaux	54
3.3. L'élevage	54
4. Pollution provenant du côté Marocain	55
<b>III. PRESENTATION DE L'OUED OUERDEFFOU</b>	55
1. Présentation du site de prélèvement et des points d'échantillonnage	56
2. Quelques notions sur l'Oued Ouerdeffou	58
2.1. Climat	58
2.2. Classification des formations géologiques de l'Oued	58
2.3. Les types de formations sédimentaires de l'Oued Ouerdeffou	58
2.3.1. L'impact des formations sédimentaires sur la qualité	59
de l'eau de l'Oued Ouerdeffou	
2.4. Caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques sur l'oued	59
Ouerdeffou	
2.4.1. Impact sur la qualité de l'eau de l'oued Ouerdeffou	59
2.4.2. Impact de la qualité de l'eau de l'oued Ouerdeffou sur	60
les terrains agricoles	
2.5. Facteurs influençant la qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou	61
2.5.1. Pollution agricole	61
2.5.2. Effluents industriels	61
2.5.3. Rejets domestiques	61
2.5.4. Activités minières	61
2.5.5. Erosion et ruissellement	61
<b>IV. CONCLUSION</b>	61

### *Cinquième Chapitre: MATERIELS ET METHODES*

<b>I. INTRODUCTION</b>	63
<b>II. IDENTIFICATION DES PROTOCOLES DE PRELEVEMENTS</b>	64
<b>A. Protocole de prélèvement</b>	64
1. Domaine d'application	64
2. Préparation des équipements nécessaires	65
2.1. Consignes de sécurité	65
2.2. Appareillages	65
2.3. Matériels	65
3. Prélèvement des échantillons	65
3.1. Méthodes de prélèvement	66
3.2. Remplissage	66
3.3. Etiquetage	67
3.4. Conservation des échantillons	67
<b>B. Paramètres d'analyses physicochimiques</b>	67
1. Paramètres mesurés in situ	67

1.1. Mesure du potentiel d'hydrogène 'pH'	68
1.1.1. Principe	68
1.1.2. Mode opératoire	69
1.2. Mesure de la Température 'T'	69
1.2.1. Mode opératoire	69
1.2.2. Expression des résultats	70
1.3. Mesure de la Turbidité	70
1.3.1. Mode opératoire	70
1.4. Mesure de la Conductivité électrique 'CE'	71
1.4.1. Mode opératoire	71
1.4.2. Expression des résultats	71
1.5. Mesure de la salinité	71
1.5.1. Mode opératoire	72
1.5.2. Expression des résultats	72
1.6. Mesure de l'Oxygène dissous	72
1.6.1. Mode opératoire	72
1.6.2. Expression des résultats	73
2. Paramètres Physico-chimiques mesurés au laboratoire	73
2.1. Mesure des Matières en suspension (M.E.S)	74
2.1.1. Principe	74
2.1.2. Mode opératoire	74
2.1.3. Expression des résultats	75
2.2. Mesure de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO <sub>5</sub> )	76
2.2.1. Principe	76
2.2.2. Mode opératoire	76
2.2.3. Expression des résultats	77
2.3. Mesure de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)	77
2.3.1. Principe	77
2.3.2. Mode opératoire	77
2.3.3. Expression des résultats	78
2.4. Mesure de l'Azote Kjeldahl	78
2.4.1. Objectif	78
2.4.2. Principe	79
2.4.3. Mode Opératoire	79
2.4.3.1. Préparation du matras	79
2.4.3.2. Minéralisation	79
2.4.3.3. Montage de distillation	79
2.4.3.4. Distillation	79
2.4.4. Expression des résultats	80
2.5. Mesure du phosphore totale (TP)	81
2.5.1. Principe	81
2.5.2. Mode opératoire	81
2.5.3. Expression des résultats	81
2.6. Mesure des huiles et graisses 'HG'	82
2.6.1. Principe	82
2.6.2. Mode opératoire	82
2.6.2.1. 1 <sup>ère</sup> extraction	82
2.6.2.2. 2 <sup>ème</sup> extraction	82
2.6.3. Expression des résultats	83
2.7. Mesure des Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	83

2.7.1. Principe	83
2.7.2. Mode opératoire	84
2.7.3. Expression des résultats	84
3. Métaux lourds " <i>Plomb, Cadmium, Fer, Nickel, Cuivre, Cobalt, Manganèse et Zinc</i> "	84
3.1. Principe	85
3.2. Appareillage de mesure	85
3.3. Mode opératoire	85
3.3.1. Prise d'essai	85
3.3.2. Essai à blanc	85
3.3.3. Préparation des gammes de solution d'étalonnage	85
3.3.4. Etalonnage et dosage	86
<b>III. CONCLUSION</b>	86

## *Sixième Chapitre: RESULTATS ET INTERPRETATIONS*

<b>I. INTRODUCTION</b>	87
<b>II. RESULTATS ET DISCUSSIONS</b>	87
<b>A. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES</b>	87
1. La Température	88
2. Le potentiel d'hydrogène 'pH'	88
3. Conductivité électrique	89
4. Salinité 'TDS'	90
5. Oxygène dissous	90
6. Saturation en Oxygène	91
7. Demande Chimique en Oxygène 'DCO'	92
8. Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours 'DBO <sub>5</sub> '	93
9. Rapport DCO/DBO <sub>5</sub>	94
10. Matières en suspension 'M.E.S'	95
11. Huiles et graisses 'HG'	96
12. Azote Kjeldahl 'NTK'	97
13. Phosphore totale 'PO <sub>4</sub> '	98
14. Chlorures 'Cl'	98
<b>B. RESULTATS DES ANALYSES DES ELEMENTS TRACES METALLIQUE (METAUX LOURDS)</b>	99
1. Résultats des analyses des éléments traces dans les eaux de l'oued	99
1.1. Plomb 'Pb'	99
1.2. Chrome 'Cr'	100
1.3. Fer 'Fe'	101
1.4. Nickel 'Ni'	102
1.5. Cuivre 'Cu'	102
1.6. Manganèse 'Mn'	103
1.7. Zinc 'Zn'	104
2. Résultats des analyses des éléments traces dans les sédiments de l'oued	105
2.1. Fer 'Fe', Manganèse 'Mn' et Zinc 'Zn'	105
2.2. Plomb 'Pb', Chrome 'Cr', Nickel 'Ni' et Cuivre 'Cu'	106
<b>III. CLASSES DE QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES</b>	107
<b>IV. CONCLUSION</b>	108

**CONCLUSION GENERALE**  
**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**  
**ANNEXES**

109

## Résumé

L'eau est une ressource essentielle pour la consommation et la vie quotidienne. De cela notre travail s'est basé sur l'évaluation de la qualité physicochimique et organique des eaux de surface de l'oued Ouerdeffou de la commune de Maghnia, Wilaya de Tlemcen ; afin de connaître l'impact des ces eaux sur les terrains agricoles.

Pour connaître la qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou, un contrôle et un suivi ont été effectués sur trois points d'échantillonnages d'eau prélevés au niveau du cours d'eau. Le premier (P<sub>1</sub>) est situé au début de l'oued, le deuxième point (P<sub>2</sub>) au milieu et le troisième (P<sub>3</sub>) et dernier point se situ avant la station d'épuration. Ces eaux prélevées ont subi un procédé d'analyses pour déterminer les paramètres physico-chimiques ainsi que les métaux lourds. Une autre détermination à été faite sur les sédiments du cours d'eau.

Les résultats de cette étude ont montré que les eaux de cet oued sont de mauvaise qualité avec un seuil de pollution dépassant les normes autorisées Algériennes et de l'OMS pour les eaux de surface. Ces eaux sont inaptes pour l'irrigation des terres agricoles.

**Mots clés:** Eaux de surface, Qualité des eaux, paramètres physico-chimique, Oued Ouerdeffou, Maghnia, Tlemcen, Métaux lourds, Pollution, Rejets et Industries.

## Abstract

Water is an essential resource for consumption and daily life. From this our work was bases on the evaluation of the physicochemical and organic quality of the surface water of the Ouerdeffou wadi in the town of Maghnia, wilaya of Tlemcen; in order to know the impact of these waters on agricultural land.

To know the water quality of the Ouerdeffou wadi, control and monitoring were carried out at three water sampling points taken from the watercourse. The first point (P<sub>1</sub>) is located at the beginning of the wadi, the second point (P<sub>2</sub>) in the middle and the third (P<sub>3</sub>) and last point is located before the wastewater treatment plant. These collected waters underwent an analysis process to determine the physicochemical parameters as well as heavy metals. Another determination was made on the sediments of the watercourse.

The results of this study showed that the waters of this wadi are of poor quality with a pollution threshold exceeding the authorized Algian and WHO standards for surface waters. These waters are unsuitable for irrigating agricultural land.

**Keywords:** Surface water, Water quality, Physico-chemical parameters, Oued Ouerdeffou, Maghnia, Tlemcen, Heavy metals, Pollution, Discharges and Industries.

## ملخص

الماء مورد أساسي للاستهلاك و الحياة اليومية. و من هذا المنطلق، اعتمد عملنا على تقييم الجودة الفيزيائية و الكيميائية و العضوية للمياه السطحية لـ **وادي وارفو** ببلدية مغنية، ولاية تلمسان؛ و ذلك لمعرفة تأثير هذه المياه على الأراضي الزراعية.

لمعرفة نوعية المياه في هذا الوادي، تمت المراقبة و المتابعة على مستوى ثلاث نقاط لأخذ عينات من مياه هذا المجرى المائي. حيث تقع النقطة الأولى (P<sub>1</sub>) في بداية الوادي، و الثانية (P<sub>2</sub>) في المنتصف بينما الثالثة و الأخيرة (P<sub>3</sub>) قبل محطة معالجة مياه الصرف الصحي.

خضعت هذه المياه لعملية التحليل لتحديد العوامل الفيزيائية و الكيميائية و كذلك المعادن الثقيلة، كما شملت هذه التحاليل رواسب المجرى المائي.

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مياه هذا الوادي ذات نوعية رديئة مع عتبة تلوث تتجاوز المعايير الجزائرية و منظمة الصحة العالمية المعتمدة للمياه السطحية. تعتبر هذه المياه غير صالحة لري الاراضي الزراعية.

**الكلمات المفتاحية:** المياه السطحية، نوعية المياه، الضوابط الفيزيوكيميائية، وادي وارفو، مغنية، تلمسان، المعادن الثقيلة، التلوث، التصريفات و الصناعات.

## *Liste des Abréviations*

**LISTE DES ABREVIATIONS**

<b>ABREVIATIONS</b>	<b>SIGNIFICATIONS</b>
IQE	<i>Indice de qualité globale de l'eau.</i>
pH	<i>Potentiel d'hydrogène.</i>
H <sub>2</sub> O	<i>Eau.</i>
m/an	<i>Mètre par an.</i>
Km <sup>3</sup> /an	<i>Kilomètre cube par an.</i>
L	<i>Litre.</i>
mm	<i>Millimètre.</i>
%	<i>Pourcentage.</i>
°C	<i>Degré Celsius</i>
H <sup>+</sup>	<i>Hydrogène.</i>
log	<i>Logarithme.</i>
g	<i>Gramme.</i>
Kg	<i>Kilogramme.</i>
mS/cm	<i>Milli Siemens par mètre.</i>
µS/cm	<i>Micro Siemens par mètre.</i>
mg/L	<i>Milligramme par litre.</i>
MES	<i>Matières En Suspensions.</i>
DBO <sub>5</sub>	<i>Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours</i>
DCO	<i>Demande Chimique en Oxygène.</i>
mg O <sub>2</sub> /L	<i>Milligramme d'oxygène par litre.</i>
O <sub>2</sub>	<i>Oxygène.</i>
MD	<i>Matières dissoutes.</i>
MDT	<i>Matières dissoutes Totales.</i>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<i>Ammonium.</i>
NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>	<i>Ammoniac.</i>
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<i>Nitrites.</i>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<i>Nitrates.</i>
OMS	<i>Organisation Mondiale de la Santé.</i>
N.A	<i>Norme Algérienne.</i>
CEE	<i>Certificat d'économie d'énergie.</i>
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	<i>Phosphates</i>
Cl <sup>-</sup>	<i>Chlorures.</i>
HCL	<i>Acide Chlorhydrique.</i>
ETM	<i>Éléments traces métalliques.</i>
IBGN	<i>Indice Biologique Global Normalisé.</i>
IANOR	<i>Institut Algérien de Normalisation.</i>
OD	<i>Oxygène dissous</i>
Pb	<i>Plomb.</i>
Hg	<i>Mercur.</i>
Cd	<i>Cadmium.</i>
UFC	<i>Unités Formant Colonie.</i>
ml	<i>Millilitre.</i>
ANRH	<i>Agence Nationale des Ressources Hydriques.</i>
SO <sub>2</sub>	<i>Oxyde de Soufre.</i>
CO <sub>2</sub>	<i>Dioxyde de Carbone.</i>
m <sup>3</sup>	<i>Mètre cube</i>
Cr	<i>Chrome.</i>
Cu	<i>Cuivre.</i>

Ni	<i>Nickel.</i>
Zn	<i>Zinc.</i>
F	<i>Fluor.</i>
CE / EC	<i>Conductivité électrique.</i>
As	<i>Arsenic.</i>
Fe	<i>Fer.</i>
Mn	<i>Manganèse</i>
Co	<i>Cobalt.</i>
Km <sup>2</sup>	<i>Kilomètre carré.</i>
Km	<i>Kilomètre.</i>
ppm	<i>Partie par million.</i>
m	<i>Mètre.</i>
moy	<i>Moyen / Moyenne.</i>
inf	<i>Inférieur.</i>
N	<i>Nord.</i>
S	<i>Sud.</i>
E	<i>Est.</i>
O / W	<i>Ouest.</i>
ENOF	<i>Entreprise nationale des produits miniers non ferreux et des substances utiles.</i>
ENCG	<i>Entreprise Nationale des corps gras</i>
CERTAT	<i>Usine de céramique</i>
éq habitant	<i>Equivalent Habitant.</i>
m <sup>3</sup> /j	<i>Mètre cube par jour.</i>
mn	<i>Minutes.</i>
L/j/hab	<i>Litre par jour par habitant.</i>
DHW	<i>Direction de l'Hydraulique de la wilaya.</i>
T	<i>Température (°C).</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
Hm <sup>3</sup> /an	<i>Hectomètre cube par an.</i>
ONEDD	<i>Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
PET	<i>Le polyéthylène téréphtalate.</i>
PCB	<i>Polychlorobiphényles.</i>
HAP	<i>Hydrocarbures aromatiques polycycliques.</i>
nm	<i>Nanomètre.</i>
HG	<i>Huile et graisse.</i>

## *Liste des Figures*

## **LISTE DES FIGURES**

<b>Fig. I.1</b> Cycle de l'eau	04
<b>Fig. I.2</b> Echelle du pH	09
<b>Fig. II.1</b> Représentation schématique des différents types de rejets et de pollutions	21
<b>Fig. II.2</b> L'épandage agricole, mode d'élimination privilégié des boues urbaines	30
<b>Fig. II.3</b> Le cycle de l'Azote	31
<b>Fig. III.1</b> Les différents métaux lourds toxiques	35
<b>Fig. IV.1</b> Carte de situation géographique de la région de Maghnia	39
<b>Fig. IV.2</b> Carte des bassins versants en Algérie	40
<b>Fig. IV.3</b> Carte de situation de la plaine de Maghnia	40
<b>Fig. IV.4</b> Carte de situation géographique du bassin de la Tafna (NW. Algérie)	42
<b>Fig. IV.5</b> Carte Structurale du bassin de la Tafna	42
<b>Fig. IV.6</b> Grands traits géologiques du bassin de la Tafna et des régions limitrophes (Extrait de la carte géologique de l'Algérie au 1/500.000)	43
<b>Fig. IV.7</b> Diagramme des précipitations annuelles à la station de Maghnia (1979-2016).	45
<b>Fig. IV.8</b> Variation interannuelle des températures à la station de Maghni (1979/1980 – 2015/2016)	46
<b>Fig. IV.9</b> Diagramme pluviométrique à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)	47
<b>Fig. IV.10</b> Réseau hydrographique de la plaine de Maghnia.	47
<b>Fig. IV.11</b> Localisation de l'Oued Ouerdeffou.	49
<b>Fig. IV.12</b> Localisation de l'Oued el Abbés	49
<b>Fig. IV.13</b> Distribution du couvert végétal dans le bassin de Mouilah.	51
<b>Fig. IV.14</b> Carte de localisation des sources de pollution.	53
<b>Fig. IV.15</b> Carte de localisation des points de prélèvements.	56
<b>Fig. V.1</b> pH mètre de laboratoire	68
<b>Fig. V.2</b> Multi paramètre HACH.	69
<b>Fig. V.3</b> Un thermomètre de laboratoire.	70
<b>Fig. V.4</b> Turbidimètre de laboratoire.	70
<b>Fig. VI.1</b> Variation spatiale de la Température au niveau de l'oued Ouerdeffou.	88
<b>Fig. VI.2</b> Variation spatiale du potentiel d'hydrogène 'pH' au niveau de l'oued.	89
<b>Fig. VI.3</b> Variation spatiale de la conductivité électrique au niveau de l'oued.	89
<b>Fig. VI.4</b> Variation spatiale de la salinité au niveau de l'oued.	90
<b>Fig. VI.5</b> Variation spatiale de l'Oxygène dissous au niveau de l'oued.	91

<b>Fig. VI.6</b>	<i>Variation spatiale de la saturation en Oxygène au niveau de l'oued.</i>	92
<b>Fig. VI.7</b>	<i>Variation spatiale de la Demande Chimique en Oxygène au niveau de l'oued.</i>	93
<b>Fig. VI.8</b>	<i>Variation spatiale de la Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours au niveau de l'oued.</i>	94
<b>Fig. VI.9</b>	<i>Variation spatiale du rapport DCO/DBO5 au niveau de l'oued.</i>	94
<b>Fig. VI.10</b>	<i>Variation spatiale des M.E.S au niveau de l'oued.</i>	96
<b>Fig. VI.11</b>	<i>Variation spatiale des huiles et graisses dans les eaux de l'oued.</i>	96
<b>Fig. VI.12</b>	<i>Variation spatiale de l'Azote Kjeldahl au niveau de l'oued.</i>	97
<b>Fig. VI.13</b>	<i>Variation spatiale du Phosphore totale dans les eaux de l'oued.</i>	98
<b>Fig. VI.14</b>	<i>Variation spatiale des Chlorures dans les eaux de l'oued.</i>	99
<b>Fig. VI.15</b>	<i>Variation spatiale du Plomb dans les eaux de l'oued.</i>	100
<b>Fig. VI.16</b>	<i>Variation spatiale du Chrome dans les eaux de l'oued.</i>	100
<b>Fig. VI.17</b>	<i>Variation spatiale du Fer dans les eaux de l'oued.</i>	101
<b>Fig. VI.18</b>	<i>Variation spatiale du Nickel dans les eaux de l'oued.</i>	102
<b>Fig. VI.19</b>	<i>Variation spatiale du Cuivre dans les eaux de l'oued.</i>	103
<b>Fig. VI.20</b>	<i>Variation spatiale du Manganèse dans les eaux de l'oued.</i>	104
<b>Fig. VI.21</b>	<i>Variation spatiale du Zinc dans les eaux de l'oued</i>	104
<b>Fig. VI.22</b>	<i>Variation spatiale du Fer, du Manganèse et du Zinc dans les sédiments de l'oued.</i>	105
<b>Fig. VI.23</b>	<i>Variation spatiale du Plomb, du Chrome, du Nickel et du Cuivre dans les sédiments de l'oued</i>	106

## *Liste des Photos*

## *Liste des photos*

<b>Photo. IV.1</b>	<i>Photo de l'Oued Ouerdeffou.</i>	55
<b>Photo. IV.2</b>	<i>Localisation du premier point de prélèvement (P<sub>1</sub>)</i>	57
<b>Photo. IV.3</b>	<i>Localisation du deuxième point de prélèvement (P<sub>2</sub>)</i>	57
<b>Photo. IV.4</b>	<i>Localisation du troisième point de prélèvement (P<sub>3</sub>)</i>	57
<b>Photo. IV.5</b>	<i>Terrain agricole riverain de l'oued Ouerdeffou.</i>	60
<b>Photo. V.1</b>	<i>Localisation du premier point de prélèvement (P<sub>1</sub>)</i>	63
<b>Photo. V.2</b>	<i>Localisation du premier point de prélèvement (P<sub>2</sub>).</i>	64
<b>Photo. V.3</b>	<i>Localisation du premier point de prélèvement (P<sub>3</sub>).</i>	64
<b>Photo. V.4</b>	<i>Prélèvement des eaux à analysées au niveau de l'Oued Ouerdeffou.</i>	66
<b>Photo. V.5</b>	<i>Appareil de filtration sous vide.</i>	74
<b>Photo. V.6</b>	<i>Une étuve.</i>	75
<b>Photo. V.7</b>	<i>Appareil Oxitop IS 6</i>	76
<b>Photo. V.8</b>	<i>Centrifugeuse.</i>	78
<b>Photo. V.9</b>	<i>Plaque chauffante.</i>	78
<b>Photo. V.10</b>	<i>Système de distillation type Kjeldahl.</i>	80
<b>Photo. V.11</b>	<i>Distillateur analyseur Kjeldahl</i>	80
<b>Photo. V.12</b>	<i>Spectrophotomètre.</i>	81
<b>Photo. V.13</b>	<i>Les ampoules</i>	82
<b>Photo. V.14</b>	<i>Evaporateur et extracteur.</i>	82
<b>Photo. V.15</b>	<i>Titrateur Titroline automatique.</i>	84

# *Liste des Tableaux*

## **Liste des tableaux**

<b>Tabl.I.1</b> <i>Bilan du cycle de l'eau suivant la saison</i>	04
<b>Tabl. I.2</b> <i>Principales caractéristiques des eaux de surface.</i>	05
<b>Tabl.I.3</b> <i>Variation de la température en fonction de saturation de l'eau en oxygène dissous</i>	08
<b>Tabl. I.4</b> <i>Classification des eaux d'après leur pH</i>	09
<b>Tabl. I.5</b> <i>Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie</i>	17
<b>Tabl. I.6</b> <i>Grille de la qualité des eaux superficielles</i>	17
<b>Tabl. II.1</b> <i>Impact de la pollution des eaux sur la santé et l'environnement</i>	25
<b>Tabl. II.2.</b> <i>Quelques processus de dégradation et d'oxydation et les valeurs correspondantes de température et pH optimaux ainsi que les intervalles où la croissance bactérienne observée</i>	27
<b>Tabl. II.3</b> <i>Seuils de la pollution organique</i>	27
<b>Tabl. II.4</b> <i>Seuils déterminant le degré d'eutrophisation</i>	28
<b>Tabl. II.5</b> <i>Seuils de pollution par les métaux lourds</i>	28
<b>Tabl. II.6</b> <i>Seuils de pollution par les composés inorganiques</i>	28
<b>Tabl.II.7</b> <i>Seuils déterminants la salinité de l'eau</i>	28
<b>Tabl.IV.1</b> <i>Caractéristiques de la station de mesure</i>	44
<b>Tabl.IV.2</b> <i>Pluviométrie mensuelles et annuelles au sous bassin Mouilah</i>	45
<b>Tabl.IV.3</b> <i>Valeurs des précipitations moyennes annuelles à la station de Maghnia (1979/1980 – 2015/2016)</i>	45
<b>Tabl.IV.4</b> <i>Valeurs des Températures moyennes annuelles à la station de Maghnia (1979/1980 – 2015/2016).</i>	46
<b>Tabl.IV.5</b> <i>Valeurs des précipitations et des températures moyennes mensuelles.</i>	46
<b>Tabl.IV.6</b> <i>Caractéristiques des bassins versants de Mouilah et d'Ouerdeffou.</i>	50
<b>Tabl.IV.7</b> <i>Distribution du couvert végétal dans le bassin de l'Oued Mouilah</i>	50
<b>Tabl.IV.8</b> <i>Résultats d'analyse de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO à la frontière Algéro-Marocaine.</i>	52
<b>Tabl.IV.9</b> <i>Types d'engrais utilisés dans la plaine de Maghnia</i>	54
<b>Tabl.IV.10</b> <i>Types de pesticides utilisés dans la plaine de Maghnia</i>	54
<b>Tabl.V.1</b> <i>Résultats des analyses in-Situ des prélèvements par points.</i>	73
<b>Tabl.V.2</b> <i>Instruction de constructeur pour l'étalonnage selon le métal.</i>	86
<b>Tabl.VI.1</b> <i>Résultats des analyses physico-chimiques de l'oued Ouerdeffou.</i>	87
<b>Tabl.VI.2</b> <i>Résultats d'analyse de la Température</i>	88

<i>Tabl.VI.3</i>	<i>Résultats d'analyse du pH</i>	88
<i>tabl.VI.4</i>	<i>Résultats d'analyse de la conductivité électrique</i>	89
<i>Tabl.VI.5</i>	<i>Résultats d'analyse de la salinité</i>	90
<i>Tabl.VI.6</i>	<i>Résultats d'analyse de l'oxygène dissous</i>	90
<i>Tabl.VI.7</i>	<i>Résultats d'analyse de la saturation en oxygène.</i>	91
<i>Tabl.VI.8</i>	<i>Résultats d'analyse de la demande chimique en oxygène.</i>	92
<i>Tabl.VI.9</i>	<i>Résultats d'analyse de la demande biochimique en oxygène en 5 jours.</i>	93
<i>Tabl.VI.10</i>	<i>Résultats d'analyse du rapport DCO/DBO<sub>5</sub>.</i>	94
<i>Tabl.VI.11</i>	<i>Résultats d'analyse des M.E.S.</i>	95
<i>Tabl.VI.12</i>	<i>Résultats d'analyse des huiles et graisses.</i>	96
<i>Tabl.VI.13</i>	<i>Résultats d'analyse de l'Azote Kjeldahl.</i>	97
<i>Tabl.VI.14</i>	<i>Résultats d'analyse du Phosphore totale dans les eaux de l'oued.</i>	98
<i>Tabl.VI.15</i>	<i>Résultats d'analyse des Chlorures dans les eaux de l'oued.</i>	98
<i>Tabl.VI.16</i>	<i>Résultats d'analyse du Plomb dans les eaux de l'oued.</i>	99
<i>Tabl.VI.17</i>	<i>Résultats d'analyse du Chrome dans les eaux de l'oued.</i>	100
<i>Tabl.VI.18</i>	<i>Résultats d'analyse du Fer dans les eaux de l'oued.</i>	101
<i>Tabl.VI.19</i>	<i>Résultats d'analyse du Nickel dans les eaux de l'oued.</i>	102
<i>Tabl.VI.20</i>	<i>Résultats d'analyse du Cuivre dans les eaux de l'oued.</i>	103
<i>Tabl.VI.21</i>	<i>Résultats d'analyse du Manganèse dans les eaux de l'oued.</i>	103
<i>Tabl.VI.22</i>	<i>Résultats d'analyse du Zinc dans les eaux de l'oued.</i>	104
<i>Tabl.VI.23</i>	<i>Résultats d'analyse du Fer, du Manganèse et du Zinc dans les sédiments de l'oued.</i>	105
<i>Tabl.VI.24</i>	<i>Résultats d'analyse du Plomb 'Pb', Chrome 'Cr', Nickel 'Ni' et Cuivre 'Cu' dans les sédiments de l'oued.</i>	106
<i>Tabl.VI.25</i>	<i>Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie.</i>	107
<i>Tabl.VI.26</i>	<i>Grille de la qualité des eaux superficielles.</i>	107
<i>Tabl.VI.27</i>	<i>Récapitulatif de la qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou au niveau des trois points de prélèvement</i>	108



*Introduction  
générale*

## **INTRODUCTION GENERALE**

L'eau est une ressource vitale, couvrant environ 70% de la surface terrestre et essentielle à la vie. Elle existe sous trois états: liquide, solide (glace) et gazeux (vapeur). Bien que l'eau douce ne représente que 2% de l'eau totale sur Terre, elle est cruciale pour la consommation humaine, l'agriculture et l'industrie.

L'eau potable en Algérie est produite à partir des ressources superficielles, principalement des cours d'eau et des barrages. Ces dernières sont souvent affectées par le phénomène d'eutrophisation, qui est une forme de pollution et d'asphyxie dont les conséquences s'observent sur les écosystèmes aquatiques et les usages des eaux douces, qui génère un certain nombre de problèmes de qualité d'eau et que le producteur d'eau potable doit affronter.

L'accès à l'eau potable est un droit fondamental, mais sa gestion est complexe en raison de la pollution et de la répartition inégale. La prise de conscience des enjeux environnementaux a conduit à une approche intégrée pour protéger cette ressource précieuse, faisant de l'eau un enjeu global et local plus répandus. Au cours des 20 dernières années, le terme "eutrophisation" a été employé pour décrire l'enrichissement des plans d'eau par l'apport artificiel et indésirable de substances nutritives favorisant le développement végétal (Semaoune, 2008). Cependant, le terme d'eutrophisation est couramment utilisé pour désigner un plan d'eau caractérisé par une prolifération algale intense. Cette accumulation de matière végétale peut entraîner des altérations de la qualité de l'eau et entraver l'utilisation de cette ressource vitale pour l'homme (Bernard, 2001).

Cette pollution des cours d'eau s'accroît où l'urbanisation et les activités humaines (industrielles et/ou agricoles) sont nombreuses. Ces facteurs humains vont par le biais des eaux de ruissellement enrichir au niveau de l'exutoire les réserves de ces barrages en éléments nutritifs.

La pollution des eaux et des sols est un problème majeur qui affecte gravement l'environnement et la santé humaine. Elle est causée principalement par les activités humaines, notamment:

- Les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles contenant des substances chimiques toxiques, des métaux lourds, des pesticides et des détergents,
- Le ruissellement des engrais et pesticides utilisés en agriculture,
- Le lessivage des terres agricoles,
- Les déchets solides et les décharges sauvages,
- Les déversements accidentels.

La pollution se manifeste sous différentes formes:

- Pollution chimique par les nitrates, phosphates, métaux lourds, pesticides, etc.
- Pollution bactériologique par les microorganismes pathogènes
- Pollution par les déchets solides et plastiques,

L'objectif essentiel de notre contribution consiste à suivre la qualité des eaux de l'oued ouerdeffou et leurs impacts sur les terrains agricoles.

Ce travail a été réalisé au niveau du Laboratoire de chimie et de traitement des eaux au niveau de la direction de la station de surveillance environnementale pour étudier la qualité des eaux d'oued Ouerdeffou dans la région de Maghnia, durant une période de 15 jours allons du 03 mars au 19 mars 2024. Le suivi de la qualité des eaux de ce cours d'eau s'est effectué au niveau de trois (03) points P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub>.

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de suivie de la qualité des eaux superficielles. Cette étude est subdivisée en deux (02) parties:

✚ La 1<sup>ère</sup> partie porte sur une synthèse bibliographique, cette partie est scindée en elle-même en trois (03) chapitres :

- Le premier chapitre comprend généralités sur les eaux,
- Le second chapitre à pour objectif de donner des notions de pollution des eaux et des sols,
- Et le troisième chapitre met en évidence la toxicité des métaux lourds présents dans le sol et l'eau.

✚ La 2<sup>ème</sup> partie est la partie expérimentale qui est subdivisée en trois (03) chapitres.

- Le quatrième chapitre a pour objectif de présenter la zone d'étude,
- Quant au cinquième chapitre, il est consacré à la partie matériel et méthode utilisés pour les analyses in situ et au laboratoire,
- En fin le sixième chapitre, est subdivisé lui-même en trois (03) parties:
  - 1<sup>ère</sup> partie dédiée aux résultats et interprétation des analyses des paramètres physico-chimiques sur les eaux du cours d'eau,
  - 2<sup>ème</sup> partie comprend les résultats et interprétation des analyses des métaux lourds dans les eaux du cours d'eau,
  - Et la 3<sup>ème</sup> partie comprend les résultats et interprétation des analyses des métaux lourds dans les sédiments au niveau du cours d'eau,

Et on termine avec une conclusion générale qui résume l'essentiel de notre travail.

*1<sup>ère</sup> Partie :*

*Synthèse Bibliographique*

*Chapitre I :*

*Généralités sur les  
Eaux*

## *Premier Chapitre : GENERALITES SUR LES EAUX*

### **I. PROBLEMATIQUE**

Dans le cadre d'évaluer de connaître l'état de nos cours d'eau et leur qualité auto-épuratrice et en vertu de la réglementation en vigueur (en matière de normes et de contrôle), nous avons consacré la présente étude à l'évaluation de la qualité des eaux d'un l'Oued et son impact sur le Barrage Boughrara et les terres agricoles limitrophes. Il s'agit de l'Oued Ouerdeffou, un des affluents de l'Oued Mouilah appartenant au bassin versant de la Tafna situé à Maghnia dans la wilaya de Tlemcen. Cet Oued déverse dans le Barrage Boughrara et sa qualité peut portée préjudice sur les eaux du Barrage.

### **II. OBJECTIFS**

L'objectif initial de cette étude été de déterminer la qualité des eaux par le calcul de l'indice de qualité globale de l'eau (IQE) effectué sur les paramètres physico-chimiques pour mettre en évidence l'évolution temporelle saisonnière et spatiale de la pollution de l'Oued Ouerdeffou.

Cet objectif à été détourné suite au manque et à la restriction de données d'analyses sur l'historique d'étude de cet oued sous prétexte de la confidentialité. L'étudiante s'est contentée des résultats d'analyses effectuées par elle-même.

Dans ce contexte, l'objectif à été détourné vers l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Ouerdeffou en déterminant les paramètres physiques tels que : le pH, la température, etc. ; chimiques tels que : les éléments de pollution et les métaux lourds ; ainsi que la faisabilité ou non de son utilisation pour l'irrigation.

Les résultats de cette étude contribueront à l'évaluation de la qualité des eaux et leur impact sur les terrains agricoles et à la mise en place de normes pour améliorer la gestion des ressources en eau.

### **III. INTRODUCTION**

L'eau, ce mot très court est porteur d'innombrables significations et sujet à une foule d'idées enracinées dans notre culture générale et notre vision du monde (Bleu, 2005 ; Margat & Andréassian, 2008).

Un des quatre éléments primordiaux des mythes antiques, composante sous trois états de l'hydrosphère planétaire et constituant de tout être vivant, H<sub>2</sub>O des chimistes et flotte du vulgaire, l'eau est à la fois boisson, milieu de vie aquatique, de natation et de nautisme, décor mobile «fontaine et jets», moyen de défense ou de répression, puissance qui fait tourner les moulins et les turbines. Elle sert à désaltérer, à mouiller, à dissoudre, à délayer, à laver, à chauffer, à arroser, à éteindre les incendies, à soigner et noyer, à pousser

Archimède, à réfléchir narcisses, à sauver Moïse, à perdre Ophélie (Margat & Andréassian, 2008).

La multiplicité et la diversité des idées reçues sur l'eau peuvent être attribuées aux perceptions partielles disparates de cette extraordinaire variété des rôles de l'eau dans la nature et la société.

## **IV. GENERALITES**

L'eau joue un rôle crucial dans la vie et le bon fonctionnement de la planète Terre, car elle représente environ 70 à 80% de sa surface totale. L'eau joue un rôle essentiel dans les écosystèmes naturels et dans la régulation du climat. Le mouvement continu est appelé le cycle hydrologique.

### **A. L'EAU DANS LA NATURE**

#### 1. Éléments du cycle de l'eau

L'eau sous ses différents états physiques (gazeux, liquide, solide) suit un vaste cycle dans la nature (Boeglin, 2008).

##### 1.1. Précipitations

La vapeur d'eau atmosphérique se condense en nuages qui engendrent les précipitations sous forme de pluie, de neige ou de grêle. Ces précipitations constituent actuellement l'origine de presque toutes nos réserves en eau douce. Elles sont très variables d'une région à l'autre suivant le climat et le relief qui sont les facteurs essentiels. La mesure des précipitations s'exprime par la valeur de la lame d'eau moyenne tombée annuellement à un endroit considéré. Cette valeur qui est nulle dans les régions désertiques peut atteindre jusqu'à 14 m/an dans l'Himalaya. Le volume total des précipitations sur les continents est estimé à environ 100 000 km<sup>3</sup>/an (Boeglin, 2008).

##### 1.2. Ruissellement

Parvenue sur le sol, une partie des précipitations s'écoule à sa surface vers le réseau hydrographique et les étendues d'eau libre (lacs, mers, océans), c'est le ruissellement de surface. Il ne faut pas confondre ce ruissellement avec l'écoulement qui comprend en plus le déversement des nappes souterraines.

##### 1.3. Évapotranspiration

C'est la somme de toutes les pertes par transformation d'eau en vapeur. On distingue deux composantes :

✓ L'évaporation constituée par le retour direct de l'eau à l'atmosphère et qui est un phénomène purement physique dépendant en particulier du déficit hygrométrique, c'est-à-dire de la différence entre la pression de vapeur saturante à la température considérée et la pression de vapeur réelle.

✓ L'autre composante est constituée par la transpiration des plantes qui est égale au volume d'eau transitant par les plantes et nécessaire à leur croissance. On l'estime de 300 à

1 000 L d'eau par kilogramme de matière sèche végétale. La transpiration se produisant par les feuilles, l'eau contenue dans la plante est constamment renouvelée par les racines qui «pompent» l'humidité du sol. La transpiration est loin d'être un phénomène négligeable (Boeglin, 2008).

**Exemple** : une forêt de hêtres transpire annuellement 70 à 540 mm d'eau suivant son âge.

#### 1.4. Infiltration

Une partie des précipitations pénètre dans le sol et dans le sous-sol où elle alimente les eaux souterraines constituant le stock d'eau du sol et les réserves des nappes aquifères. Une partie de ces eaux souterraines retournera naturellement ou artificiellement à la surface du sol d'où elle participera à l'écoulement général où à l'évapotranspiration.

#### 1.5. Cycle de l'eau

En définitive, il existe une circulation de l'eau analogue à celle que provoquerait un gigantesque appareil distillatoire. Le cycle se trouve donc fermé comme le montre la figure I.1., ce qui se traduit par un bilan global exprimant l'égalité des pertes et des gains (Boeglin, 2008).

$$\text{Précipitations} = \text{Ruissellement} + \underbrace{\text{Evaporation} + \text{Transpiration}}_{\text{Evapotranspiration}} + \text{Infiltration}$$

L'eau est un corps essentiel pour tous les organismes vivants. 71 % de la surface de la terre est recouverte d'eau, soit 97 % d'eau salée et 3 % d'eau douce dans différents réservoirs. L'eau peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements d'états dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques. Le cycle de l'eau (**Fig. I.1**) décompose le phénomène complexe de ces transformations successives de l'eau en différents états. Les trois phases principales du cycle peuvent être résumées ainsi : évaporation, précipitation, écoulements souterrains et ruissellement. Leur élément moteur est l'énergie solaire.

En fonction des caractéristiques géologiques du sous-sol, les eaux souterraines peuvent connaître de longues périodes d'emmagasinement de l'ordre du millénaire. Les eaux de surface résultent des précipitations. Une partie de cette eau s'évapore et retourne dans l'air sous forme de vapeur d'eau. La deuxième durcit à cause du froid, ou s'écoule à la surface du sol et pénètre jusqu'à la nappe phréatique. Le cycle de l'eau se fait donc, par évaporation permanente des eaux de mer ou de rivière, formant des nuages et des brouillards, puis retombent sous forme de précipitations (pluie ou neige) dans les lacs, rivières et océans (Merzoug, 2022).

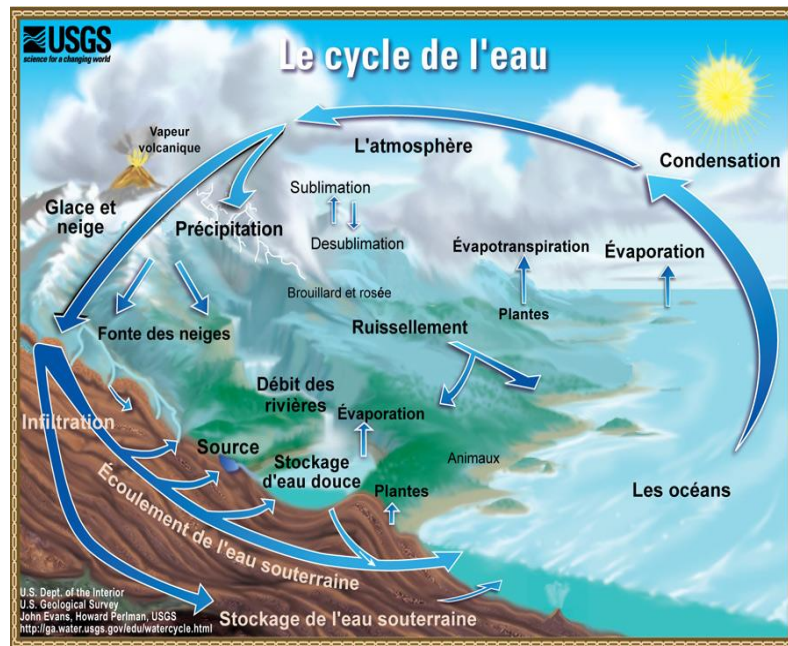


Fig. I.1 : Cycle de l'eau [1]

Les éléments du bilan hydrologique peuvent être évalués localement dans des installations expérimentales appelées lysimètres qui utilisent le sol lui-même comme appareil de mesure. Sous nos climats et dans une région de sol sédimentaire, les éléments du bilan se décomposent suivant la saison comme indiqué dans le tableau I.1.

Tableau. I.1 : Bilan du cycle de l'eau suivant la saison (Boeglin, 2008).

Étape	En été	En hiver
Ruissellement	15%	25%
Evaporation	25%	10%
Infiltration	25%	65%
Transpiration	35%	-

Les chiffres du tableau I.1 nous montrent l'influence des précipitations hivernales pour la constitution des réserves, principalement pendant la fonte des neiges. Toutes ces données sont des données moyennes, car elles dépendent de la topographie et de la nature de la roche constitutive du sol.

## B. LES RESSOURCES HYDRIQUES NATURELLES

### 1. Importance des ressources hydriques

L'eau est une ressource vitale pour la vie sur terre, essentielle à de nombreux aspects de notre quotidien et à la préservation des écosystèmes. Il est crucial de prendre des mesures pour protéger et préserver cette ressource précieuse, en veillant à sa qualité et à sa disponibilité pour les générations futures. La gestion durable de l'eau et la sensibilisation à son importance sont des enjeux majeurs pour assurer un avenir durable pour notre planète.

## 2. L'eau de pluie

L'eau de pluie est une ressource naturelle qui se forme à partir de la condensation de l'humidité atmosphérique. Sa composition chimique peut varier en fonction de la qualité de l'air traversé. Il est important de noter que, de nos jours, l'eau de pluie est généralement considérée comme non potable en raison de la pollution atmosphérique et des contaminants qu'elle peut contenir. Il est donc recommandé de ne pas la consommer directement sans traitement adéquat.

## 3. Les eaux souterraines

Les nappes captives sont des réservoirs d'eau souterraine situés plus profondément que les nappes phréatiques et protégés par une couche imperméable. Leur alimentation se fait par infiltration sur leurs bordures, et leur composition chimique dépend de la nature du terrain sous lequel elles se trouvent. Bien qu'elles répondent généralement aux normes de potabilité et soient considérées comme des eaux propres, elles peuvent perdre leur pureté en cas de contamination par des polluants. Il est donc essentiel de protéger ces ressources en limitant les risques de pollution et en surveillant leur qualité de manière régulière (Aouissi & Merabti, 2019).

## 4. Les eaux de surface

Les eaux superficielles ou de surface, qualifient toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les réservoirs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les mers, les estuaires, etc. Elles contrastent avec les eaux souterraines qui jaillissent dans les sources, l'eau et la vapeur d'eau sur les pôles et dans les glaciers sous forme de glace dans l'atmosphère. Cependant, qu'elles soient issues des eaux naturelles ou artificielles, toutes ces eaux participent (ou subissent) le cycle de l'eau (Larbi, 2004).

# **C. CARACTERISTIQUES DES EAUX DE SURFACE**

## 1. Généralités

Les eaux sont souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par les activités urbaines, industrielles et agricoles. En effet, la qualité des eaux de surface varie fortement suivant leurs origines. Elles sont naturellement riches en matières en suspension et en matières organiques naturelles ainsi qu'aux acides peu minéralisées, elles sont également vulnérables aux pollutions ; car leur qualité varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours au cours d'eau de diluer, de s'auto épurer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut être utilisée pour la consommation humaine (Larbi, 2004).

De ce fait, les eaux de surface nécessitent des installations de traitement conséquentes comprenant généralement des opérations de chloration, coagulation, floculation, décantation/flottation, filtration, minéralisation. Les eaux superficielles riches en matières en suspension ou substance dissoutes étant donné que les charges en suspension et en solution peuvent contenir des polluants, elles ne peuvent en principe être

utilisées à des fins domestiques ou industrielles qu'après un traitement adéquat afin d'obtenir une eau traitée ou potable (Hamed & al. 2012).

Il existe de nombreuses propriétés importantes des eaux de surface, notamment la température, la salinité, la turbidité et les niveaux de nutriments dissous, tels que l'oxygène et le dioxyde de carbone (Tableau. I.2). Ces facteurs affectent tous le climat et la biodiversité dans et autour de la masse d'eau.

Etant donné que les eaux de surface sont faciles à localiser, elles sont utilisées directement à partir des cours d'eaux sans aucun traitement préalable par certains agriculteurs pour l'irrigation de leurs terres agricoles. Ce qui peut engendrer des dégâts innombrables sur la santé humaine.

**Tableau. I. 2 :** Principales caractéristiques des eaux de surface.

<b>Paramètres</b>	<b>Caractéristiques</b>
<i>Température</i>	Variable suivant les saisons
<i>Turbidité, MES</i>	Variable parfois élevée
<i>Couleur</i>	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides
<i>Minéralisation globale</i>	Variable en fonction des terrains, des précipitations
<i>Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup></i>	Généralement absent, sauf en profondeur des pièces d'eaux en état d'eutrophisation
<i>CO<sub>2</sub> agressif</i>	Généralement absent
<i>O<sub>2</sub> dissous</i>	Le plus souvent au voisinage de la saturation
<i>H<sub>2</sub>S</i>	Généralement présent
<i>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></i>	Présent seulement dans les eaux polluées
<i>Nitrates, Nitrites, Silice</i>	Peu abondant en générale
<i>Micropolluant minéraux et organique</i>	Présent dans les eaux des pays développés, mais susceptible de disparaître rapidement après suppression des sources.
<i>Éléments vivants</i>	Bactérie (dont certain pathogène), virus, plancton (animale et végétale).

## 2. Qualité des eaux superficielles

La qualité des eaux superficielles fait référence à la pureté et à la salubrité des eaux qui se trouvent à la surface de la terre, telles que les rivières, les lacs, les étangs et oueds. Cette qualité est influencée par divers facteurs tels que la pollution, les activités humaines, l'agriculture, les conditions météorologiques et la géologie du sol.

Une bonne qualité des eaux superficielles est essentielle pour la santé des écosystèmes aquatiques, la sécurité des populations qui utilisent ces eaux pour la consommation, l'agriculture ou les loisirs, et la préservation de la biodiversité. Une mauvaise qualité des eaux superficielles peut entraîner des problèmes de santé publique, la mort des organismes aquatiques, la dégradation des écosystèmes et la contamination des ressources en eau potable.

Il est donc crucial de surveiller et de protéger ces eaux en mettant en place des mesures de prévention contre la pollution, en réglementant les activités humaines qui

pourraient affecter ces eaux, en favorisant la restauration des écosystèmes aquatiques et en sensibilisant le public à l'importance de préserver ces ressources naturelles précieuses. Les eaux de surface sont de plus en plus vulnérables à la pollution que les eaux souterraines. Elles contiennent des millions de tonnes de polluants formés des rejets chimiques de nos industries, de notre agriculture et de nos activités quotidiennes.

La qualité des eaux correspond à un ensemble de critères physico-chimiques qui définissent leur degré de pureté et, en conséquence, leur aptitude aux divers usages alimentaires, domestiques, agricoles, ou industriels ; ainsi que bactériologiques (la présence ou l'absence d'organismes et de microorganismes aquatiques), s'avère nécessaire. Elle est considérée comme bonne lorsque l'état chimique et l'état écologique sont évalués au minimum comme bons.

Les eaux de surface sont caractérisées par :

- La présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène
- La charge importante en matière en suspension, tout au moins pour les eaux courantes.
- La présence de matières organiques d'origine, naturelle.
- La présence de plancton (phytoplancton et zooplancton).
- Les variations journalières (température et pluviométrie).

La qualité de l'eau est variable dans le temps. A l'échelle d'une journée, des phénomènes naturels comme la photosynthèse influent sur la teneur en oxygène dissous. Par ailleurs, le débit du cours d'eau peut être très variable ce qui peut avoir une influence sur la qualité de l'eau.

## 2.1. Paramètres Organoleptiques

Les paramètres organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé (Meriem, G. W. R, 2020)

### 2.1.1. La couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité (Illal & Cherfaoui, 2018).

### 2.1.2. L'odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme :

- L'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles.
- La qualité de cette sensation particulière est provoquée par chacune de ces substances.

### 2.1.3. Gout et saveur

Le goût n'a aucun appareil pour le mesurer. C'est l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lors de la boisson ou l'aliment est dans la bouche selon les physiologistes, il y a trois saveurs principales :

- Le salé,
- Le sucré,
- L'amer.

La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs (Sari, 2014).

## 2.2. Paramètres physico-chimiques

### 2.2.1. Température (T°C)

La température de l'eau joue un rôle important en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz. Les vitesses des réactions chimiques et biochimiques sont accrues par la température d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10°C. Dès que l'on augmente la température de l'eau, l'activité métabolique des organismes aquatiques est alors accélérée. La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes (Rodier, 2009).

La température de l'eau dépend d'une série de facteurs, tels que :

- Situation géographique,
- Le climat et la saison,
- La profondeur (la température dans les profondeurs est généralement plus faible qu'en surface)
- La couleur de l'eau (une eau sombre absorbe plus fortement la chaleur)
- Le volume de l'eau (plus le volume est élevé moins importantes sont les fluctuations de température) (Sari, 2014).

C'est aussi un facteur important pour l'activité biologique, il influence la solubilité de l'oxygène du milieu récepteur, donc son pouvoir auto épurateur et conditionne la teneur en oxygène dissous dans l'eau, ainsi le degré de saturation de l'eau en oxygène dissous est inversement proportionnel à sa température.

**Tableau I. 3:** Variation de la température en fonction de saturation de l'eau en oxygène dissous (Khennane, 2015)

T (°C)	0	5	10	15	20	25	30
<b>Oxygène dissous (mg/L)</b>	14.26	12.37	10.92	9.76	8.84	8.11	7.53

La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que : la saturation des gaz dissous et la mesure du pH.

### 2.2.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Par définition, le pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration ; il mesure la concentration en ions H<sup>+</sup> de l'eau. C'est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité dans une solution. Il indique la concentration en ions hydrogène, avec un pH inférieur à 7 représentant l'acidité et au-dessus de 7 l'alcalinité.

$$\text{pH} = - \text{Log} [\text{H}^+] \dots \dots \dots (\text{I.1})$$

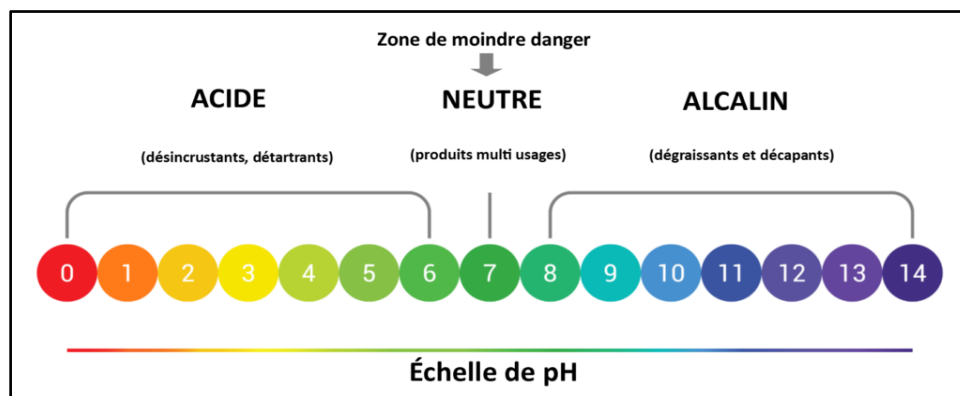
Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau, pour les eaux naturelles le pH est compris entre 6 et 8. Il doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre (Bremond & Vuichard, 1973).

La valeur du pH qui conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du lit et du bassin versant. En plus des processus physiques, chimiques, biologiques, l'accumulation de matières organiques d'origine continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels contribuent à la modification du pH naturel. En l'absence d'influences externes, le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu.

**Tableau I. 4** : Classification des eaux d'après leur pH (Khennane, 2015)

<b>pH &lt; 5</b>	Acidité forte → présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
<b>pH = 7</b>	pH neutre
<b>7 &lt; pH &lt; 8.5</b>	Neutralité approchée → majorité des eaux de surface
<b>5.5 &lt; pH &lt; 8</b>	Majorité des eaux souterraines
<b>pH = 8</b>	Alcalinité forte, évaporation intense

L'échelle de pH est cruciale en chimie et dans les contextes environnementaux, influençant la croissance des plantes et indiquant la corrosivité ou l'agressivité des solutions.



**Fig. I.2** : Echelle du pH [2].

### 2.2.3. La salinité

C'est la masse de sels (composés ioniques) dissous dans 1L d'eau. Elle s'exprime en (g/kg d'eau). Un composé ionique ou solide ionique cristallin est constitué de cations (ions chargés positivement) et d'anion (ion chargés négativement) régulièrement disposés dans l'espace.

Globalement, un cristal ionique est électriquement neutre. Chaque solide ionique cristallin possède une formule statistique qui indique la nature et la proportion des ions présents sans en mentionner (Hadeff & Hasni, 2017).

#### 2.2.4. La Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique standard s'exprime généralement en milli Siemens par mètre (mS/ m) à 20°C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500  $\mu$ S/cm. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a ses exigences propres en ce qui concerne ce paramètre ; Les espèces aquatiques ne supportent pas généralement des variations importantes en sels dissous, ce qui peut être observé par exemple en cas de déversements des eaux usées (Devillers & al. 2005).

La conductivité spécifique peut être mesurée de deux manières : par une approche inductive utilisant des capteurs inductifs ou par une approche de contact utilisant des électrodes conductrices en contact direct avec le milieu. Les capteurs inductifs sont adaptés aux environnements agressifs, tandis que les capteurs de contact mesurent la tension et le courant appliqué pour calculer la conductivité. La conductivité spécifique est un outil essentiel pour contrôler et surveiller différents types d'eau et solvants, ainsi que pour déterminer les concentrations en produits chimiques conducteurs [3].

#### 2.2.5. Matière en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Elles incluent les argiles, les sables, les limons, les matières organiques et minérales de faible dimension, le plancton et autres microorganismes de l'eau. La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière.

Par ailleurs, elles peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques...). Les matières en suspensions sont exprimées en mg/L (Squilbin & Yourassowsky, 2005).

#### 2.2.6. Oxygène dissous (O<sub>2</sub>)

La concentration d'oxygène gazeux qui se trouve à l'état dissous dans une eau ; l'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène (maximum 9 mg/L à 20°C) qui décroît avec la température et la présence de polluants dans les cours d'eau.

Une faible teneur en oxygène dissous est synonyme d'une forte charge polluante ou d'une température élevée de l'eau. Il est essentiel pour la respiration des organismes hétérotrophes. Il est exprimé en mg/l et se mesure par la méthode de Winkler basée sur la fixation chimique de l'oxygène et son dosage colorimétrique ou par une sonde à oxygène (Oxymètre) (Rodier, 2009).

#### 2.2.7. Résidu Sec

Le résidu sec donne une information sur la teneur en substances dissoutes non volatiles (le taux des éléments minéraux). Suivant le domaine d'origine de l'eau C'est cette teneur peut varier de moins de 100 mg/L (eaux provenant de massifs cristallins) à plus de 1000 mg/L (Berne & Jean, 1991).

### 2.2.8. Turbidité

La turbidité des eaux de surface est une mesure de la clarté de l'eau et indique la quantité de particules en suspension, telles que le limon, les argiles, les matières organiques, les micro-organismes et autres matières en suspension. Ces particules dispersent et absorbent la lumière, rendant l'eau plus ou moins transparente.

Elle peut être causée par :

- L'érosion des sols par la pluie, le ruissellement ou les activités humaines (comme l'agriculture et la construction) peuvent être transportés dans les cours d'eau,
- L'activité humaine : L'agriculture, la déforestation, l'urbanisation et les activités industrielles peuvent augmenter la quantité de particules en suspension dans l'eau,
- La décomposition organique : La matière organique en décomposition, comme les feuilles et les déchets végétaux, peut contribuer à la turbidité.
- L'effluent : Les rejets industriels, domestiques ou agricoles peuvent introduire des matières en suspension dans les cours d'eau.
- L'activité aquatique : Le mouvement des animaux aquatiques et les activités de navigation peuvent remuer les sédiments du fond, augmentant ainsi la turbidité.

## 2.3. Paramètres relatifs à la pollution

### 2.3.1. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

La Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours, ou DBO<sub>5</sub>, mesure la quantité de Matière Organique biodégradable contenue dans une eau. C'est un indicateur de pollution organique de l'eau. Cette matière est évaluée par l'intermédiaire de l'oxygène consommé par les micro-organismes impliqués dans les mécanismes d'épuration naturelle ; Quantité d'oxygène consommée par les germes aérobies dans les conditions de l'essai (incubation durant 5 jours à 20°C et à l'obscurité) afin d'assurer la dégradation des matières organiques fermentescibles contenues dans l'eau. La DBO<sub>5</sub> est un paramètre clé pour évaluer la qualité de l'eau et son impact sur les écosystèmes aquatiques, ainsi que pour surveiller l'efficacité des stations d'épuration des eaux usées (Ramade, 2002).

Ce paramètre est exprimé en milligramme d'oxygène nécessaire pendant cinq jours pour dégrader la matière organique contenue dans un litre d'eau (mg O<sub>2</sub>/L) (Rodier, 2009).

Une DBO<sub>5</sub> élevée indique une forte pollution organique.

### 2.3.2. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La Demande Chimique en Oxygène, ou DCO, est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau, sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure.

L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (Rodier, 2009). La DCO est exprimée en mg d'O<sub>2</sub> consommé par les matières oxydables dans un litre d'eau (mg/L d'O<sub>2</sub>). Une DCO élevée signale une pollution importante.

Contrairement à la  $DBO_5$  qui mesure la dégradation biologique des polluants, la DCO évalue la décomposition chimique des substances polluantes. Cette mesure rapide et reproductible est essentielle pour contrôler la qualité de l'eau, établir des redevances, et autoriser les rejets d'eaux traitées dans l'environnement.

### 2.3.3. Les matières dissoutes (MD)

Les matières dissoutes (MD) dans la qualité de l'eau font référence aux substances présentes sous forme dissoute dans l'eau, telles que les minéraux, les sels, les métaux, les nutriments, et d'autres composés.

Ces matières dissoutes peuvent influencer divers aspects de l'eau, y compris son goût, sa qualité esthétique, et son impact sur la santé. Par exemple, des concentrations élevées de matières dissoutes totales (MDT) peuvent altérer le goût de l'eau et entraîner des problèmes d'entartrage des conduites et des appareils ménagers.

La qualité de l'eau esthétique pour les MDT dans l'eau potable est généralement fixée à une concentration inférieure ou égale à 500 mg/L pour des considérations de goût. Il est crucial de surveiller et contrôler les niveaux de matières dissoutes dans l'eau pour garantir sa potabilité et sa sécurité pour la consommation humaine [4].

### 2.3.4. Les différentes formes d'azote

#### 2.3.4.1. Azote Ammoniacal ( $NH_4^+$ )

L'azote ammoniacal est fréquent dans les eaux superficielles. Il a pour origine la matière organique végétale et animale polluant les cours d'eau. La nitrification des ions ammonium se fait en milieu aérobie faible.

En général, l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation bactérienne. L'ammonium en lui-même n'est pas nuisible. Lorsque le pH augmente, on retrouve de l'ammoniac, qui est un gaz soluble dans l'eau et toxique pour la vie aquatique. Des problèmes apparaissent à partir d'une concentration de 0.1 mg  $NH_3/L$  (De Villers & al. 2005).

#### 2.3.4.2. Nitrites ( $NO_2^-$ )

Proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniac, soit d'une réduction des nitrates (Boualem, 2009). Selon l'OMS (2004), la valeur normale des nitrites dans les eaux de surface est de 0.1mL/g.

#### 2.3.4.3. Nitrates ( $NO_3^-$ )

Les nitrates  $NO_3^-$  présents dans le sol, dans les eaux superficielles et souterraines résultent de la décomposition naturelle, par des microorganismes, de matière organique azotée telle que les protéines végétales, animales et les excréments animaux. L'ion ammonium formé est oxydé en nitrates.

Une présence de nitrates dans l'environnement ou dans les eaux peut être une conséquence naturelle du cycle de l'azote, pollution agricole (engrais) ou d'eaux usées. Les

valeurs limites des nitrates dans l'eau, varient de 25 mg/L (CEE) à 50 mg/L (OMS) et (NA) (Bouziani, 2000).

Des concentrations élevées peuvent provoquer l'eutrophisation.

#### 2.4. Les Phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ )/ Phosphore

Les ions phosphates contenus dans les eaux de surface ou dans les nappes peuvent être d'origine naturelle : décomposition de la matière organique ; lessivage des minéraux, ou due aussi aux rejets industriels (agroalimentaire...etc.), domestiques (poly-phosphate des détergents, engrais (pesticides...etc.). En l'absence d'apport d'oxygène, les phosphates n'existent qu'à l'état de traces dans les eaux naturelles, leur introduction dans les eaux de surfaces (rivières, lacs) se fait par les eaux usées dont l'épuration est souvent insuffisante.

La concentration maximale admissible de phosphate en eau potable est 0.5 mg/L (TardatHenry, 1992).

Souvent provenant des engrais et des détergents, ils peuvent également provoquer l'eutrophisation.

#### 2.5. Les huiles et graisses

Les huiles et les graisses peuvent impacter négativement la qualité de l'eau en cas de déversements accidentels ou de rejets non contrôlés. Lorsqu'elles se retrouvent dans les écosystèmes aquatiques, ces substances peuvent former des films à la surface de l'eau, réduisant ainsi la capacité d'oxygénation de l'eau et perturbant l'équilibre écologique.

De plus, les huiles et les graisses peuvent adsorber des polluants chimiques, augmentant ainsi leur toxicité pour la faune aquatique. Il est donc essentiel de surveiller et de contrôler les niveaux de ces contaminants pour préserver la qualité de l'eau et protéger les écosystèmes aquatiques [5].

Indicateurs de pollution industrielle et des déversements d'hydrocarbures. Ils sont toxiques et peuvent être persistants dans l'environnement.

#### 2.6. Les Chlorures (Cl)

Un chlorure est un composé chimique qui contient un atome de chlore dans un état d'oxydation formelle de (-1). Il s'agit de la forme la plus basse d'oxydation du chlore, où l'atome de chlore a complété sa couche de valence avec huit électrons.

Les sels de chlorure d'hydrogène, tels que l'acide chlorhydrique (HCl), sont également appelés chlorures. Les chlorures peuvent être associés à des métaux, des demi-métaux ou des non-métaux, formant des composés tels que le chlorure de sodium (sel de table) ou le chlorure de cobalt (II). Les océans et les marais sont des sources naturelles abondantes de chlorure, avec une concentration d'environ 3-3,5% dans l'eau de mer. Les chlorures sont utilisés dans divers domaines, de l'industrie chimique à la cuisine, et jouent un rôle important dans les processus biologiques, y compris dans le corps humain [6].

### 3. Les métaux lourds

Les métaux lourds, également connus sous le nom d'éléments traces métalliques (ETM), sont des éléments métalliques naturels dont la densité absolue est supérieure à  $5\text{g/cm}^3$ .

Ces métaux, tels que : le plomb, le mercure, le cadmium, le zinc, le chrome, le cuivre, le nickel, l'arsenic, le sélénium, etc., sont présents dans l'environnement sous forme de traces. Ils peuvent provenir de sources naturelles comme les volcans, les incendies de forêt, ou d'activités humaines telles que l'activité pétrochimique, les transports routiers, l'incinération de déchets, les rejets industriels et miniers, etc.

Les métaux lourds ont des effets toxiques sur les êtres vivants et peuvent contaminer les écosystèmes et les chaînes alimentaires. Certains métaux lourds, comme le plomb, le mercure, le cadmium, et le nickel, sont réglementés dans l'air ambiant en raison de leur toxicité et de leurs effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement. Ces métaux peuvent s'accumuler dans l'organisme et provoquer divers problèmes de santé à court et à long terme, affectant notamment le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires, cardiovasculaires, et pouvant même être cancérogènes [7]

### 4. Paramètres biologiques

4.1. Indices de biodiversité (macro invertébrés, phytoplancton, zooplancton)

✓ La présence et l'abondance de certaines espèces peuvent indiquer la qualité de l'eau. Les indices biotiques (comme l'Indice Biologique Global Normalisé, IBGN) utilisent ces données pour évaluer la pollution.

4.2. Chlorophylle-a

✓ Indicateur de la biomasse algale et de l'eutrophisation.

### 5. Paramètres microbiologiques

5.1. Coliformes totaux et coliformes fécaux (*Escherichia coli*)

✓ Indicateurs de contamination fécale et de la présence possible de pathogènes. Ils proviennent généralement des eaux usées domestiques et des effluents agricoles.

5.2. Pathogènes spécifiques (virus, bactéries, protozoaires)

✓ Leur présence peut indiquer des risques sanitaires pour les humains et les animaux.

## D. NORMES ET CLASSES DES EAUX DE SURFACE

En Algérie, la qualité des eaux de surface est régie par plusieurs normes et directives visant à protéger les ressources en eau et à garantir leur utilisation durable. Ces normes couvrent divers aspects, notamment les paramètres physico-chimiques, biologiques et microbiologiques des eaux. Les principales références en la matière incluent la

législation nationale et les lignes directrices établies par des organismes internationaux comme l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Les normes algériennes sont des documents de référence établis par l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) et définies par le Ministère de l'environnement et du développement durable pour fournir des solutions à des problèmes techniques et commerciaux récurrents dans divers secteurs socio-économiques.

Pour qu'une norme soit adoptée, elle doit être examinée et validée par les membres des différents comités techniques nationaux, composés de représentants d'institutions publiques, d'opérateurs économiques, d'associations de protection des consommateurs, et d'autres parties prenantes.

Ces normes visent à protéger la qualité des eaux de surface et à garantir leur utilisation en toute sécurité pour la santé humaine et l'environnement. Voici quelques-unes des normes algériennes pour les eaux de surface :

- Normes de qualité physico-chimique : Les eaux de surface doivent respecter des limites maximales pour différents paramètres physico-chimiques tels que la température, le pH, la turbidité, la conductivité, les métaux lourds, les pesticides, les hydrocarbures, etc.
- Normes de qualité bactériologique : Les eaux de surface doivent être exemptes de bactéries pathogènes telles que les coliformes fécaux, les salmonelles, les streptocoques fécaux, etc.
- Normes de qualité biologique : Les eaux de surface doivent respecter des critères de biodiversité et de santé des écosystèmes aquatiques.
- Normes de qualité pour les usages spécifiques : certaines normes sont définies en fonction des usages prévus des eaux de surface, par exemple pour l'irrigation, la consommation humaine, la baignade, etc.

Il est important de respecter ces normes pour préserver la qualité des eaux de surface en Algérie et garantir leur utilisation durable et sûre.

### 1. Cadre législatif et réglementaire en Algérie

1.1. Loi sur l'eau (Loi n° 05-12 du 4 Août 2005) modifiée et complétée par le décret exécutif n° 11-219 du 12 Juin 2011)

Cette loi régit la gestion, la protection et la conservation des ressources en eau en Algérie. Elle définit les principes généraux pour l'utilisation des eaux de surface et souterraines, ainsi que les dispositions relatives à la prévention de la pollution.

### 1.2. Décret exécutif (n° 11-219 du 12 Juin 2011)

Ce décret fixe les normes algériennes de qualité des eaux superficielles et souterraines destinées à la consommation humaine, à l'irrigation, à la pêche et à d'autres usages.

## 2. Quelques normes de qualité des eaux de surfaces

Les normes de qualité des eaux de surface en Algérie prennent en compte plusieurs paramètres, souvent alignés avec les recommandations de l'OMS et d'autres standards internationaux.

Les valeurs limites pour les eaux de surface en Algérie (Annexe 1), sont réglementées par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable. Voici quelques exemples de valeurs limites pour certains paramètres :

- **Paramètres physico-chimiques**
  - pH : entre 6,5 et 8,5,
  - Température : Généralement, la température de l'eau ne doit pas dépasser 25°C pour éviter les effets néfastes sur les écosystèmes aquatiques,
  - Oxygène dissous (OD) : Minimum acceptable : 5 mg/L,
  - Turbidité : Maximum acceptable : 5 NTU (unités de turbidité néphélométrique),
  - Matières en suspension : inférieur à 25 mg/L
  - Demande chimique en oxygène (DCO) : maximum acceptable 25 mg/L
  - Demande biochimique en oxygène (DBO) : maximum acceptable 5 mg/L.
  
- **Paramètres chimiques**
  - Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) : inférieur à 0,1 mg/L
  - Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) : inférieur à 50 mg/L
  - Phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) : inférieur à 0,5 mg/L pour éviter l'eutrophisation.
  
- **Métaux lourds**
  - Plomb (Pb) : Maximum acceptable 0.01 mg/L,
  - Mercure (Hg) : Maximum acceptable 0.001 mg/L,
  - Cadmium (Cd) : Maximum acceptable 0.003 mg/L,
  
- **Paramètres microbiologiques**
  - Coliformes totaux : Maximum acceptable 5000 UFC/100ml (unités formant colonie),
  - Coliformes fécaux (*Escherichia coli*) : Maximum acceptable 1000 UFC/100ml.

Il est important de noter que ces valeurs limites peuvent varier en fonction de la destination de l'eau (eau potable, eau de baignade, eau industrielle, etc.) et des normes internationales en vigueur. Il est donc essentiel de se référer aux textes réglementaires en vigueur pour obtenir les valeurs limites exactes pour les eaux de surface en Algérie.

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et elle est fonction de différents facteurs. Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état global d'un cours d'eau, et de pouvoir suivre son évolution dans le temps; le SEQ-EAU (Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux Superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages de l'eau. Les classes d'aptitude des eaux superficielles sont présentées sous forme de grille de 5 classes définies par rapport à la qualité chimique de l'eau (**Tableau I.5**).

Tableau I. 5 : Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie (A.N.R.H, 2012).

Classe	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Qualité chimique	Eau exempte de pollution	Eau de qualité moindre pouvant satisfaire tous les usages	Eau de qualité médiocre suffisante pour les usages peu exigeants	Eau polluée, inapte à la vie biologique	Eau très polluée inapte à tous les usages, pouvant constituer une menace pour la santé publique l'environnement

Chaque classe regroupe les valeurs correspondantes pour une gamme de paramètres physico-chimiques à contrôler impérativement (Tableau I.6)

Tableau I. 6 : Grille de la qualité des eaux superficielles (A.N.R.H, 2012).

Paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Température de l'eau	°C	< 20	20 à 22	22 à 25	25 à 30	30
pH	-	6.5 à 8.5	-	6 à 6.5 Ou 8.5 à 9	5.5 à 6 Ou 9 A 9.5	< 5.5 Ou > 9.5
Conductivité	µS/cm	< 400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 3000	> 3000
M.E.S	mg/L	< 30	-	-	30 à 70	> 70
O <sub>2</sub> dissous	mg/L	> 7	5 à 7	3 à 5	< 3	-
Taux de saturation	%	90	70 à 90	50 à 70	< 50	-
DBO <sub>5</sub>	mg/L	3	6	10	25	> 25
DCO	d'O <sub>2</sub>	20	30	40	80	> 80
Chlorure	mg/L	< 100	100 à 200	200 à 400	400 à 1000	> 1000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/L	< 5	5 à 25	25 à 50	50 à 100	> 100
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/L	-	0 à 0.01	0.01 à 0.1	0.1 à 3	> 3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	< 0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	> 8
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/L	< 0.2	0.2 à 0.5	0.5 à 1	1 à 5	> 5

## E. QUALITE DES EAUX D'IRRIGATION

La qualité des eaux d'irrigation est un élément essentiel pour assurer la santé des cultures et la durabilité des pratiques agricoles. Les principales caractéristiques à prendre en compte pour évaluer la qualité des eaux d'irrigation sont les suivantes:

✚ La salinité: une eau trop salée peut endommager les cultures en provoquant un excès de sel dans le sol, ce qui peut entraîner une diminution de la croissance des plantes.

✚ Le pH: un pH trop élevé ou trop bas peut également nuire aux cultures en affectant l'absorption des nutriments par les plantes.

✚ Les contaminants chimiques: la présence de métaux lourds, de pesticides ou d'autres produits chimiques dans l'eau peut avoir des effets néfastes sur la santé des plantes et des consommateurs.

✚ Les contaminants microbiologiques: la présence de bactéries, de virus ou de parasites dans l'eau peut entraîner des maladies chez les plantes et les animaux, voire chez les humains en cas de consommation de produits contaminés.

Il est donc essentiel de surveiller régulièrement la qualité des eaux d'irrigation et de mettre en place des mesures de traitement si nécessaire pour garantir des conditions optimales de croissance pour les cultures (Boumediou & Fekih, 2014).

## **V. CONCLUSION**

L'analyse des paramètres de qualité permet d'évaluer la qualité des eaux de surface et d'identifier les sources potentielles de pollution. Une surveillance régulière et une gestion adéquate sont essentielles pour protéger les écosystèmes aquatiques et assurer la sécurité des ressources en eau pour les populations humaines.

Les normes de qualité des eaux de surface en Algérie sont conçues pour protéger la santé publique, préserver les écosystèmes aquatiques et garantir une utilisation durable des ressources en eau. La conformité à ces normes est essentielle pour prévenir la pollution et assurer une gestion efficace des ressources en eau. Une surveillance régulière et des mesures de gestion appropriées sont nécessaires pour maintenir la qualité de l'eau conformément aux standards établis.

## *Chapitre II :*

### *Pollution des eaux et des sols*

## Deuxième Chapitre : **POLLUTION DES EAUX ET DES SOLS**

### **I. POLLUTION DES EAUX**

#### **A. INTRODUCTION**

« L'eau est aisément polluée par l'emploi de toutes sortes de produits. Elle doit donc être protégée par une loi qui stipulerait que quiconque contamine l'eau sera tenu non seulement de payer une indemnité, mais aussi de purifier la source..... ». Platon, Les Lois, 500 ans av. J.-C.

La pollution des eaux de surface, y compris les mers, océans, fleuves, rivières et oueds est un problème environnemental majeur, grave et croissant qui affecte les écosystèmes aquatiques, la santé humaine et la disponibilité des ressources en eau. Elle résulte de diverses activités humaines et peut prendre plusieurs formes, notamment la contamination chimique, biologique et physique (Ayad, 2017 ; Salomon, 2003).

Plusieurs facteurs contribuent à cette dégradation, tels que : l'acidification des océans, les polluants toxiques, les déchets plastiques, l'eutrophisation, etc.

#### **B. ORIGINES DE LA POLLUTION DES EAUX DE SURFACE**

La pollution des eaux de surface, qui comprend les océans, les mers, les fleuves, et les rivières, provient de multiples sources (*Figure II.1*). Voici les principales origines :

##### 1. Pollution agricole

Les activités agricoles sont une source majeure de pollution de surface en raison de l'utilisation intensive de produits chimiques [8, 9, 10] :

###### 1.1. Engrais

Les nitrates et phosphates utilisés pour fertiliser les cultures peuvent être lessivés par les pluies et se retrouver dans les cours d'eau, contribuant à l'eutrophisation (Mariotti, 1998).

###### 1.2. Pesticides et herbicides

Ces produits chimiques sont souvent entraînés par le ruissellement vers les rivières et les lacs, contaminant l'eau et affectant la vie aquatique (Seghir, 2008).

##### 2. Rejets industriels

Les installations industrielles peuvent libérer une variété de polluants dans les eaux de surface [10]. Elles rejettent un bon nombre de substances qui vont polluer nos rivières et nos nappes parfois d'une manière intensive que l'on n'en connaît pas les effets à long terme (Boeglin).

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité, ils peuvent correspondre à des substances organiques, sels minéraux, des métaux lourds et des produits organique de synthèse (Latifi, 2018).

### 2.1. Métaux lourds

Le mercure, le plomb, le cadmium, et d'autres métaux lourds peuvent être rejetés par les industries minières, métallurgiques, et chimiques [11].

### 2.2. Produits chimiques toxiques

Les industries peuvent aussi déverser des substances toxiques comme les solvants, les hydrocarbures, et les résidus de production.

## 3. Rejets domestiques et urbains

Les zones urbaines et résidentielles contribuent de manière significative à la pollution des eaux de surface par le biais de [10] :

### 3.1. Eaux usées domestiques

Les eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées contiennent des contaminants comme des nutriments, des pathogènes, et des produits chimiques ménagers.

Dans le cas d'un assainissement collectif ou individuel défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux vannes et des eaux ménagères peuvent être transférées dans à la nappe le cas se produit avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçu ou mal dimensionnée, les stations d'épuration urbain surchargées, etc.... Les ordures ménagères accumulées dans des décharges sauvages ou non mises au nome (contre d'enfouissement technique) libèrent également de lixiviats riches en polluants (Ziani.)

### 3.2. Ruissellement urbain

Lors des précipitations, l'eau de pluie peut entraîner des polluants urbains tels que les huiles, les métaux, et les déchets solides vers les rivières et les lacs.

Il ne faut pas oublier par ailleurs la pollution générée par les eaux pluviales, l'eau de pluie se charge d'impuretés au contact de l'air (fumées industrielles)

## 4. Déchets plastiques

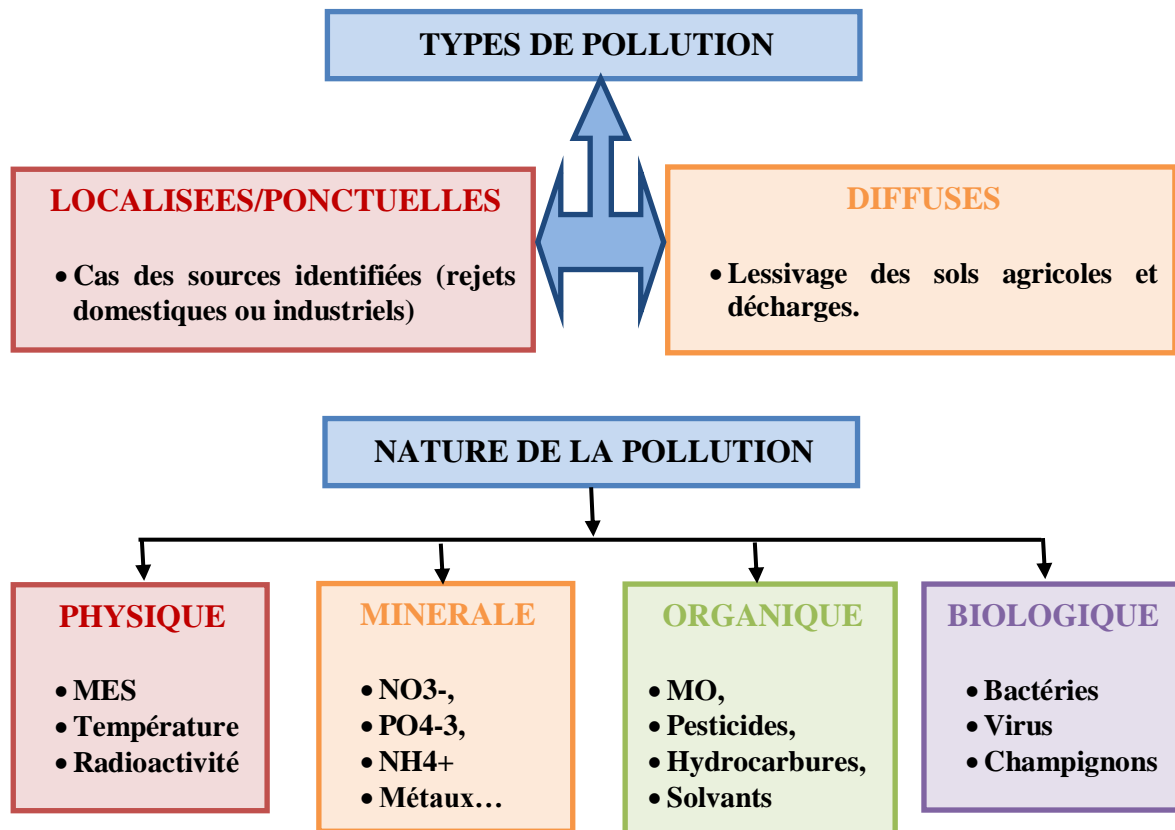
Les déchets plastiques sont une menace omniprésente pour les eaux de surface [10] :

### 4.1. Sacs plastiques, bouteilles et emballages

Ces objets peuvent se retrouver dans les cours d'eau et les océans, où ils peuvent durer des centaines d'années, se fragmentant en micro-plastiques qui sont ingérés par la faune marine [10].

## 4.2. Micro-plastiques

Ces minuscules fragments de plastique proviennent de produits comme les cosmétiques, les vêtements synthétiques, et les débris plastiques dégradés. Ils sont difficiles à éliminer de l'environnement et peuvent bio-accumuler des polluants chimiques (Carre, 1993).



*Fig. II.1 : Représentation schématique des différents types de rejets et de pollutions (Chaguer, 2013).*

## 5. Pollution atmosphérique

Les polluants présents dans l'air peuvent se déposer sur les surfaces d'eau par le biais des précipitations et du dépôt sec (Mariotti, 1998) :

## 5.1. Gaz à effet de serre et acides

Le dioxyde de carbone et d'autres gaz à effet de serre contribuent à l'acidification des océans [9].

## 5.2. Pluies acides

Les émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) peuvent se transformer en acides sulfurique et nitrique dans l'atmosphère, retombant ensuite sur les eaux de surface (Mariotti, 1998).

## 6. Accidents et déversements

Les accidents industriels et les déversements de pétrole peuvent causer des pollutions catastrophiques des eaux de surface :

### 6.1. Marées noires

Les déversements de pétrole provenant des plateformes pétrolières, des pipelines, et des navires peuvent avoir des effets dévastateurs sur les écosystèmes marins.

### 6.2. Accidents chimiques

Les accidents industriels peuvent entraîner la libération soudaine de grandes quantités de substances toxiques dans l'environnement aquatique (Carre, 1993).

## 7. Transport maritime

Les activités de transport maritime contribuent aussi à la pollution [10] :

### 7.1. Rejets de ballast

L'eau de ballast des navires, souvent contaminée par des organismes étrangers et des polluants, peut être déversée dans des écosystèmes marins sensibles.

### 7.2. Fuites de carburant et de produits chimiques

Les fuites accidentelles de carburant et d'autres substances dangereuses des navires peuvent polluer les eaux [10].

## 8. Déforestation et érosion des sols

La déforestation et l'érosion des sols augmentent la charge en sédiments des cours d'eau :

### 8.1. Sédiments

L'érosion des sols due à la déforestation, à l'agriculture intensive, et à la construction peut entraîner des quantités excessives de sédiments dans les rivières et les lacs, perturbant les habitats aquatiques.

## **C. CAUSES DE LA POLLUTION DES EAUX**

### 1. Activités industrielles

✓ Rejets de produits chimiques toxiques, de métaux lourds et de déchets industriels dans les cours d'eau [11],

✓ Déversements accidentels de produits pétroliers et d'autres substances dangereuses (Carre, 1993).

### Agriculture

- ✓ Utilisation excessive d'engrais et de pesticides, qui peuvent se retrouver dans les eaux de surface par ruissellement,
- ✓ Déchets des animaux et autres matières organiques provenant de l'élevage.

### 2. Eaux usées domestiques

- ✓ Rejets d'eaux usées non traitées ou insuffisamment traitées contenant des nutriments, des pathogènes et des produits chimiques ménagers [10].

### 3. Déforestation et urbanisation

- ✓ Augmentation de l'érosion des sols et du ruissellement, transportant des sédiments et des polluants dans les cours d'eau.

### 4. Décharges et déchets solides

- ✓ Lessivage de substances toxiques provenant des sites de décharge et des déchets non gérés adéquatement.

## **D. TYPES DE POLLUTION DES EAUX**

### 1. Pollution chimique

Contamination par des produits chimiques industriels, agricoles et domestiques, tels que les pesticides, les métaux lourds, les hydrocarbures et les solvants (Salomon, 2003).

### 2. Pollution biologique

Présence de micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, protozoaires) provenant des eaux usées domestiques et des déchets animaux.

### 3. Pollution physique

Invasion de matières en suspension et de sédiments provenant de l'érosion des sols, ainsi que des déchets solides comme le plastique.

### 4. Pollution thermique

Augmentation de la température de l'eau due aux rejets d'eau chaude des centrales électriques et des installations industrielles, affectant les écosystèmes aquatiques.

## **E. EFFETS DE LA POLLUTION DES EAUX**

### 1. Sur la santé humaine

- Consommation d'eau contaminée peut provoquer des maladies d'origine hydrique, comme la dysenterie, le choléra et les infections gastro-intestinales.

- Polluants toxiques : Les mers et océans sont contaminés par divers produits toxiques notamment les métaux lourds et les produits toxiques (Salomon, 2003) :

- Accumulation de métaux lourds tels que le mercure, le plomb et le cadmium qui proviennent souvent des rejets industriels, des mines et des déchets électroniques. Ces métaux sont toxiques même à faible concentration et peuvent s'accumuler dans la chaîne alimentaire marine, affectant la santé des poissons et des humains qui les consomment.

- Les produits chimiques industriels et agricoles, tels que les pesticides et les herbicides, sont transportés par les fleuves et rivières jusqu'aux océans. Ces substances peuvent être très toxiques pour la vie aquatique et peuvent perturber les écosystèmes marins.

## 2. Sur les écosystèmes aquatiques et la biodiversité

- L'Eutrophisation est un processus par lequel l'eau devient riche en nutriments (un excès), principalement en nitrates et phosphates provenant des engrais agricoles et des eaux usées. Ces nutriments favorisent la prolifération excessive d'algues, qui peuvent former des "blooms" toxiques (Mariotti, 1998). Lorsque ces algues meurent et se décomposent, elles consomment l'oxygène dissous dans l'eau, créant des zones hypoxiques ou anoxiques où la vie aquatique ne peut plus survivre (Tableau. II.1).

- Dégradation des habitats aquatiques, perturbant la biodiversité et les réseaux trophiques :

- L'Acidification des océans qui est principalement causée par l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère. Lorsque le CO<sub>2</sub> se dissout dans l'eau de mer, il forme de l'acide carbonique, ce qui augmente l'acidité de l'eau. Cette acidification a des effets néfastes sur la vie marine, notamment sur les coraux, les coquillages et les autres organismes calcifiants, car elle réduit leur capacité à former des structures en carbonate de calcium (Salomon, 2003).

- Les déchets plastiques représentent une part importante de la pollution marine. Chaque année, des millions de tonnes de plastique sont déversées dans les océans, où elles se fragmentent en micro-plastiques. Ces particules peuvent être ingérées par les animaux marins, provoquant des blessures internes, des blocages digestifs et la mort. Les plastiques flottants peuvent également transporter des polluants chimiques, aggravant ainsi leur impact environnemental.

- Les habitats marins, comme les récifs coralliens, les mangroves et les herbiers marins, sont particulièrement vulnérables. La perte de biodiversité entraîne des déséquilibres écologiques, affectant non seulement les espèces marines mais aussi les communautés humaines qui dépendent des ressources marines pour leur subsistance.

## 3. Sur l'économie

- Réduction de la disponibilité de l'eau potable, augmentant les coûts de traitement de l'eau.

- Impact négatif sur les activités économiques dépendantes de l'eau, comme la pêche, le tourisme et l'agriculture.

Tableau .II.1 : Impact de la pollution des eaux sur la santé et l'environnement [8]

Polluants	Effets environnementaux	Effets sanitaires
<b>Les matières en suspension</b>	- eaux plus troubles : perturbe la photosynthèse, la respiration des poissons et colmate les milieux aquatiques.	- Transportent des polluants ; ce qui augmente les risques d'adsorption de substances toxiques par l'organisme.
<b>Pollution organique</b>	- Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons. - Stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues. - Faiblement biodégradable.	- Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'homme.
<b>Azote (nitrates, nitrites), Phosphore</b>	- Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux. - Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique.	- Nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue). - Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides
<b>Métaux</b>	- Non biodégradables, bio-accumulables.	- Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés. - Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérogènes.
<b>Pesticides</b>	- Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques. - Polluants organiques persistants. - S'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire).	- Les plus toxiques : les insecticides. - Effets neurotoxiques (malformation, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérogènes.

## F. PHENOMENE AUTOEPURATOIR DES COURS D'EAU

### 1. Définition

Le phénomène d'autoépuration des cours d'eau fait référence à la capacité naturelle des rivières et des ruisseaux à se nettoyer et à se débarrasser des polluants grâce à des processus biologiques et physiques.

Les organismes vivants présents dans l'eau, tels que les bactéries et les plantes aquatiques, aident à décomposer les substances nocives (essentiellement organiques) et à purifier l'eau.

On distingue plusieurs stades d'achèvement de l'autoépuration. L'autoépuration vraie qui correspond à la disparition irréversible des effets de l'élément perturbateur (élimination de la pollution), tandis que l'autoépuration apparente est temporaire (transformation de la pollution dans l'espace ou dans le temps). L'efficacité augmente avec

la température et le temps de séjour. La capacité d'autoépuration d'un écosystème est limitée et peut être inhibée (toxique notamment).

Ce phénomène d'autoépuration, consommateur d'oxygène, peut induire de fortes désoxygénations dans le milieu naturel, voire une anoxie complète ce qui provoque un stress intense pour les organismes vivants dans le milieu. Ces rejets peuvent entraîner toute une série de nuisances pour l'écosystème:

- La désoxygénation de l'eau,
- La libération de substances toxiques: ammoniac, nitrites, hydrogène sulfurisé...,
- L'envasement du fond des rivières et la dégradation de la qualité de vie pour le milieu aquatique,
- La présence d'éléments pathogènes (notamment les bactéries fécales, des vers, des virus) peut être néfaste autant pour les écosystèmes des cours d'eau que pour la santé publique,
- Et enfin, une gêne visuelle et olfactive.

Le phénomène d'autoépuration est un processus important pour maintenir la santé des écosystèmes aquatiques.

## 2. Paramètres influençant la vitesse de biodégradabilité

Plusieurs facteurs interviennent sur la dégradation de la matière organique. Les populations bactériennes sont sensibles à la température, au pH, à la concentration en oxygène dissous et en nutriments, à la quantité et le type de micro-organismes présents, ainsi que les conditions environnementales telles que l'humidité et la lumière.

Ces facteurs peuvent tous jouer un rôle dans la rapidité avec laquelle une substance est décomposée par des organismes vivants.

### 2.1. Taux de concentration en oxygène

Ce paramètre est lié à la température du milieu, la turbulence du courant, les éléments nutritifs qui participent au développement de plantes productrices d'oxygène.

### 2.2. Débit et vitesse du courant

La dilution n'est pas un mécanisme de purification; en effet, elle ne diminue pas la masse de la matière organique au sein de la rivière. Son intérêt tient à une réduction des effets polluants sur l'hydro système, durant la période d'assimilation proprement dite.

Les phases critiques qui doivent être cernées précisément sont les périodes d'étiage quand le rapport débit effluent/rivière est grand. Aussi, l'élimination de la matière organique augmente avec la vitesse du courant, et cela indépendamment du type de substances à éliminer.

### 2.3. Fonctionnement des microorganismes

Celui-ci dépend de la présence de substances toxiques et leur concentration (traces métalliques, micropolluants organiques, pesticides,...).

### 2.4. Mécanisme d'assimilation des composés organiques

Ceci est en fonction de la concentration de la matière organique à dégradé, nature et biodégradabilité des molécules...

### 2.5. pH

L'influence du pH sur les cinétiques varie selon le processus biologique. En général, les extrêmes acides et alcalins sont peu supportés par les bactéries; par exemple: un pH inférieur à 3,0 est suffisant pour supprimer l'activité bactérienne (Foree & McCarty, 1970). Le Tableau II.2 présente des valeurs optimales et quelques intervalles du pH où la croissance est maintenue.

### 2.6. Température

C'est un facteur important influant sur les cinétiques biologiques. La relation entre la vitesse du processus et la température de l'eau est classiquement représentée par une exponentielle.

En général on considère que chaque augmentation de 10°C représente un doublement de la vitesse du processus (Klump & Martens, 1983). Le Tableau II.2 indique les valeurs optimales et quelques intervalles de la température où la croissance bactérienne est maintenue.

### 2.7. Géomorphologie

L'intensité de la biodégradation dépend des caractéristiques morphologiques du cours d'eau. Lorsque la colonne d'eau est mince et le lit accidenté, le temps de transit est court, avec une bonne oxygénation; et pour le cas de rivière profonde avec des mouilles, le temps de transit est lent avec une oxygénation faible.

**Tableau .II.2 :** Quelques processus de dégradation et d'oxydation et les valeurs correspondantes de température et pH optimaux ainsi que les intervalles où la croissance bactérienne observée (Khennane, 2015).

Processus biologique	Température optimale °C (intervalle)	pH optimal (intervalle)
Dénitrification	Variable (5 – 8.5)	7.5 (7 – 8.5)
Réduction des sulfates	28 (20 – 85)	7 (6 – 9)
Méthanogènes	35 (4 – 100)	7 (5 – 9)
Nitrification	28 (15 – 35)	8 -
Oxydation du méthane	25 Variable	- -

## 3. Seuils des différentes classes de pollution d'eau

### 3.1. Seuils de pollution organique de l'eau

**Tableau .II.3 :** Seuils de la pollution organique (Khennane, 2015).

Qualité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise	Hors Classe
O <sub>2</sub> dissous (mg/L)	> 7	5 – 7	3 - 5	1 - 3	< 1
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	< 2	2 – 4	4 – 6	6 – 10	> 10
DCO (mg/L O <sub>2</sub> )	< 4	10 – 20	20 – 30	30 – 50	> 50
NH <sub>4</sub> (mg/L N)	< 0.1	0.1 – 0.3	0.3 – 0.5	0.5 - 1	> 1

## 3.2. Seuils du phénomène d'eutrophisation

**Tableau .II.4** : Seuils déterminant le degré d'eutrophisation (Khennane, 2015).

Degré d'eutrophisation	Faible	Moyenne	Elevés	Hors Classe Niveau 1	Hors Classe Niveau 2
<b>PO<sub>4</sub> et P<sub>tot</sub>(mg/L)</b>	< 0.05	0.05 – 0.15	0.15 – 0.3	0.3 – 0.5	> 0.5
<b>O<sub>2</sub> dissous (mg/L)</b>	> 5	3 – 5	2 – 3	1 – 2	< 1
<b>pH</b>	6.6	8.0	8.1	8.3	8.3

## 3.3. Seuils de pollution par les métaux lourds

**Tableau .II.5** : Seuils de pollution par les métaux lourds (Khennane, 2015).

Paramètres (mg/L)	Bonne	Passable	Mauvaise
<b>Cd</b>	< 4.5	4.5 – 7	> 7
<b>Cr</b>	< 20	20 – 30	> 30
<b>Cu</b>	< 20	12 – 20	> 20
<b>Hg</b>	< 0.3	0.3 – 0.5	> 0.5
<b>Ni</b>	< 50	50 – 70	> 70
<b>Pb</b>	< 25	25 – 40	> 40
<b>Zn</b>	< 70	70 - 120	> 120

## 3.4. Seuils de pollution par les composés inorganiques

**Tableau .II.6** : Seuils de pollution par les composés inorganiques (Khennane, 2015).

Qualité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
<b>F</b>	< 0.15	0.15 – 0.25	0.25 – 1	> 1
<b>NO<sub>3</sub></b>	< 6	26 – 9	9 – 13	> 13
<b>NO<sub>2</sub></b>	< 0.07	0.07 – 0.12	0.12 – 0.22	> 0.22
<b>NH<sub>3</sub></b>	< 0.005	0.005 – 0.025	-	> 0.025

## 3.5. Seuils de la salinité de l'eau

**Tableau .II.7** : Seuils déterminants la salinité de l'eau (Khennane, 2015).

Qualité	Excellente	Bonne	Passable	Mauvaise
<b>SO<sub>4</sub> (mg/L)</b>	< 200	200 – 300	300 – 400	> 400
<b>Cl (mg/L)</b>	< 150	150 – 300	300 – 500	> 500
<b>Conductivité (µs/cm)</b>	< 400	400 – 750	750 - 1500	> 3000

## G. SOLUTIONS POUR LUTTER CONTRE LA POLLUTION DES EAUX

## 1. Traitement des eaux usées

- Construction et entretien d'installations de traitement des eaux usées pour éliminer les contaminants avant le rejet dans le milieu récepteur (les cours d'eau) [9].

- Adoption de technologies avancées de traitement, comme la filtration, la désinfection et le traitement biologique.

#### 2. Gestion durable de l'agriculture

- Utilisation de pratiques agricoles durables, comme la rotation des cultures, les cultures de couverture et la gestion intégrée des ravageurs pour réduire le besoin en pesticides et en engrais [9].
- Création de zones tampons riveraines pour filtrer les polluants avant qu'ils n'atteignent les cours d'eau.

#### 3. Réglementation et surveillance

- Mise en place et application stricte de réglementations sur les rejets industriels et agricoles.
- Surveillance régulière de la qualité de l'eau pour détecter et prévenir les sources de pollution.

#### 4. Réduction des déchets

- Promotion de la réduction, du recyclage et de la gestion appropriée des déchets solides pour éviter la contamination des cours d'eau.
- Nettoyage des cours d'eau et des zones côtières pour enlever les déchets solides.

#### 5. Sensibilisation et éducation

- Programmes de sensibilisation pour informer le public sur les impacts de la pollution de l'eau et les actions qu'ils peuvent entreprendre pour la prévenir [9].
- Éducation des agriculteurs, des industriels et des communautés locales sur les pratiques durables et les technologies de traitement de l'eau.

## II. POLLUTION DES SOLS

La pollution des sols est un problème environnemental majeur qui affecte la santé des écosystèmes, la qualité de l'eau et la sécurité alimentaire. Elle est causée par diverses activités humaines et peut avoir des conséquences graves et durables (Salomon, 2003).

La pollution du sol peut être locale ou diffuse d'origine agricole, industrielle ou microbienne et qui touche le sol proprement dit ou l'eau souterraine. Cette eau souterraine n'est pas limitée dans certaines dépressions mais se trouvant dans tout le sol, dans des interstices, des particules de roches et des sols ou dans les fissures de roches. Cette pollution du sol peut apparaître de différentes manières.

Une grande partie des composées, qui ont des influences sur les sols et sur les organismes qu'ils contiennent, provient directement de l'air (par disposition sèches) ou arrivent avec les précipitations (dépositions humides). La pollution du sol est consécutive à l'utilisation massive d'engrais ou de pesticides qui peuvent avoir plusieurs impacts sur l'environnement en s'infiltrant dans les sols et la nappe phréatique qui peut contaminer aussi la culture. Les contaminations du sol peuvent être diffuses ou ponctuelle. Dans les

contaminations diffuses il y a un ou plusieurs composés dangereux, dont les concentrations varient peu et dans des surfaces très étendues (Figure. II.2). En général, les contaminations sont diffuses lorsque les polluants sont émis :

- A partir de sources non stationnaires (automobiles),
- A partir de sources très étendues (dépôts de produits en agriculture),
- A partir d'un grand nombre de sources (véhicules, foyers domestiques).

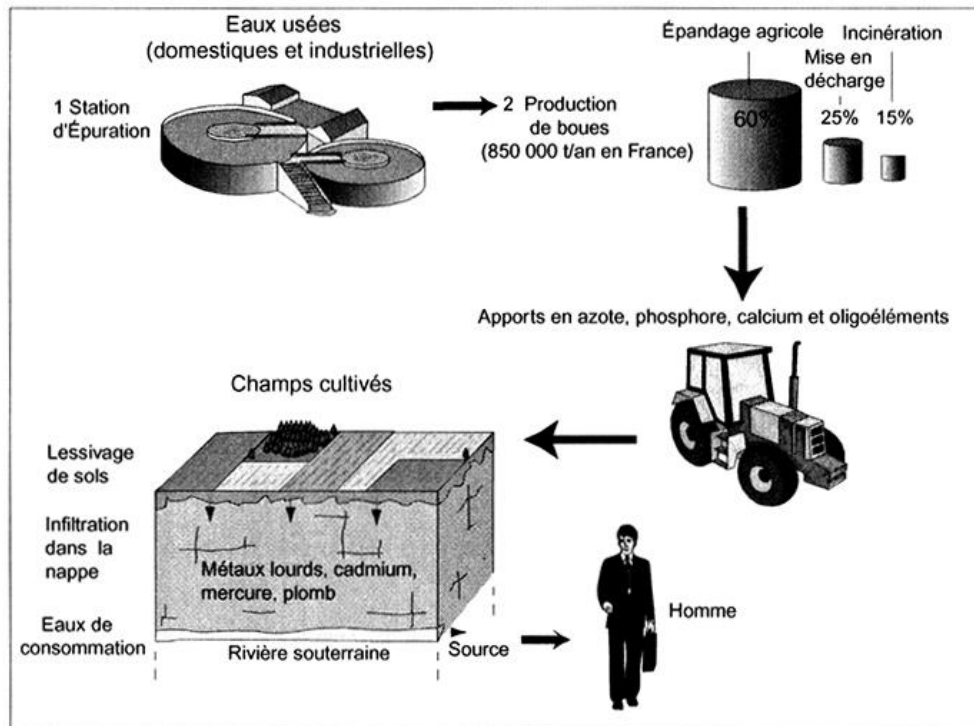


Fig. II.2 : L'épandage agricole, mode d'élimination privilégié des boues urbaines.

Dans les contaminations ponctuelles du sol, il s'agit de grandes quantités de polluants dans un domaine délimité par des clôtures, des bâtiments, et des cités contaminés. La pollution du sol peut être d'origine agricole, industrielle ou microbienne. Voici un aperçu des principales sources et des impacts de la pollution des sols

## A. SOURCES DE LA POLLUTION DES SOLS

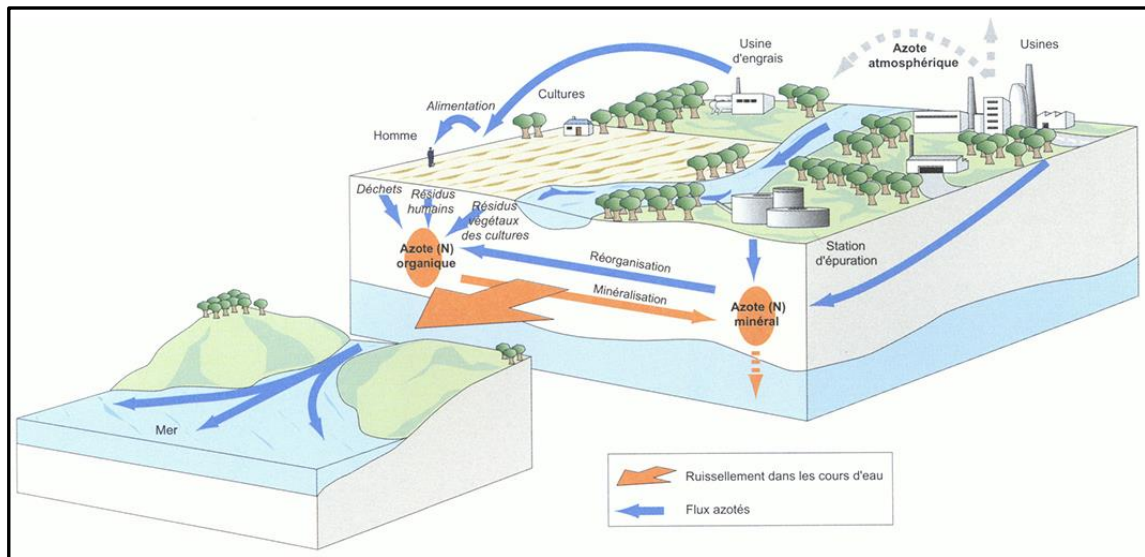
### 1. Activités agricoles

#### 1.1. Pesticides et herbicides

Les produits chimiques utilisés pour tuer les parasites et les mauvaises herbes peuvent contaminer le sol et affecter les organismes bénéfiques, comme les insectes pollinisateurs et les micro-organismes du sol.

#### 1.2. Engrais chimiques

L'utilisation excessive d'engrais azotés et phosphatés peut entraîner l'accumulation de nutriments dans le sol, ce qui peut perturber les équilibres naturels et causer l'eutrophisation des cours d'eau voisins (Figure. II.3).



**Fig. II.3** : Le cycle de l'Azote (Salomon, 2003).

### 1.3. Déjections animales

Les excréments des animaux d'élevage, lorsqu'ils ne sont pas gérés correctement, peuvent enrichir le sol en nutriments excessifs et en pathogènes.

## 2. Activités industrielles

### 2.1. Déchets industriels

Les sites industriels peuvent libérer des substances toxiques dans le sol, comme les métaux lourds (plomb, mercure, cadmium), les hydrocarbures et les solvants chimiques (Aschieri, 1999).

### 2.2. Pollution accidentelle

Les déversements accidentels de produits chimiques, les fuites de réservoirs de stockage et les accidents industriels peuvent contaminer les sols.

## 3. Déchets solides

### 3.1. Décharges et décharges sauvages

Les décharges mal gérées peuvent libérer des lixiviats, des liquides chargés de contaminants, qui peuvent s'infiltrer dans le sol et polluer les nappes phréatiques.

### 3.2. Déchets ménagers

Les déchets ménagers, en particulier les produits électroniques et les batteries, contiennent des substances toxiques qui peuvent polluer le sol lorsqu'ils sont éliminés de manière inappropriée (Aschieri, 1999).

#### 4. Activités minières

##### 4.1. Extraction et traitement des minerais

Les activités minières peuvent provoquer l'accumulation de métaux lourds et d'autres substances toxiques dans le sol. Les déchets miniers, comme les résidus et les déblais, peuvent également être sources de pollution.

#### 5. Transports

##### 4.1. Emissions de véhicules

Les carburants et les lubrifiants utilisés par les véhicules peuvent libérer des hydrocarbures et des métaux lourds qui se déposent sur les sols adjacents aux routes.

##### 4.2. Accidents de transport

Les déversements de produits chimiques ou de pétrole lors d'accidents de transport peuvent causer des contaminations localisées mais sévères.

## **B. IMPACTS DE LA POLLUTION DES SOLS**

### 1. Sur les écosystèmes

#### 1.1. Perte de biodiversité

Les contaminants du sol peuvent tuer ou affaiblir les plantes, les animaux et les micro-organismes, perturbant ainsi les écosystèmes.

#### 1.2. Dégradation des habitats

La pollution peut rendre le sol inapte à supporter certaines formes de vie, entraînant une dégradation des habitats naturels.

### 2. Sur la santé humaine

#### 2.1. Exposition directe

Les personnes travaillant ou vivant à proximité de sols contaminés peuvent être exposées à des substances toxiques par contact direct, inhalation de poussières ou consommation de produits contaminés.

#### 2.2. Chaîne alimentaire

Les plantes cultivées dans des sols pollués peuvent accumuler des contaminants, qui peuvent ensuite être ingérés par les animaux et les humains, posant des risques pour la santé (Aschieri, 1999).

### 3. Sur la qualité de l'eau

#### 3.1. Lessivage des contaminants

Les polluants peuvent être lessivés des sols vers les nappes phréatiques et les cours d'eau, contaminant ainsi les sources d'eau potable (Mariotti, 1998).

#### 3.2. Eutrophisation

L'excès de nutriments dans le sol peut être lessivé vers les plans d'eau, provoquant des blooms algaux et des zones hypoxiques (à faible teneur en oxygène).

### 4. Sur l'agriculture

#### 4.1. Réduction de la fertilité du sol

Les contaminants peuvent altérer la structure et la composition chimique du sol, réduisant sa capacité à supporter les cultures.

#### 4.2. Contamination des cultures

Les plantes peuvent absorber les polluants présents dans le sol, ce qui peut rendre les produits agricoles dangereux pour la consommation.

## **C. PREVENTION ET REMEDIATION**

### 1. Pratiques agricoles durables

#### 1.1. Utilisation réduite et contrôlée des pesticides et des engrais

Adopter des techniques agricoles qui minimisent l'utilisation de produits chimiques, comme l'agriculture biologique et l'agro écologie.

#### 1.2. Gestion des déjections animales

Mettre en place des systèmes de gestion des déchets animaux pour éviter la contamination des sols.

### 2. Réglementation industrielle stricte

#### 2.1. Contrôles des rejets industriels

Mettre en œuvre des normes strictes pour les émissions industrielles et les rejets de déchets.

#### 2.2. Gestion des accidents

Développer des plans d'urgence pour répondre rapidement aux déversements accidentels de substances dangereuses.

### 3. Gestion des déchets

#### 3.1. Recyclage et élimination sûre des déchets

Promouvoir le recyclage et assurer une élimination sécurisée des déchets dangereux pour éviter la contamination des sols.

#### 3.2. Réhabilitation des décharges

Réhabiliter les sites de décharge pour prévenir la pollution continue des sols.

### 4. Techniques de remédiation

#### 4.1. Bio-remédiation

Utiliser des micro-organismes pour dégrader les contaminants dans le sol.

#### 4.2. Phyto-remédiation

Utiliser des plantes pour extraire, stabiliser ou dégrader les contaminants du sol.

#### 4.3. Traitement physique et chimique

Appliquer des techniques de traitement pour enlever ou neutraliser les contaminants dans le sol.

## **III. CONCLUSION**

La pollution des eaux de surface est une crise environnementale globale qui nécessite des actions urgentes et coordonnées à l'échelle internationale. La pollution des eaux de surface résulte de multiples activités humaines, y compris l'agriculture, l'industrie, les rejets domestiques, et le transport maritime, entre autres. Chaque source de pollution nécessite des stratégies spécifiques de gestion et de réduction pour protéger les écosystèmes aquatiques et la santé humaine.

C'est un défi complexe nécessitant des efforts coordonnés à différents niveaux, incluant les politiques gouvernementales, les technologies de traitement, les pratiques agricoles et industrielles durables, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la gestion des déchets plastiques ainsi que la sensibilisation du public sont essentiels pour protéger nos écosystèmes aquatiques et notre santé humaine, assurer un avenir durable pour les générations futures, une biodiversité et un développement économique.

La pollution des sols est un problème complexe qui nécessite une approche multidisciplinaire pour être efficacement gérée et atténuée. Les efforts de prévention, de réglementation stricte, de gestion des déchets et de remédiation sont essentiels pour protéger les sols, les écosystèmes, et la santé humaine.

## *Chapitre III:*

*Toxicité des métaux  
lourds présents dans le  
sol et l'eau*

## Troisième Chapitre : TOXICITE DES METAUX LOURDS PRESENTS DANS LE SOL ET L'EAU

### I. INTRODUCTION

Les métaux lourds sont des éléments métalliques qui ont une densité élevée et sont toxiques même à de faibles concentrations. Leur toxicité peut avoir des effets graves sur la santé humaine, animale et environnementale. Voici un aperçu des principaux métaux lourds toxiques, leurs sources, leurs effets sur la santé et l'environnement, ainsi que les méthodes de prévention et de gestion de leur contamination.

#### A. PRINCIPAUX METAUX LOURDS TOXIQUES POUR LES EAUX ET LE SOL

Les métaux lourds sont définis comme des éléments métalliques ayant une densité supérieure à  $5 \text{ g/cm}^3$ , tels que le cadmium, le mercure, le plomb, le cuivre, le nickel, le zinc, le cobalt, le manganèse, et le chrome (Figure. III.1). Ces éléments, souvent présents sous forme de traces dans l'environnement, peuvent avoir des effets toxiques, mais certains d'entre eux jouent également des rôles essentiels dans les processus biologiques en tant qu'oligo-éléments (Zorrig, 2011).



Fig. III.1 : Les différents métaux lourds toxiques [12].

#### 1. Plomb (Pb)

✓ **Sources** : Peintures au plomb, batteries, tuyauteries, rejets, industriels, combustibles fossiles (Terfaya, 2015).

✓ **Effets sur la santé** : Neurotoxicité, troubles du développement chez les enfants, hypertension, anémie, insuffisance rénale.

✓ **Effets environnementaux** : Contamination des sols et de l'eau bioaccumulation dans les plantes et les animaux.

## 2. Mercure (Hg)

✓ **Sources** : Mines de mercure, combustion de charbon, produits pharmaceutiques, déchets industriels (Terfaya, 2015).

✓ **Effets sur la santé** : Dommages neurologiques, perturbations du système immunitaire, problèmes rénaux, toxicité reproductive.

✓ **Effets environnementaux** : Bioaccumulation dans la chaîne alimentaire, contamination des écosystèmes aquatiques.

## 3. Cadmium (Cd)

✓ **Sources** : Batteries, pigments, revêtements, engrais phosphatés, fumée de tabac.

✓ **Effets sur la santé** : Toxicité rénale, troubles osseux, cancer, perturbations du système cardiovasculaire.

✓ **Effets environnementaux** : Contamination des sols agricoles, bioaccumulation dans les plantes et les animaux.

## 4. Arsenic (As)

✓ **Sources** : Pesticides, herbicides, conservateurs de bois, eaux souterraines contaminées (Terfaya, 2015).

✓ **Effets sur la santé** : Cancer, lésions cutanées, troubles cardiovasculaires, toxicité hépatique et rénale.

✓ **Effets environnementaux** : Contamination des eaux souterraines, bioaccumulation dans les plantes et les animaux.

## 5. Chrome (Cr)

✓ **Sources** : Tanneries, industries métallurgiques, pigments, traitements de surface (Terfaya, 2015).

✓ **Effets sur la santé** : Cancer (notamment le cancer du poumon), dommages respiratoires, irritations cutanées, toxicité rénale.

✓ **Effets environnementaux** : Contamination des sols et de l'eau, toxicité pour les plantes et les animaux aquatiques.

# B. PRESENCE NATURELLE ET ROLE BIOLOGIQUE

## 1. Présence Naturelle

Les métaux lourds sont naturellement présents dans la croûte terrestre et peuvent être libérés dans l'environnement par des processus géologiques, tels que l'érosion des roches, les éruptions volcaniques, et l'activité hydrothermale (Fishbein, 1981).

Ils sont également présents dans tout organisme vivant, à des concentrations qui varient en fonction des milieux et des organismes.

## 2. Rôle Biologique

Certains métaux lourds sont essentiels à la vie lorsqu'ils sont présents en petites quantités, jouant des rôles cruciaux dans divers processus biologiques (Terfaya, 2015). Voici quelques exemples :

- **Zinc (Zn)** : Indispensable pour la fonction de nombreuses enzymes et la synthèse des protéines. Il joue également un rôle dans le système immunitaire.
- **Cuivre (Cu)** : Nécessaire pour la respiration cellulaire et le transport de l'oxygène. Il est également un cofacteur pour plusieurs enzymes impliquées dans la production d'énergie et le métabolisme du fer.
- **Manganèse (Mn)** : Essentiel pour la formation des os, la cicatrisation des plaies, et le métabolisme des acides aminés, des lipides, et des glucides.
- **Cobalt (Co)** : Composant de la vitamine B12, nécessaire pour la production des globules rouges et la santé nerveuse.

## C. EFFETS SUR LA SANTE HUMAINE

Les métaux lourds peuvent entrer dans le corps humain par inhalation, ingestion ou contact cutané. Une fois dans le corps, ils peuvent se lier aux protéines et enzymes, perturbant leur fonctionnement et entraînant divers effets toxiques (Clive, 1999) :

✚ **Neurotoxicité** : Les métaux lourds peuvent affecter le système nerveux central et périphérique, causant des troubles cognitifs, des problèmes de développement chez les enfants et des maladies neurodégénératives.

✚ **Carcinogénicité** : Certains métaux lourds, comme l'arsenic et le chrome, sont reconnus comme cancérogènes et peuvent induire des cancers dans différents organes.

✚ **Toxicité rénale** : Les reins, étant un organe de filtration, sont particulièrement vulnérables aux métaux lourds, ce qui peut entraîner une insuffisance rénale.

✚ **Toxicité hépatique** : Les métaux lourds peuvent causer des dommages au foie, conduisant à des troubles métaboliques et des maladies hépatiques.

✚ **Effets immunitaires et reproductifs** : La toxicité des métaux lourds peut également perturber le système immunitaire et le système reproductif, causant des maladies auto-immunes et des problèmes de fertilité.

## D. EFFETS ENVIRONNEMENTAUX

Les métaux lourds peuvent persister dans l'environnement pendant de longues périodes, affectant les écosystèmes de diverses manières :

✚ **Contamination des sols** : Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les sols, réduisant leur fertilité et affectant la croissance des plantes.

✚ **Bioaccumulation** : Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les organismes vivants, augmentant en concentration à chaque niveau de la chaîne alimentaire.

✚ **Toxicité pour la faune et la flore** : Les métaux lourds peuvent être toxiques pour les animaux et les plantes, affectant leur croissance, leur reproduction et leur survie (Calamari, 1985).

## II. PREVENTION ET GESTION DE LA CONTAMINATION

### 1. Réduction à la source

- **Réglementation stricte** : Mettre en place des réglementations strictes pour limiter les émissions de métaux lourds provenant des industries et des autres sources.
- **Substitution** : Utiliser des matériaux moins toxiques et des technologies propres pour réduire l'utilisation des métaux lourds.

### 2. Traitement des déchets et des effluents

- **Techniques de traitement** : Utiliser des techniques de traitement physico-chimiques et biologiques pour éliminer les métaux lourds des eaux usées et des déchets industriels (Clive, 1999).
- **Recyclage** : Promouvoir le recyclage des matériaux contenant des métaux lourds pour réduire leur mise en décharge.

### 3. Remédiation des sols contaminés

- **Bioremédiation** : Utiliser des plantes et des micro-organismes pour dégrader ou immobiliser les métaux lourds dans les sols contaminés.
- **Stabilisation et solidification** : Appliquer des techniques de stabilisation et de solidification pour réduire la mobilité des métaux lourds dans le sol.

### 4. Surveillance et gestion des risques

- **Monitorer\*\*** : Mettre en place des programmes de surveillance pour détecter et mesurer les niveaux de métaux lourds dans l'environnement (Calamari, 1985).
- **Éducation et sensibilisation** : Informer le public et les industries sur les dangers des métaux lourds et les mesures de prévention et de gestion (Clive, 1999).

## III. CONCLUSION

Les métaux lourds jouent des rôles essentiels dans la biologie des organismes vivants en tant qu'oligo-éléments, mais leur toxicité à des concentrations élevées pose des risques significatifs pour la santé et l'environnement. La gestion efficace de ces éléments nécessite une combinaison de surveillance, de réglementation, de techniques de remédiation et de sensibilisation pour protéger la santé humaine et environnementale tout en reconnaissant leur importance biologique.

La toxicité des métaux lourds représente un défi environnemental et de la santé publique majeur. Une gestion efficace nécessite une approche intégrée qui combine la réglementation, la réduction à la source, le traitement des déchets et la remédiation des sites contaminés. La sensibilisation et l'éducation du public sont également cruciales pour prévenir la pollution et protéger la santé humaine et l'environnement.

*2<sup>ème</sup> Partie :*

*Partie Expérimentale*

*Chapitre IV :*

*Description de la zone  
d'étude*

## Quatrième Chapitre : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

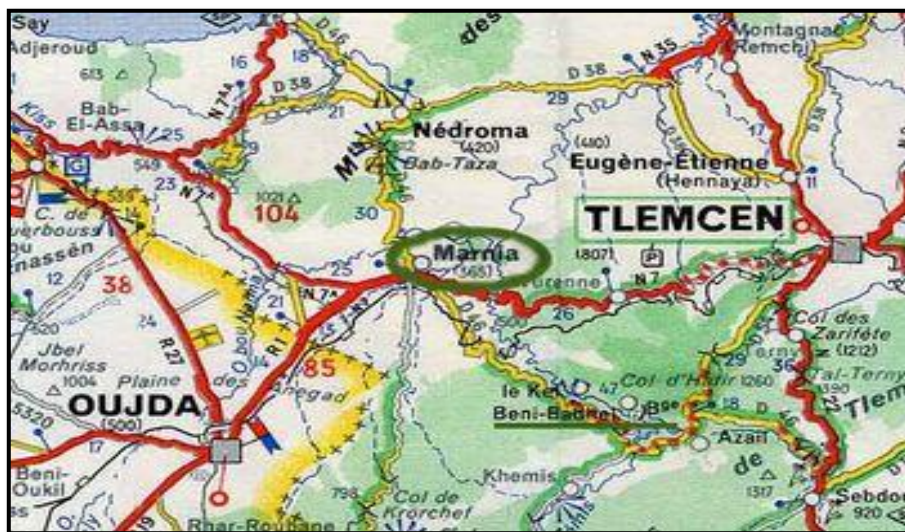
### I. PRESENTATION DE LA REGION D'ETUDE

#### 1. Données générales

Maghnia est une commune de la wilaya de Tlemcen, située dans l'extrême Nord-ouest algérien, à proximité de la frontière avec le Maroc. Elle se trouve à une latitude de 34.8617 et une longitude de -1.73055. Elle s'étend sur une superficie de 294,00 km<sup>2</sup>, avec un nombre de population estimée à 114634 habitants, avec une altitude minimale de 310 m, maximale de 680 m, et moyenne de 495 m.

Sur le plan géomorphologique, la région de Maghnia est caractérisée par un relief accidenté, avec des montagnes et des vallées encaissées. Les sols sont souvent peu profonds et rocailloux, ce qui limite les activités agricoles dans la région.

Elle est limitée au Nord par le massif des Taras (Djebel Fellaoucène) qui l'isole de la mer méditerranée, au Sud et à l'Est par les monts de Tlemcen (respectivement les monts de Ghar-Rouban et les monts du Kef), à l'Ouest et au Sud ouest par la plaine des Angads et les monts de Béni Snassen (*figure .IV.1*).



*Fig. IV.1* : Carte de situation géographique de la région de Maghnia

Le secteur d'étude porte sur le bassin versant de l'oued Mouilah qui représente l'un des composants primordiaux du bassin de l'oued Tafna; situé dans sa partie amont d'où son nom (la haute Tafna), qui est considéré l'un des bassins les plus importants dans le territoire algérien et appartient à l'ensemble du bassin hydrographique l'Oranie-Chott-Chergui selon la structuration des unités hydrologiques en Algérie (*figure IV.2*).

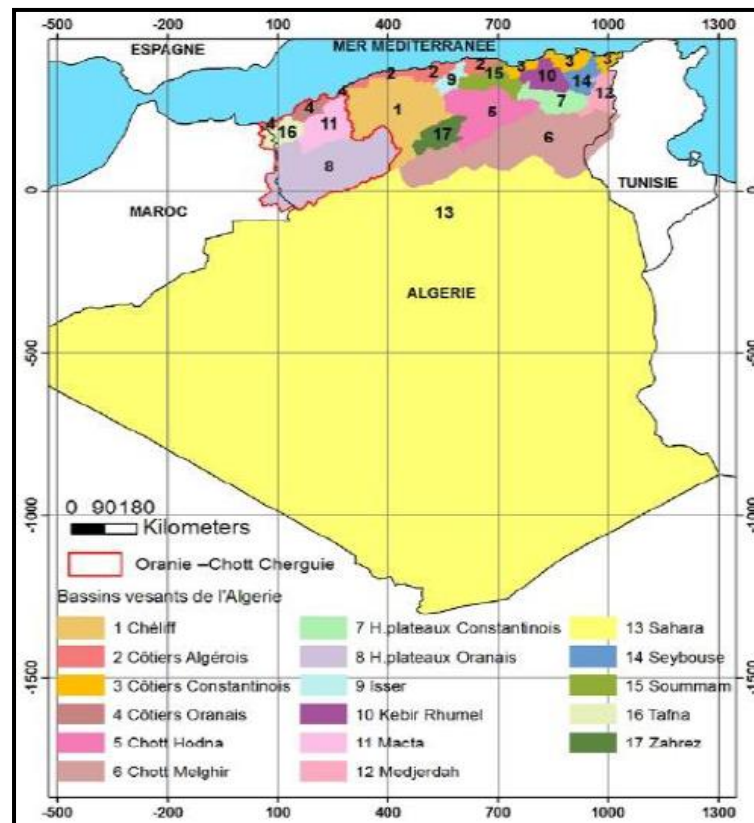


Fig. IV.2 : Carte des bassins versants en Algérie (Bemmoussat, 2011).

## 2. Contexte Géographique

La plaine de Maghnia (Partie intégrante du bassin de la moyenne Tafna) (figure. IV.3) est relativement plate: s'étend sur une superficie 216,13 Km<sup>2</sup>, 72% de la surface agricole utile est occupée par le secteur étatique.

Elle est traversée par l'Oued Ouerdeffou et ses affluents (Oued Aouina, Oued Mehaguène et Oued Abbès).

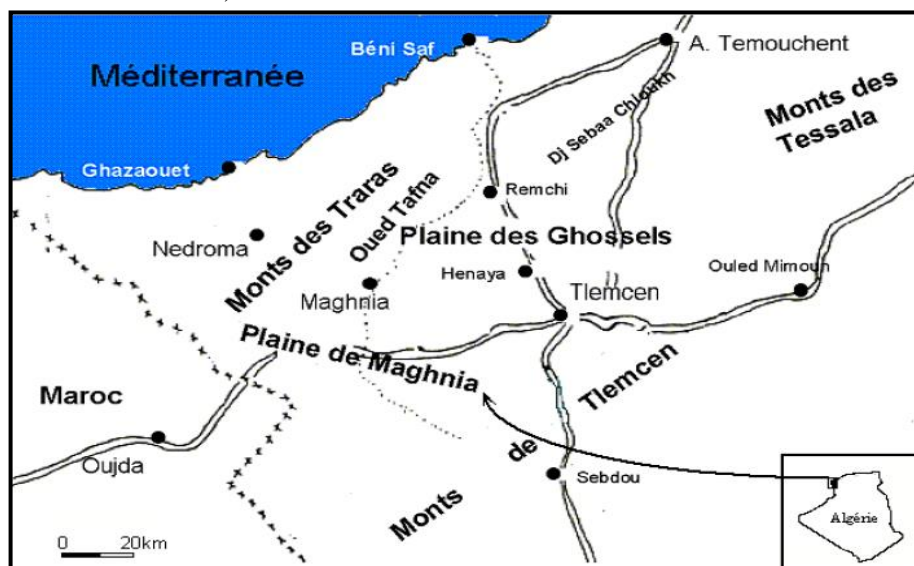


Fig. IV.3 : Carte de situation de la plaine de Maghnia (Baba Hamed, 2007)

La daïra de Maghnia est composée de deux communes:

- Hammam Boughrara,
- Maghnia.

Administrativement, la ville de Maghnia est bordée :

- Au nord par la commune de Souani,
- Au sud par la commune de Beni Bou Saïd,
- A l'est par hammam Boughrara,
- A l'ouest par le Maroc.

### 3. Situation du sous bassin de l'Oued Mouilah et ses principaux affluents

Le sous bassin d'Oued Mouilah situé à l'ouest du bassin de la Tafna, s'étale sur une superficie de 2630 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 230 km. Une bonne partie de cette surface se trouve dans le territoire Marocain.

Son cours d'eau, avec une longueur de 124 km, prend naissance dans la région d'El Abed en Algérie à 1250 m d'altitude. Il pénètre au Maroc pour s'appeler tantôt Oued Sly tantôt Oued Bounaim puis revient en Algérie aux environs de Maghnia sous l'appellation d'Oued Mouilah. Il draine un bassin constitué de zones très hétérogènes formées de montagnes (les monts des Traras au nord-ouest et ceux de Tlemcen au sud), de plaines et de vallées. Il reçoit sur ça rive droite Oued Ouerdeffou, dont les principaux affluents sont: Oueds el Abbés, Aouina et Lamhaguene, et les Oueds Bou Selit, Ben Saria et El Aouedj coté rive gauche.

La confluence de l'Oued Mouilah avec Oued Tafna est située en amont du barrage Hammam Boughrara, au niveau de Sidi Belkheir, à une altitude de 285m.

Oued Mouilah constitue une frontière naturelle entre la commune de Hammam Boughrara et Maghnia sur 21 Km de longueur de l'Ouest vers l'est, son débit moyen est de 400L/s selon les saisons.

Les affluents de l'Oued Mouilah sont :

- **Oued Isly et Oued El Heim:** Drainant la région sud d'Oujda et plus particulièrement le glissement minier de plomb et zinc de Touissite, Sidi Boubekeur et les eaux urbaines des agglomérations de Touissite, Sidi Boubekeur, Oued El Heim et Guenfouda.
- **Oued Bounaim:** Ce dernier draine toutes les eaux usées urbaines et industrielles de la ville d'Oujda et d'autres agglomérations secondaires avoisinantes Béni Drar, El Aleb.
- **Oued Ouerdeffou:** Il se forme au niveau de Maghnia par les affluents Oued Lamhaguene et Oued Aouina, traverse la ville de Maghnia en drainant les eaux usées urbaines, les eaux résiduaires industrielles ainsi que les déchets solides (décharges sauvages dans le lit de l'Oued).
- **Oued Lamhaguene et Oued Aouina:** Ils forment l'Oued Ouerdeffou au sud immédiat de Maghnia. Ils drainent surtout les eaux de lessivage des terres agricoles au sud de Maghnia.
- **Oued el Abbés:** Cet oued draine les terres agricoles au sud de Maghnia et reçoit les eaux usées industrielles.

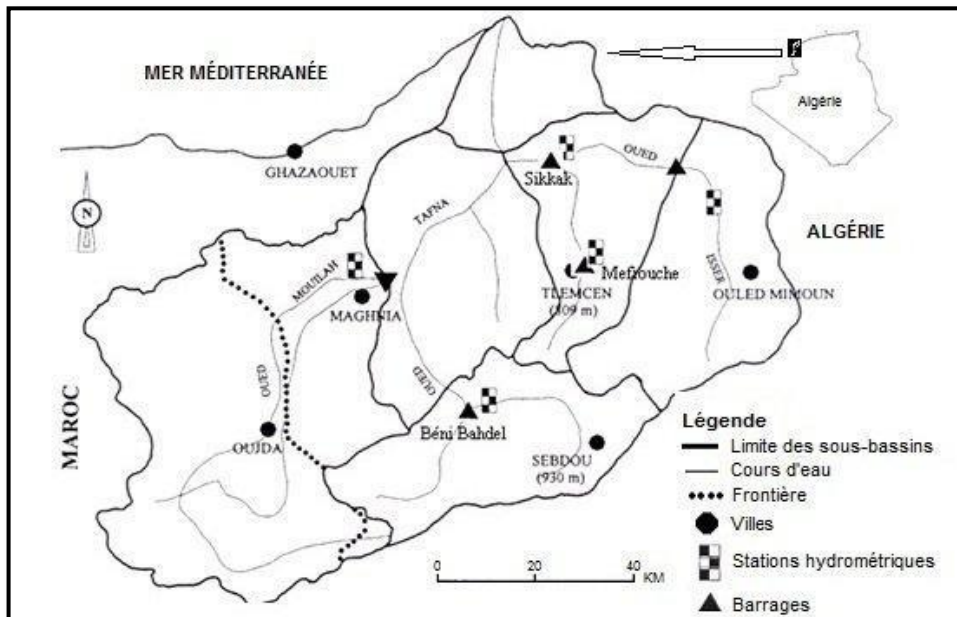


Fig. IV.4 : Carte de situation géographique du bassin de la Tafna (NW. Algérie) (Bouanani & al, 2013)

#### 4. Contexte Géologique

Maghnia se trouve au centre d'un couloir entre Tlemcen et Fès, accessible aux montagnards du Sud et du Nord, favorisant les échanges tribaux et économiques.

La région de Maghnia est située dans une région montagneuse, avec des reliefs escarpés et des vallées profondes. Elle est principalement composée de roches sédimentaires, notamment des calcaires et des argiles. On y trouve également des formations volcaniques, témoins de l'activité géologique passée de la région.

En se référant à certains travaux géologiques (Gentil, 1903; Perrodon, 1957; Guardia, 1975; Fenet, 1975; Hadji, 2019), le bassin de la Tafna correspond à un fossé d'effondrement (*figure. IV.5*) marqué par un remplissage sédimentaire tertiaire et par un volcanisme Mio-Plio-Quaternaire. C'est l'un des bassins néogènes sub-littoraux de l'Oranie.

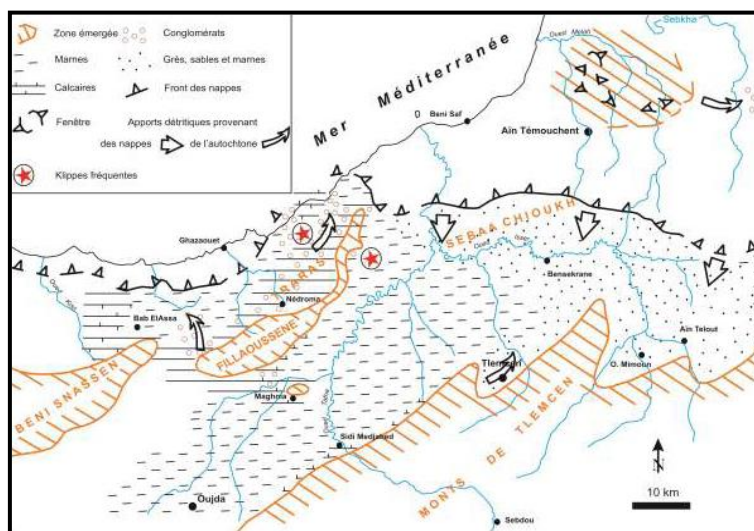


Fig. IV.5 : Carte Structurale du bassin de la Tafna (in Hadji, 2019).

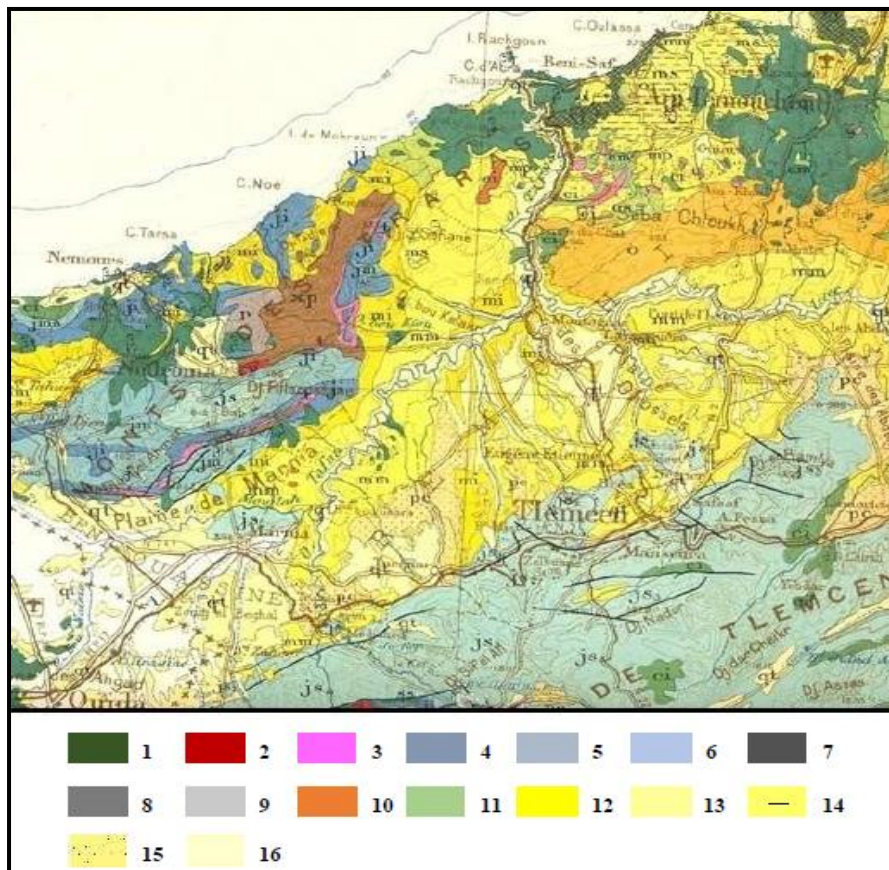
Sur le plan géologique (*figure. IV.6*), le remplissage sédimentaire dans la région se distingue par le dépôt d'une série épaisse du Miocène reposant en discordance sur le Jurassique.

Il s'agit de conglomérats et des argiles marneuses du Miocène inférieur, surmontés par des conglomérats, des grès et des marnes, avec parfois des passées de tufs basaltiques et de basalte d'âge miocène moyen.

Le Miocène supérieur se caractérise par des marnes noires parfois bleues, des sables, des grès, des calcaires, des diatomites et du gypse témoignant d'un milieu de dépôt de type continental.

Cette série miocène de 250 m d'épaisseurs est surmonté par les dépôts attribués au Pliocène.

Ce dernier correspond généralement à des formations à cachet continental. Elles sont représentées par des limons, sables, grès et argiles sableuses. Par ailleurs les dépôts d'âge quaternaire sont constitués des alluvions.



**Fig. IV.6 :** Grands traits géologiques du bassin de la Tafna et des régions limitrophes (Extrait de la carte géologique de l'Algérie au 1/500.000).

**Légende :**

1: Paléozoïque/ 2: Granite/ 3: Trias/ 4: Jurassique inf./ 5: Jurassique moy./ 6: Jurassique sup./ 7: Jurassique-Crétacé/ 8: Crétacé inf./ 9: Crétacé moy./ 10: Eocène inf./ 11: Oligocène/ 12: Miocène inf./ 13: Miocène moy./ 14: Miocène sup./ 15: Pliocène continental/ 16: Quaternaire.

Selon la figure IV.6, les formations géologiques qui affleurent dans l'ensemble du sous bassin versant de l'Oued Mouilah du plus récent au plus ancien sont:

- **Alluvions:** Cette formation récente est représentée par des sables-argileuses parfois limoneuses associées à des graviers.
- **Quaternaire:** Il affleure en général dans la zone d'étude au niveau des oueds comme oued el Abbés, oued Aounia, oued Tafna. Il représente les terrasses des oueds (graviers hétérométriques et hétérogènes, galets de taille différente, sables argileux).
- **Pliocène continental:** Constitué surtout de grès et parfois associés à des limons. Il affleure au niveau des deux rives de l'oued Tafna à Sidi Medjahed.
- **Miocène supérieur:** Il est caractérisé à sa base par des grès qui annoncent la transgression miocène. On passe à des marnes miocènes bien représentées dans la zone d'étude et au Nord de l'oued Mouilah où il forme sa rive gauche. Vers le haut on passe à des marnes sableuses.
- **Miocène inférieur:** Il affleure au Sud Ouest de la zone d'étude, représenté par des marnes.
- **Jurassique supérieur:** Il affleure à Maghnia et forme la rive droite d'Oued Mouilah au Nord. Il est représenté par des marnes un peu gréseuses à la base qui passe à des dolomies cristallines.

## 5. Contexte Climatique

Sur le plan climatique et selon les données de la station météorologique, Maghnia bénéficie d'un climat de type méditerranéen (étage bioclimatique semi-aride), caractérisé par des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs. Les précipitations sont généralement plus abondantes en hiver.

L'objectif principal de cette partie est de faire apparaître les données climatiques et leur la présentation afin de montrer l'évolution des paramètres pluviométrique et thermique et de donner une idée sur le climat de la région.

**Tableau .IV.1 :** Caractéristiques de la station de mesure (Source : A.N.R.H)  
(Lalam, 2017)

	Station		Coordonnées		
	Longitude	Latitude	Altitude	Période d'enregistrement	Etat
Maghnia	34°81N	01°78W	428	1979/1980 – 2015/2016	Opérationnelle

### 5.1. Pluviométrie

Les précipitations annuelles sont comprises entre 400 et 500 mm, avec une moyenne interannuelle de 302.1. Ce qui favorise la végétation dans la région (*figure IV.7*).

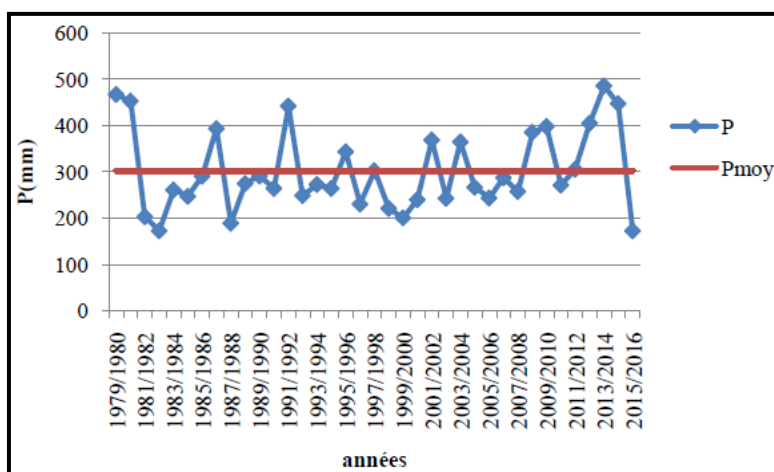
Les pluviométries mensuelles et annuelles au sous bassin Mouilah sont résumées dans les tableaux suivants :

**Tableau .IV.2** : Pluviométrie mensuelles et annuelles au sous bassin Mouilah  
(Zenasni, 2013).

Station pluviométrique	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	Pluviométrie annuelle
Maghnia	14.26	22.13	37.60	31.50	27.58	41.06	41.11	38.92	26.16	6.31	2.59	3.20	286.13

**Tableau .IV.3** : Valeurs des précipitations moyennes annuelles à la station de Maghnia  
(1979/1980 – 2015/2016) (Lalam, 2017).

Années	1979/1980	1980/1981	1981/1982	1982/1983	1983/1984	1984/1985
P (mm)	467.1	452.7	203.2	172.9	261.2	247.2
Années	1985/1986	1986/1987	1987/1988	1988/1989	1989/1990	1990/1991
P (mm)	290.7	393.3	189.2	274.8	290.9	264.4
Années	1991/1992	1992/1993	1993/1994	1994/1995	1995/1996	1996/1997
P (mm)	442.1	248.7	272.7	264.2	343.4	230.4
Années	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003
P (mm)	302.5	221.1	200.6	240.2	368.8	242.7
Années	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
P (mm)	364.6	266.8	243.5	287.4	257.9	385.3
Années	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015
P (mm)	398.1	271.2	305.6	404.8	485.5	447.2
Années	2015/2016	P <sub>moy</sub> =				
P (mm)	172.6	302.1 mm				



**Fig. IV.7** : Diagramme des précipitations annuelles à la station de Maghnia (1979-2016).

Les valeurs moyennes mensuelles pluviométriques montrent l'existence de deux saisons l'une pluvieuse allant du mois de septembre à celui de mai, avec des maximums variant entre les mois de décembre et mars selon la station, et l'autre sèche s'étendant sur les mois de juin, juillet et août, avec des minimums en juillet et août selon la station aussi.

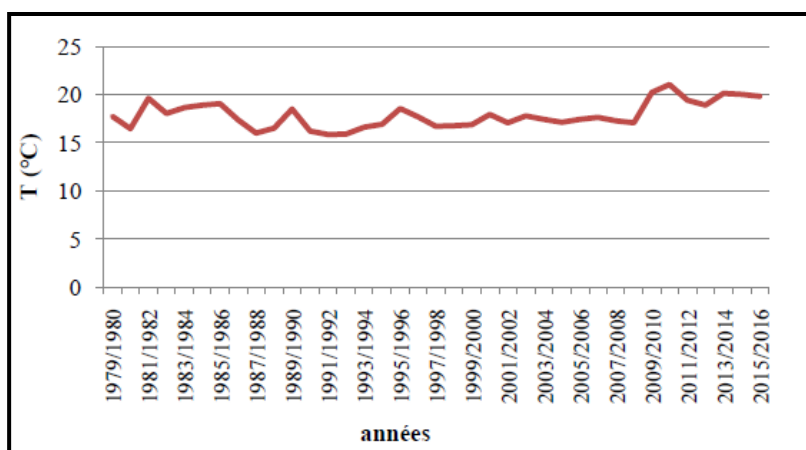
## 5.2. Température

Les valeurs de la température moyenne annuelle à la station de Maghnia (1979/1980 - 2015/2016) sont reportées au tableau IV.4:

**Tableau .IV.4** : Valeurs des Températures moyennes annuelles à la station de Maghnia (1979/1980 – 2015/2016) (Lalam, 2017).

Années	1979/1980	1980/1981	1981/1982	1982/1983	1983/1984	1984/1985
T (°C)	17.7	16.4	19.6	18.02	18.6	18.9
Années	1985/1986	1986/1987	1987/1988	1988/1989	1989/1990	1990/1991
T (°C)	19.03	17.35	15.98	16.45	18.48	16.18
Années	1991/1992	1992/1993	1993/1994	1994/1995	1995/1996	1996/1997
T (°C)	15.81	15.88	16.59	16.89	18.5	17.63
Années	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003
T (°C)	16.68	16.74	16.82	17.93	17.03	17.78
Années	2003/2004	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009
T (°C)	17.38	17.11	17.38	17.58	17.22	17.04
Années	2009/2010	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015
T (°C)	20.19	21.03	19.4	18.9	20.1	20.0
Années	2015/2016	T <sub>moy</sub> =				
T (°C)	19.8	17.9 °C				

Les températures moyennes annuelles durant cette période oscillent entre 15.81°C et 21.03°C.



**Fig. IV.8** : Variation interannuelle des températures à la station de Maghnia (1979/1980 – 2015/2016), (Lalam, 2017)

## 5.3. Etude du climat

L'étude du climat nous permet de déterminer les périodes sèches et humides, et on se basant sur des indices, elle permet de déterminer le type du climat de la région à partir des précipitations et des températures. Pour ce faire, nous avons utilisé les données de la chronique (1979/1980 – 2015/2016), enregistrées à la station de Maghnia (tableau VI.5).

**Tableau .IV.5** : Valeurs des précipitations et des températures moyennes mensuelles (Lalam, 2017).

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Août
P <sub>moy</sub> (mm)	14.1	28.4	43.2	32.7	35.5	35.2	34.6	30.4	33.2	6.5	3.5	4.8
T <sub>moy</sub> (°C)	23.7	19.1	14.7	11.1	9.92	11.2	13.2	15.5	18.8	23.4	26.4	26.9

Pour la station de Maghnia, la figure IV.9 permet de distinguer deux périodes:

- Une période humide: s'étend du mois de Novembre jusqu'à la fin du mois d'Avril,
- Une période sèche: occupe les autres mois de l'année.

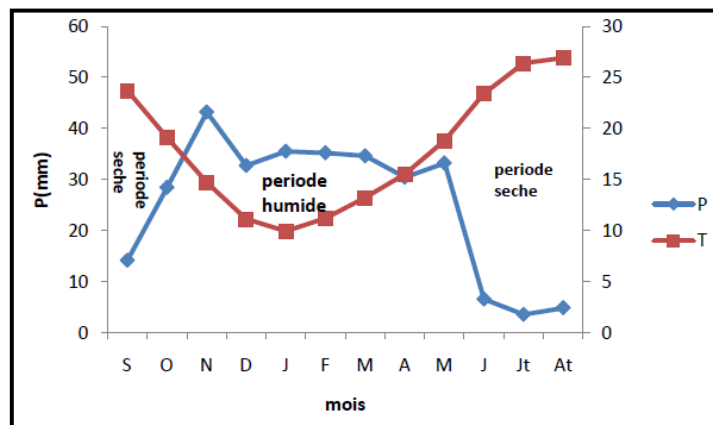


Fig. IV.9 : Diagramme pluviométrique à la station de Maghnia (1979/1980-2015/2016)

La mer, assez proche, ne réussit pas toujours à atténuer les influences continentales. Selon les données fournies par la station météorologique, les vents dominants sont le vent du WNW et le vent du WSW.

## 6. Contexte hydrogéologique

Sur le plan hydrogéologique, la région de Maghnia est traversée par plusieurs cours d'eau, dont l'oued Tafna, qui prend sa source dans les montagnes environnantes. Ces cours d'eau sont essentiels pour l'approvisionnement en eau de la région, ainsi que pour l'irrigation des terres agricoles. Cependant, la région souffre de problèmes liés à la salinisation des sols et à la rareté de l'eau, ce qui limite parfois les rendements agricoles.

## 7. Réseau hydrographique

La région fait partie du bassin versant de la moyenne de la Tafna, au Nord-Est du sous bassin d'Oued Mouilah (*figure. IV.10*). Ce dernier occupe une superficie de 2650 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 230 km et une longueur du thalweg principal de 124 km.

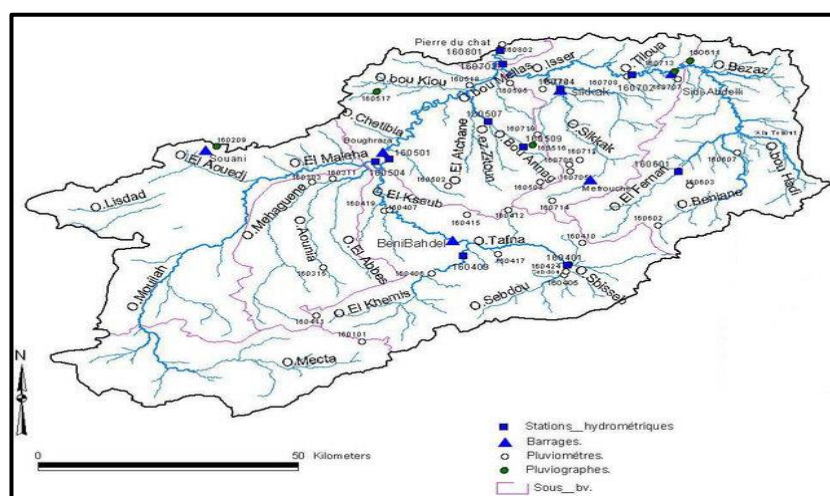


Fig. IV.10 : Réseau hydrographique de la plaine de Maghnia (Hafied & al., 2017).

Le relief assez varié est constitué des montagnes, des plaines et des vallées. A noter que l'Oued Mouilah est l'affluent de la rive gauche par apport au grand bassin versant de la Tafna. Il représente les 4/5 des apports au barrage de Hammam Boughrara (Boudjema, 2007).

Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Mouilah est crucial pour l'irrigation des terres agricoles et la restauration de la végétation riveraine. Par exemple, des aires d'irrigation sont aménagées pour soutenir l'agriculture locale, et des mesures de reboisement sont mises en place le long des cours d'eau pour préserver l'écosystème aquatique.

Il est important de souligner l'existence d'autres réseaux hydrographiques, comme l'Oued Ouerdeffou qui est un cours d'eau temporaire qui draine les eaux usées urbaines de la ville de Maghnia et les eaux de certaines activités industrielles. Cet Oued déverse dans Oued Mouilah.

Aussi Oued el Abbés qui est alimenté par les rejets industriels de Maghnia–Est et déverse dans l'Oued Ouerdeffou.

- ✚ Oued Mouilah avec deux affluents: Oued Bounaim et Aouedj,
- ✚ Oued Ouardeffou avec trois affluents: Oued el Abbés, Ouina, et Mehaguene.

### 7.1. Oued Mouilah

Important affluent rive gauche de la Tafna, prend naissance dans la région d'El Abed, en Algérie, à 550m d'altitude, puis pénètre au Maroc sous le nom d'Oued Isly qui suit un cours intermittent. Il redevient permanent en aval de la ville d'Oujda (Maroc) à 490m d'altitude, sous l'appellation d'oued Bounaïm, et enfin pénètre en Algérie, aux environs de Maghnia, et prend le nom d'Oued Mouilah.

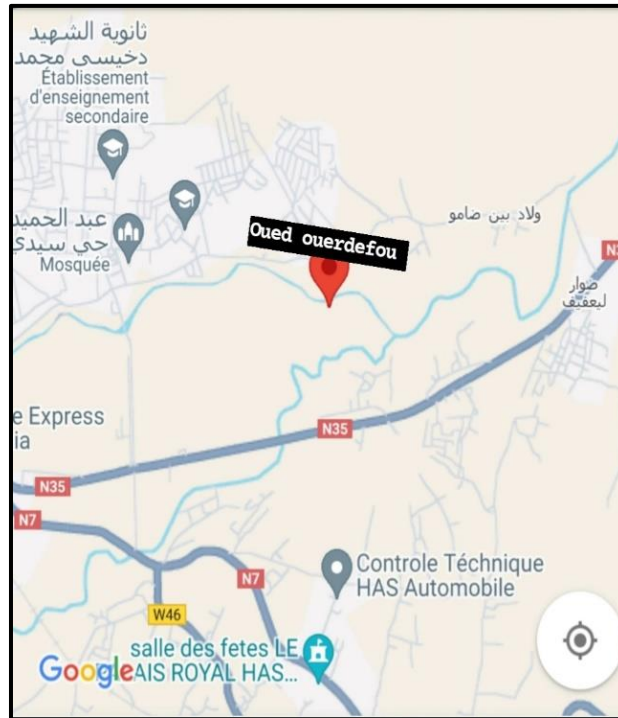
### 7.2. Oued Ouerdeffou

C'est le plus important de la zone d'étude et il constitue notre Oued d'étude.

L'oued Ouerdeffou est un cours d'eau temporaire en amont de la ville de Maghnia, permanent en aval, il passe à proximité de la ville de Maghnia, son principal affluent est l'Oued Mehaguene qui prend naissance dans le territoire Marocain.

Il draine les eaux usées urbaines de cette ville et les eaux de certaines activités industrielles dont principalement: «L'entreprise nationale des produits miniers non ferreux et des substances utiles ENOF», située en plein centre urbain de la ville de Maghnia.

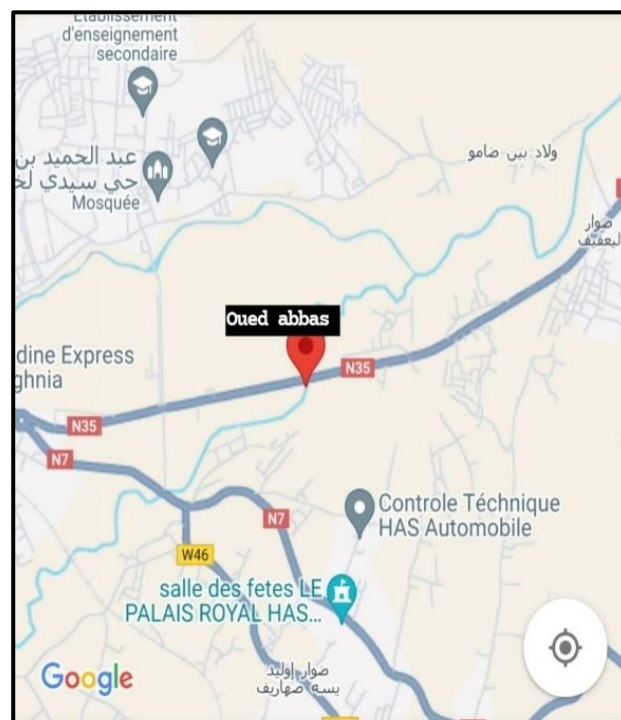
L'Oued Ouerdeffou déverse dans l'oued Mouilah et conflue avec la Tafna à une altitude de 260 m à l'intérieur de la retenue actuelle du barrage de Hammam Boughrara.



**Fig. IV.11** : Localisation de l'Oued Ouerdeffou.

### 7.3. Oued el Abbés

Son principal affluent est l'Oued Mansour ainsi qu'un nombre assez important de cours d'eau tels que ceux qui collectent les eaux de ruissellement des monts d'El Gargachi, Rouaguen et El Babouche.



**Fig. IV.12** : Localisation de l'Oued el Abbés

Il est à signaler que cet oued sert d'exutoire aux rejets industriels des unités économiques de la ville de Maghnia-Est, particulièrement :

- Le complexe des corps gras 'ENCG',
- La maïserie 'Tafna',
- L'usine de céramique 'CERTAT'.

Oued el Abbés déverse dans l'Ouerdeffou en aval et à quelques kilomètres de la ville de Maghnia.

**N.B** :

Les oueds *Méhaguène* et *Aouina*, souvent à secs, ne sont que des torrents à la suite d'épisodes orageux anachroniques.

**Tableau .IV.6** : Caractéristiques des bassins versants de Mouilah et d'Ouerdeffou (Baba Hamed, 2007).

Oueds	Mouilah	Ouerdeffou
<b>Superficie du bassin versant (Km<sup>2</sup>)</b>	1827	612
<b>Altitude moyenne (m)</b>	854	676

## 8. Sols et Végétation

La végétation est un facteur déterminant de la rapidité du ruissellement superficiel, du taux d'évaporation et de la capacité de rétention du bassin. Donc la présence de végétation va jouer le rôle de *Régulateur* dans le régime d'écoulement.

L'occupation végétale a une influence directe sur l'écoulement fluvial aussi bien que facteurs orographiques et climatiques. La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense.

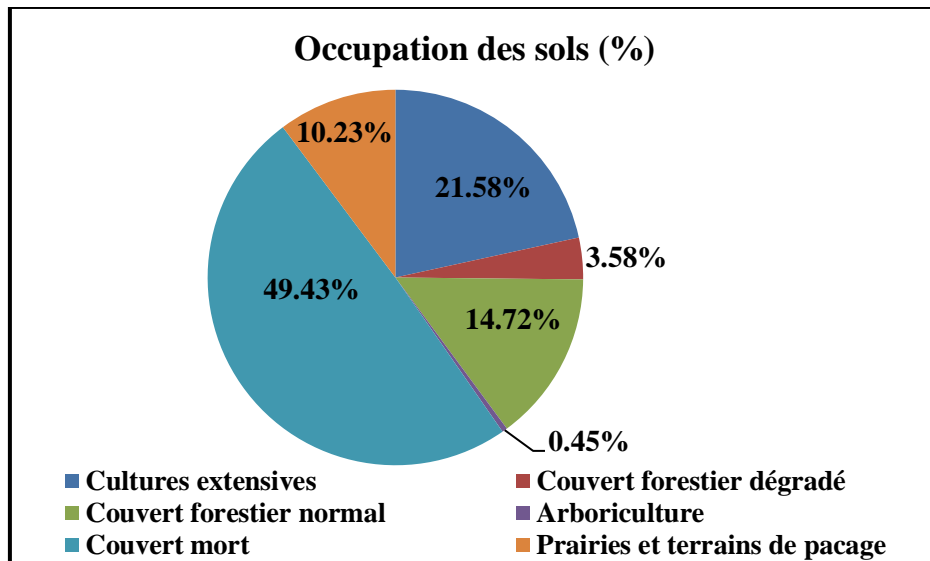
Le paysage végétal du bassin de la Tafna a été largement dégradé et défriché en montagne par les incendies et par une petite agriculture extensive et un surpâturage endémique. Ce qui a entraîné une perte d'eau par évaporation et une accélération de l'érosion.

Le tableau suivant montre que la moitié de la superficie du bassin de l'oued Mouilah est constituée de terrains nus, localisés au Sud (*figure IV.13*).

Ces terrains susceptibles d'être transpercés par l'effet de pluies violentes, correspondent à une zone plate à pente inférieure à 5%. L'autre partie du bassin se trouve suffisamment couverte pour résister aux menaces érosives.

**Tableau .IV.7** : Distribution du couvert végétal dans le bassin de l'Oued Mouilah (Bouanani, 2004)

<i>Occupation des sols</i>	<i>Surface (ha)</i>	<i>% des surfaces</i>
<b>Cultures extensives</b>	54200	21.58
<b>Couvert forestier dégradé</b>	9500	3.58
<b>Couvert forestier normal</b>	39000	14.72
<b>Arboriculture</b>	1200	0.45
<b>Couvert mort</b>	131000	49.43
<b>Prairies et terrains de pacage</b>	27100	10.23



**Fig. IV.13** : Distribution du couvert végétal dans le bassin de Mouillah.

### 9. Contexte Agricole

L'agriculture est la principale activité économique de la région, avec la culture céréalière (blé, orge) et la culture maraîchère (tomates, poivrons, courgettes) comme principales productions. L'élevage de bovins, ovins et caprins est également pratiqué.

Malgré ces défis, la région de Maghnia bénéficie d'un potentiel agricole important et d'une main-d'œuvre qualifiée. Des efforts sont déployés pour moderniser les techniques agricoles et améliorer l'irrigation, afin de garantir la durabilité de l'agriculture dans la région.

## II. SOURCES DE POLLUTION DANS LE BASSIN VERSANT DE MOUILLAH

Le barrage Boughrara subit une pollution charroyée par les oueds composant le réseau hydrographique de son bassin et de sa cuvette qui constitue le principal exutoire de l'Oued Mouillah, car il abrite tout types de pollution importante acheminée par ses affluents, à savoir : Oued Isly, Oued Bounaim, Oued Ouerdeffou et Oued el Abbés.

Il est composé d'une vaste plaine riche en terres agricoles et en réseau hydrique. Autour de ces richesses hydriques et pédologiques, il s'y est développé d'importantes activités agricoles, industrielles et commerciales engendrant une importante pollution des milieux hydriques et terrestres.

Cette pollution se propage et se diffuse pour atteindre finalement le barrage Hammam Boughrara qui constitue le récepteur de tous les rejets aussi bien solides que liquides de l'ensemble des activités du périmètre.

## 1. Pollution d'origine domestique

Généralement, cette pollution est due aux rejets d'eaux usées domestiques de toute la ville et agglomérations se trouvant dans la partie algérienne du bassin versant, à savoir, les communes de Maghnia.

Une station d'épuration, de capacité totale de 150.000 équivalents habitants, a été réalisée afin de traiter les eaux usées de la ville de Maghnia. De nos jours, l'épuration des effluents domestiques est maîtrisée sans oublier les déversements anarchiques directs dans les cours d'eaux.

### 1.1. Pollution domestique de la région d'Oujda

La population d'Oujda été en 2008 de l'ordre de 450 000 habitants avec un taux d'accroissement moyen de 2,1% (selon le taux moyen national marocain). Cette population sera en 2030 de l'ordre de 750 000 habitants. Sachant que la population de l'agglomération d'Oujda est dotée journalièrement par un débit moyen de consommation de 120 L/j/hab., les rejets domestiques de la ville d'Oujda sont, actuellement, de l'ordre de 60 400 m<sup>3</sup>/j. Ces rejets sont déversés, sans aucun traitement préalable, directement dans l'Oued Bounaïm (Mouillah). Les compagnes d'analyse de la DBO<sub>5</sub> et la DCO faites entre 1996 et 2008, par le laboratoire de l'ANRH (Oran), sur l'Oued Mouilah, juste à la frontières Algéro-Marocaine, ont donné les résultats suivants:

**Tableau .IV.8 :** Résultats d'analyse de la DBO<sub>5</sub> et de la DCO à la frontière Algéro-Marocaine (D.H.W. Tlemcen)

	1996	1999	2008
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</b>	29.4	72.7	54.0
<b>DCO (mg/L)</b>	83.5	182	271
<b>DCO/DBO<sub>5</sub></b>	2.8	2.5	3.2

D'après les résultats du tableau précédent, on remarque que les valeurs moyennes annuelles de la DBO<sub>5</sub> et la DCO pendant la période de 1996 sont inférieures aux normes, mais à partir de l'année 1999 (juste après la mise en eau du barrage Hammam Boughrara), les valeurs de la DBO<sub>5</sub> et la DCO sont plus élevées et dépassent largement les normes préconisées par l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S). Ces taux correspondent à une forte charge en matières organiques.

### 1.2. Pollution domestique de la région de Maghnia et Hammam Boughrara

Cette pollution est due aux rejets des eaux usées domestiques de toutes les agglomérations se trouvant dans le bassin versant du barrage Hammam Boughrara. A savoir la commune de Maghnia et celle de Hammam Boughrara (prés de 126 078 habitants en 2008) concernant le sous bassin de Mouilah, Sidi Medjahed (prés de 7 164 habitants en 2008) et Bouhlou (prés de 6 347 habitants en 2008) concernant le bassin versant d'Oued Tafna. Dans le cadre de la réduction de l'agressivité de cette pollution, une station d'épuration a été réalisée pour traiter les eaux usées de la ville de Maghnia (Ghernati et al., 2008).

## 2. Pollution d'origine industrielle

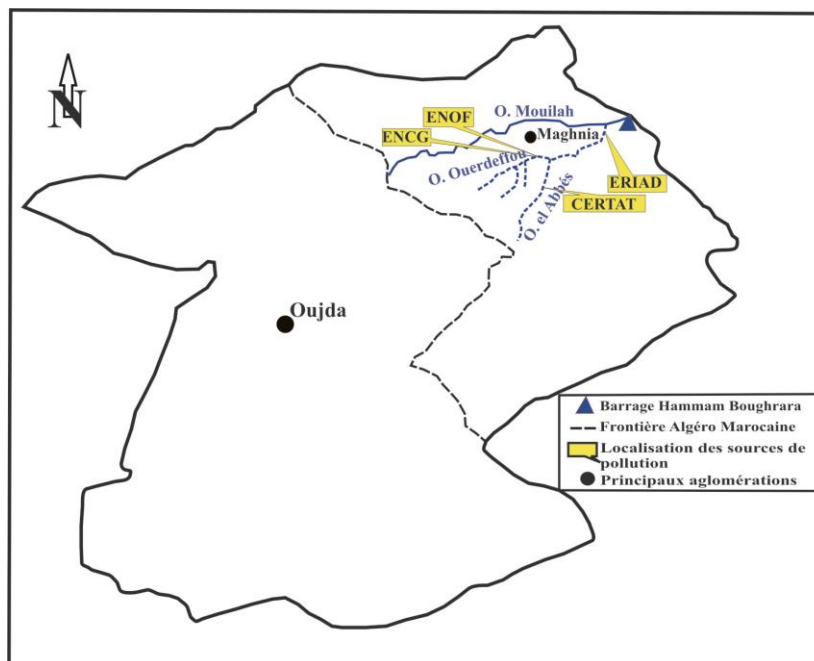
Les effluents industriels proviennent de 04 entreprises:

✓ L'E.N.O.F: Entreprise des produits miniers non ferreux et des substances utiles. Elle produit la terre décolorante ainsi que la bentonite de fonderie. Tous ces rejets se font dans l'oued Ouerdeffou.

✓ L'E.N.C.G: Complexe de corps gras. Il produit de l'huile, du savon et de la glycérine. Les rejets se font dans l'Oued el Abbés (affluent de l'oued Ouerdeffou).

✓ L'E.R.I.A.D: Entreprise des industries alimentaires et dérivés. L'unité fabrique des produits dérivés de maïs. Elle rejette  $600 \text{ m}^3 / \text{j}$  d'eaux chargées en gluten dans l'Oued el Abbés.

✓ La C.E.R.T.A.T: Entreprise de céramique vaisselle. Elle rejette  $130 \text{ m}^3 / \text{j}$  d'eaux très chargées en minéraux dans l'Oued el Abbés.



**Fig. IV.14** : Carte de localisation des sources de pollution (ENH, 2003 – Reprise par Dali, 2024).

## 3. Pollution d'origine agricole

Les activités agricoles dans le bassin versant étudié sont essentiellement implantées dans le périmètre irrigué de Maghnia et plus particulièrement dans la plaine d'Angad.

Les sources de pollution majeures découlant de ces activités sont:

### 3.1. L'épandage d'engrais

L'utilisation massive et abusive des engrais qui engendre un important apport d'Azote dans les eaux superficielles et souterraines.

Le tableau suivant présente les types et les quantités d'engrais utilisés dans la plaine de Maghnia :

**Tableau .IV.9** : Types d'engrais utilisés dans la plaine de Maghnia  
(Ghernati et al., 2008)

Type d'engrais	Quantité utilisée (tonnes/an)
Phosphate super 46%	1144.00
Amonitrate 33.5%	59.00
Sulfate d'ammonium	299.00
Sulfate de potassium (15.15.15)	6364.00
Sulfate de potassium (0.20.25)	511.50

### 3.2. Le traitement des sols et végétaux

✓ *Les pesticides*: La présence de pesticides dans les eaux résulte par les sols et le ruissellement dont l'importance dépend de la nature du terrain, du couvert végétal et des conditions pluviométriques.

Certains pesticides sont particulièrement résistants et s'accablent dans la chaîne alimentaire. Certains entre eux sont toxiques et d'autres sont cancérogènes.

Le tableau suivant présente les produits pesticides utilisés dans la plaine de Maghnia.

**Tableau .IV.10** : Types de pesticides utilisés dans la plaine de Maghnia  
(Ghernati et al., 2008)

Produits	Matière	Quantité utilisée (Kg/an)
<b>Pesticides</b>	Sandofane	1
	Ripost	91
	Pirimor	42
	Phoxine	25
	Pelt 44	20
	Méthyle paratox	6850
	Bacto spein	294
	Calben	102
	Klérat	53
<b>Fongicides</b>	Soufre sublimé	4801
	Chelat de fer	10
<b>Herbicides</b>	Métribuzine	67
	Linuron	14

### 3.3. L'élevage

L'élevage avicole en particulier constitue une source majeure de pollution des eaux. Les fientes de volaille éliminées sans précaution peuvent par ruissellement et/ou infiltration polluer les eaux souterraines et superficielles. Les quantités de fientes produites dans la région de Maghnia sont estimées à environ 20 000 tonnes/an.

#### 4. Pollution provenant du côté Marocain

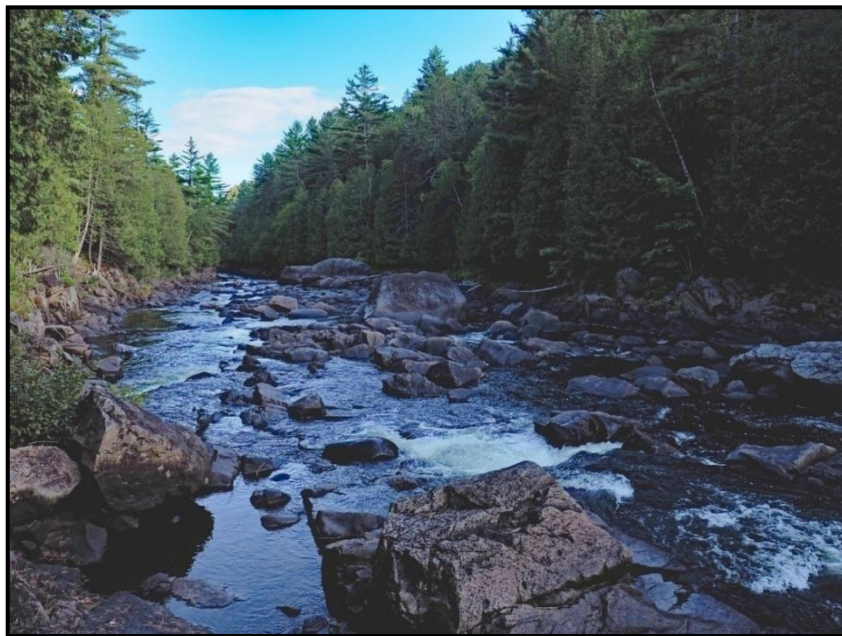
Cette pollution est engendrée par les eaux usées urbaines et industrielles provenant de la ville marocaine d'Oujda, déversées directement dans l'Oued Bounaïm, principal affluent de l'Oued Mouilah, sans aucun traitement préalable. Vu le manque de données et la difficulté d'en avoir, une estimation ou même une idée sur la qualité et la quantité des rejets industriels du côté Marocain s'avère impossible.

### III. PRESENTATION DE L'OUED OUERDEFFOU

En Algérie, la gestion des ressources en eau est un enjeu crucial, notamment en raison de la pression exercée par les activités humaines sur les cours d'eau. Il est donc essentiel de mener des études approfondies sur les différents cours d'eau du pays pour garantir une gestion durable de ces ressources vitales.

L'Oued Ouerdeffou est un cours d'eau située à Maghnia dans la wilaya de Tlemcen, en Algérie. Il prend sa source dans les montagnes environnantes et traverse la ville de Maghnia avant de se jeter dans la mer Méditerranée. Plusieurs travaux ont été effectués sur ce cours d'eau pour améliorer sa gestion, prévenir les inondations et suivre sa qualité.

Ces travaux ont permis de réduire les risques d'inondations et de protéger les habitations et les terres agricoles situées le long de l'Oued Ouerdeffou. Ils ont également contribué à préserver l'écosystème de la rivière en limitant les dégâts causés par les crues et en favorisant la régénération de la végétation riveraine.



*Photo. IV.1* : Photo de l'Oued Ouerdeffou.

En outre, ces travaux ont également eu un impact positif sur le développement économique de la région en protégeant les infrastructures et en favorisant l'exploitation agricole des terres fertiles bordant la rivière.

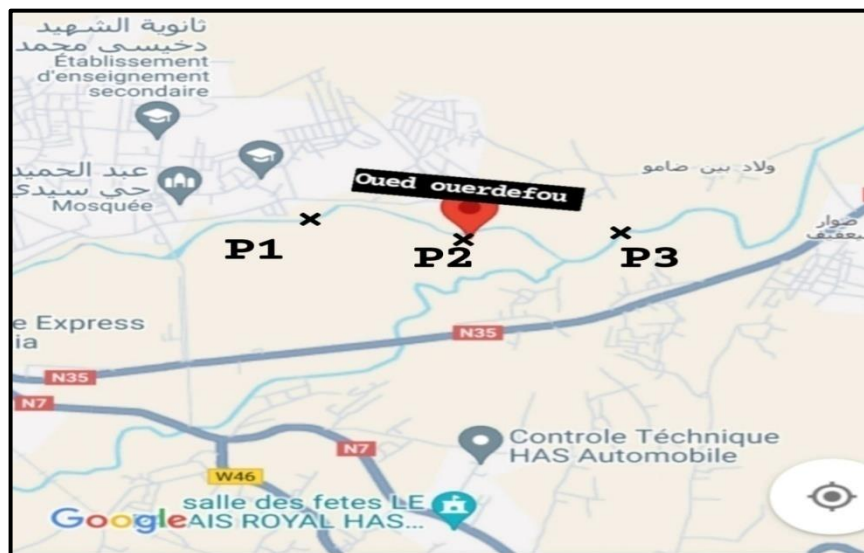
Une étude sur l'oued Ouerdeffou pourrait porter sur plusieurs aspects, tels que la qualité de l'eau, la biodiversité aquatique, l'impact des activités humaines sur le cours d'eau, ou encore les mesures de protection et de préservation de cet écosystème fragile.

Il est important de mener des études d'évaluation de la qualité des eaux sur les cours d'eau comme l'Oued Ouerdeffou afin de mieux comprendre leur fonctionnement, d'identifier les menaces qui pèsent sur eux et de mettre en place des mesures de gestion adaptées pour assurer leur préservation à long terme.

En résumé, l'Oued Ouerdeffou correspond à la plaine de Maghnia proprement dite. Il occupe une place centrale dans la région de Maghnia, tant pour son aspect géographique que pour son impact sur la vie locale et les flux migratoires.

### 1. Présentation du site de prélèvement et des points d'échantillonnage

Afin de d'effectuer notre étude qui porte sur l'évaluation de la qualité des eaux de l'Oued Ouerdeffou et de connaître l'impact de ces eaux sur les terrains agricoles limitrophes car certains agriculteurs irrigue avec les eaux de ce cours d'eau, un suivi régulier de la qualité physico-chimique des eaux à été effectué. Trois points de prélèvements ont été choisis le long de l'Oued (*figure IV.16*).



*Fig. IV.15* : Carte de localisation

Le travail a été réalisé sur une période de 17 jours (allant du 03/03/2024 jusqu'au 19/03/2024).

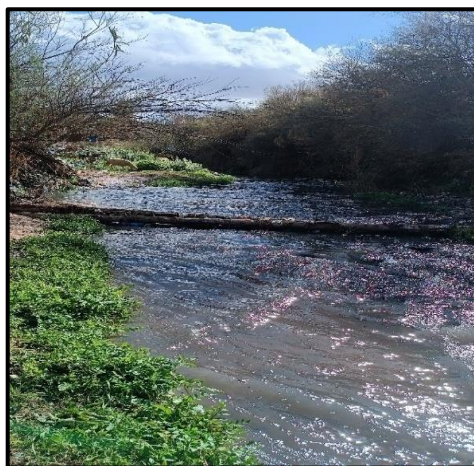
- ✓ P1 : Premier point de prélèvement (en amont de l'Oued Ouerdeffou) (*photo. IV.2*), Coordonnée GPS : N34° 50' 44.5'' W001°43'11.2''
- ✓ P2 : Deuxième point de prélèvement (au milieu de l'Oued Ouerdeffou) (*photo. IV.3*), Coordonnée GPS : N34° 51' 03.9'' W001°41'56.3''
- ✓ P3 : Troisième point de prélèvement (en aval de l'Oued Ouerdeffou, confluence avec l'Oued el Abbés, avant la station d'épuration) (*photo. IV.4*), Coordonnée GPS : N34° 51' 08.4'' W001°41'12.1''



*Photo. IV.2* : Localisation du premier point de prélèvement (P1)



*Photo. IV.3* : Localisation du deuxième point de prélèvement (P2)



*Photo. IV.4* : Localisation du troisième point de prélèvement (P3)

## 2. Quelques notions sur l'Oued Ouerdeffou

### 2.1. Climat

Le climat dominant est caractérisé par des précipitations variables et des températures modérées. Les précipitations influencent directement le débit de l'oued, avec des périodes de fortes pluies entraînant des crues et des périodes de sécheresse réduisant le débit. Par exemple, lors de saisons pluvieuses, le débit de l'oued peut augmenter considérablement, affectant la qualité de l'eau et l'écosystème aquatique. En revanche, lors de périodes de sécheresse, le débit peut diminuer, impactant l'approvisionnement en eau pour l'agriculture et d'autres usages. De plus, les variations climatiques peuvent influencer la qualité de l'eau en modifiant la concentration des polluants et en affectant la biodiversité aquatique.

### 2.2. Classification des formations géologiques de l'Oued

La classification des formations géologiques de l'oued Ouerdeffou peut être effectuée en fonction de plusieurs critères sont :

- ✓ En termes d'âge : les formations géologiques de l'oued Ouerdeffou peuvent être classées en fonction de leur période de dépôt, qui peut varier de l'ère primaire à l'ère quaternaire.

- ✓ En termes de composition : les formations géologiques de l'oued Ouerdeffou peuvent être classées en fonction de leur composition minérale, qui peut inclure des roches sédimentaires, métamorphiques ou ignées.

- ✓ En termes de structure : les formations géologiques de l'oued Ouerdeffou peuvent être classées en fonction de leur structure tectonique, qui peut inclure des plis, des failles, des fractures et des intrusions magmatiques.

- ✓ En termes de perméabilité : les formations géologiques de l'oued Ouerdeffou peuvent être classées en fonction de leur capacité à laisser passer l'eau, ce qui peut varier en fonction de leur porosité et de leur perméabilité.

Il est important de noter que les formations géologiques de l'oued Ouerdeffou peuvent présenter des caractéristiques mixtes, ce qui peut rendre leur classification difficile.

### 2.3. Les types de formations sédimentaires de l'Oued Ouerdeffou

Les types de formations sédimentaires présentes le long de l'oued Ouerdeffou comprennent:

- ✓ **Grès paléozoïques:** Ce sont des grès compactés et cimentés au fil du temps, formant une roche dure et durable.

- ✓ **Formations tertiaires et quaternaires:** Ce sont des formations sédimentaires plus récentes qui ont été déposées par le fleuve au fil du temps. Ils sont généralement composés de gravier, de sable et de limon et peuvent se trouver sous forme de terrasses le long de la rivière.

- ✓ **Formations fluviales:** Ce sont des formations sédimentaires déposées par la rivière au fil du temps, notamment du gravier, du sable et du limon.

- ✓ **Formations alluviales:** Ce sont des formations sédimentaires déposées par la rivière dans sa plaine inondable, comprenant du limon, de l'argile et de la matière organique.

✓ **Formations lacustres:** Ce sont des formations sédimentaires qui se sont déposées dans des lacs ou des étangs le long de la rivière, comprenant de l'argile, du limon et de la matière organique.

✓ **Formations deltaïques:** Ce sont des formations sédimentaires déposées à l'embouchure du fleuve, là où il rencontre la mer, comprenant du sable, du gravier et de la matière organique.

Ces formations sédimentaires sont importantes pour comprendre l'histoire géologique de la région et les processus qui ont façonné la rivière et son paysage environnant au fil du temps. Ils ont également des implications sur les processus hydrologiques et géomorphologiques qui façonnent le fleuve et son paysage environnant, ainsi que sur la gestion des ressources en eau dans la région.

#### 2.3.1. L'impact des formations sédimentaires sur la qualité de l'eau de l'Oued Ouerdeffou

Les formations sédimentaires le long de l'oued Ouerdeffou ont un impact significatif sur la qualité de l'eau. Ces formations influencent la composition chimique de l'eau en fonction des roches et des matériaux en contact avec l'eau, ce qui peut affecter la qualité de l'eau souterraine.

Par exemple, les formations sédimentaires marneuses du Miocène ont été identifiées comme ayant un impact sur la qualité de l'eau souterraine en augmentant sa concentration et sa conductivité électrique (EC).

De plus, la présence de sédiments dans les cours d'eau peut perturber la chaîne alimentaire naturelle en détruisant l'habitat des plus petits organismes aquatiques et entraînant des déclin massifs des populations de poissons.

#### 2.4. Caractéristiques hydrologiques et hydrogéologiques sur l'oued Ouerdeffou

Les caractéristiques hydrologiques de l'oued Ouerdeffou comprennent un bassin versant hétérogène drainé par l'oued Mouilah et ses affluents, avec des plaines et vallées encaissées entre les monts de Tlemcen et de Traras. Ces caractéristiques influencent l'écoulement superficiel et la propagation de la pollution dans le réseau hydrographique.

Du point de vue hydrogéologique, la région présente des formations sédimentaires variées, telles que la craie riche en coccolites et silex, formées dans des mers chaudes peu profondes riches en phytoplancton.

Ces formations sédimentaires révèlent des informations sur les environnements anciens et les processus géologiques ayant façonné la région.

##### 2.4.1. Impact sur la qualité de l'eau de l'oued Ouerdeffou

Les caractéristiques des régimes hydrologiques et hydrogéologiques de l'oued Ouerdeffou ont des impacts importants sur la qualité de son eau.

Le débit du fleuve est caractérisé par de fortes irrégularités inter mensuelles et interannuelles, avec des crues et des périodes d'étiage affectant la qualité de l'eau.

En période d'étiage, la rivière est souvent alimentée par des eaux usées non traitées provenant des zones urbaines, entraînant une dégradation importante de la qualité de l'eau.

La variabilité et le changement climatiques affectent également les ressources en eau, notamment les eaux souterraines et les eaux de surface, en modifiant les processus de recharge et les interactions entre les masses d'eau.

Comprendre ces impacts est crucial pour gérer les ressources en eau et garantir leur utilisation durable face au changement climatique et à d'autres pressions environnementales.

#### 2.4.2. Impact de la qualité de l'eau de l'oued Ouerdeffou sur les terrains agricoles

La qualité de l'eau de l'oued Ouerdeffou a un impact significatif sur les terrains agricoles environnants. Les pratiques agricoles peuvent être influencées par la qualité de l'eau, notamment en ce qui concerne l'irrigation des cultures. Si l'eau de la rivière est contaminée par des substances toxiques provenant de l'agriculture ou d'autres sources, cela peut entraîner une contamination des sols et des cultures irriguées, affectant ainsi la productivité agricole et la santé des plantes.

Par exemple, le lessivage des engrais et des pesticides dans l'eau peut conduire à une eutrophisation des sols et des eaux, affectant la croissance des cultures et la qualité des récoltes.

De plus, la pollution des nappes phréatiques et des cours d'eau par des produits chimiques agricoles peut avoir des effets néfastes sur la santé des sols et des plantes, compromettant la durabilité des pratiques agricoles dans la région.

En résumé, la qualité de l'eau de l'oued Ouerdeffou est essentielle pour maintenir des pratiques agricoles saines et durables, garantissant ainsi la sécurité alimentaire et la préservation de l'environnement.



*Photo. IV.5 : Terrain agricole riverain de l'oued Ouerdeffou.*

## 2.5. Facteurs influençant la qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou

### 2.5.1. Pollution agricole

- ✓ Utilisation d'engrais et de pesticides dans les zones agricoles adjacentes peut entraîner un lessivage de ces produits chimiques vers le cours d'eau.
- ✓ Le ruissellement contenant des matières organiques et des nutriments peut augmenter la charge en azote et phosphore, favorisant l'eutrophisation.

### 2.5.2. Effluents industriels

- ✓ Les rejets des industries situées près de l'oued peuvent contenir des métaux lourds, des produits chimiques toxiques et d'autres polluants qui dégradent la qualité de l'eau.

### 2.5.3. Rejets domestiques

- ✓ L'absence ou l'insuffisance de systèmes de traitement des eaux usées domestiques peut entraîner le déversement direct d'eaux usées dans l'oued, augmentant la charge en matières organiques et en pathogènes.

### 2.5.4. Activités minières

- ✓ Dans certaines régions, l'exploitation minière peut conduire à une contamination des eaux par des métaux lourds et d'autres substances toxiques.

### 2.5.5. Erosion et ruissellement

- ✓ Les processus naturels d'érosion et de ruissellement peuvent transporter des sédiments et d'autres matières en suspension dans l'oued, augmentant la turbidité et affectant les écosystèmes aquatiques.

## IV. CONCLUSION

Maghnia est une commune de la wilaya de Tlemcen, située dans l'extrême Nord-ouest algérien, à proximité de la frontière avec le Maroc.

Le secteur d'étude porte sur le bassin versant de l'oued Mouilah qui représente l'un des composants primordiaux du bassin de l'oued Tafna; situé dans sa partie amont d'où son nom (la haute Tafna), qui est considéré l'un des bassins les plus importants dans le territoire algérien et appartient à l'ensemble du bassin hydrographique l'Oranie-Chott-Chergui selon la structuration des unités hydrologiques en Algérie.

Le sous bassin d'Oued Mouilah situé à l'ouest du bassin de la Tafna, s'étale sur une superficie de 2630 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 230 km. Une bonne partie de cette surface se trouve dans le territoire Marocain.

Le bassin de la Tafna correspond à un fossé d'effondrement marqué par un remplissage sédimentaire tertiaire et par un volcanisme Mio-Plio-Quaternaire. C'est l'un des bassins néogènes sub-littoraux de l'Oranie.

Maghnia bénéficie d'un climat de type méditerranéen (étage bioclimatique semi-aride), caractérisé par des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs. Les précipitations sont généralement plus abondantes en hiver.

Les précipitations annuelles sont comprises entre 400 et 500 mm et les températures moyennes annuelles oscillent entre 15.81°C et 21.03°C.

Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Mouilah est crucial pour l'irrigation des terres agricoles et la restauration de la végétation riveraine. Il est important de souligner l'existence d'autres réseaux hydrographiques, comme l'Oued Ouerdeffou qui est un cours d'eau temporaire qui draine les eaux usées urbaines de la ville de Maghnia et les eaux de certaines activités industrielles.

Les données climatologiques ainsi que les résultats obtenus selon les différentes méthodes, permettent d'attribuer à la région étudiée un climat semi-aride, caractérisé par deux périodes :

- Une période humide : s'étend de Novembre jusqu'à la fin Avril,
- Une période sèche : occupant les autres mois de l'année.

Les valeurs des indices d'aridité annuelle et mensuelle, indiquent que la zone est touchée par une forte sécheresse.

Les caractéristiques des régimes hydrologiques et hydrogéologiques de l'oued Ouerdeffou ont des impacts importants sur la qualité de son eau.

La qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou est influencée par de nombreux facteurs, allant de la pollution agricole et industrielle à l'érosion naturelle. Des mesures de gestion intégrées et une surveillance régulière sont essentielles pour préserver cette ressource vitale et assurer la santé des écosystèmes aquatiques ainsi que celle des populations humaines dépendantes de cet oued.

*Chapitre V :*

*Matériels et Méthodes*

## Cinquième Chapitre : *MATERIELS ET METHODES*

### I. INTRODUCTION

Aujourd'hui à l'échelle mondiale les hommes prélèvent environ 3800 km<sup>3</sup> d'eau douce chaque année pour leurs différents usages! Quelque soit l'usage il est nécessaire de traiter cette eau. Mais avant tout il faut connaître la qualité physico-chimique des eaux brutes de ces cours d'eau pour définir le type de traitement approprié.

Dans notre cas, l'oued el Abbés déverse dans le barrage de Hammam Boughrara. Sachant que ce Barrage est destiné à l'alimentation en eau potable de la région de Maghnia, le transfert vers Oran via le Djebel Zioua estimé à 23.6 Hm<sup>3</sup>/an et à l'irrigation de la plaine de la Tafna estimée à 25.4 Hm<sup>3</sup>/an (El Haouati, & al., 2014).

La réalisation de cette étude d'évaluation de la qualité de l'Oued Ouerdeffou repose sur un stage de 17 jours effectué au sein de l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (ONEDD) sis à Meghnia, qui a pour mission de répondre aux nombreuses questions sur l'impact grandissant des activités humaines et industrielles sur l'environnement.

Ce stage a été réalisé sur une période de 17 jours (allant du 03/03/2024 au 19/03/2024). Des analyses physico-chimiques ainsi que les métaux lourds sur les eaux et des sédiments du cours d'eau ont été effectués au niveau de trois (03) points d'échantillonnages, qui sont répertoriés comme suit :

✓ P1 : Premier point de prélèvement (en amont de l'Oued Ouerdeffou) (*photo. V.1*), Coordonnée GPS : N34° 50' 44.5'' W001°43'11.2''.



*Photo. V.1* : Localisation du premier point de prélèvement (P1)

✓ P2 : Deuxième point de prélèvement (au milieu de l'Oued Ouerdeffou) (*photo. IV.3*), Coordonnée GPS : N34° 51' 03.9'' W001°41'56.3''



**Photo. V.2** : Localisation du premier point de prélèvement (P2).

✓ P3 : Troisième point de prélèvement (en aval de l'Oued Ouerdeffou, confluence avec l'Oued Abbes, avant la station d'épuration) (**photo. IV.4**), Coordonnée GPS : N34° 51' 08.4'' W001°41'12.1''



**Photo. V.3** : Localisation du premier point de prélèvement (P3).

## II. IDENTIFICATION DES PROTOCOLES DE PRELEVEMENTS

### A. Protocole de prélèvement

L'échantillonnage a été effectué selon la Norme Internationale *ISO 5667-2 :1991*.

#### 1. Domaine d'application

Cette partie de l'ISO 5667 constitue un guide général sur les techniques d'échantillonnage à utiliser pour obtenir les données nécessaires à la réalisation d'analyses destinées au contrôle de la qualité, à la caractérisation de la qualité, et à l'identification des sources de pollution des eaux.

## 2. Préparation des équipements nécessaires

### 2.1. Consignes de sécurité

- ✓ Choisir un accès facile au point de prélèvement,
- ✓ Eviter le contact direct avec l'échantillon,
- ✓ Mettre la blouse, les gants et la bavette,
- ✓ Vérifier et réparer tous le matériel,
- ✓ Ramasser les déchets utilisés.

### 2.2. Appareillages

- ✓ Multi paramètre HACH,
- ✓ GPS,
- ✓ Des bouteilles de prélèvements,
- ✓ Benne de prélèvements ou pelle ou préleveur,
- ✓ Des boîtes pour les prélèvements du sol,
- ✓ Une fiche de rapport in situ,
- ✓ Calibrage des paramètres pour les analyses relatives.

### 2.3. Matériels

- ✓ Seau de prélèvements (plastique) pour les prélèvements des eaux surfaces,
- ✓ Glaisière,
- ✓ Des flacons en verre,
- ✓ Des flacons en Plastique P.E.T,
- ✓ Des sacs en plastique ou des boîtes pour le prélèvement des sédiments,

## 3. Prélèvement des échantillons

En dehors des études de contrôle et des recherches scientifiques, la plupart des prélèvements d'eau résultent de l'application des textes et réglementations ayant pour objet l'hygiène publique, la lutte contre la pollution, la surveillance des installations classées et des stations de traitements.

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui sera donnée (CCME, 2011).

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

Globalement, il est nécessaire de mettre en place une organisation structurée, disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvements et d'utiliser le matériel convenable. Les erreurs susceptibles de rendre difficile l'interprétation des résultats sont plus souvent liés à un échantillonnage non satisfaisant qu'à des erreurs analytiques proprement dites. En pratique, le préleveur évitera de constituer un échantillon moyen s'étalant sur plus de 24 heures.

Une attention particulière a été accordée à la nature et à la propreté du matériel utilisé pour le prélèvement, stockage et transport des échantillons, afin de minimiser tout risque de contamination.

Sur les sites de prélèvement, on a commencé par prendre les coordonnées géographiques des points de prélèvement avec un GPS, et on a noté toutes les remarques importantes observées sur ces lieux de prélèvements à savoir : la qualité de l'eau, la couleur et l'odeur.

Les eaux résiduaires industrielles ont été prélevées au niveau des rejets finaux (regard fermé ou à ciel ouvert) des unités industrielles, à l'aide d'un flacon en plastique à large col (un préleveur) (Rodier, 2009).

### 3.1. Méthode de prélèvement

Le mode de prélèvement variera suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une rivière (oued), d'une nappe ouverte, d'un réservoir, d'une citerne, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50 cm) et de la surface, assez loin des rives ou des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts (Rodier, 2009).

Le volume nécessaire pour une analyse complète d'eau peut varier de 2 à 5 litres, non compris les prélèvements spéciaux. Sauf pour certaines déterminations particulières à pratiquer sur place (oxygène dissous, pH, potentiel d'oxydo-réduction, température, conductivité), l'analyse n'a pas un caractère extemporané (Rodier, 2009).

D'une façon générale, le transport à la température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante.



**Photo. V.4** : Prélèvement des eaux à analyser au niveau de l'Oued Ouerdeffou.

### 3.2. Remplissage

Après le prélèvement on procède aux remplissages des flacons en verre ou en plastique (spéciale pour l'échantillonnage) en fonction des paramètres à mesurer et cela après rinçage deux à trois fois avec la même eau échantillonnée, les flacons sont fermés hermétiquement et mis dans la glacière pour le transport (Rodier, 2009).

### 3.3. Etiquetage

Chaque échantillon d'eau prélevé doit porter une étiquette ou en mentionne les informations de chaque échantillon (la date, le lieu exacte du point de prélèvement, l'heure, coordonnée GPS, etc.) ce qu'on appelle *codification de l'échantillon*.

Il est important de le signaler que tous matériels utilisés pour l'échantillonnage doit être propre et bien nettoyer avant et après son utilisation avec de l'eau et détergent. Le mode de conservation des échantillons dépend des paramètres à analyser au laboratoire (Rodier, 2009).

### 3.4. Conservation des échantillons

Certains paramètres sont sensibles au transport et au stockage. Pour obtenir des résultats analytiques fiables, le matériel des récipients des échantillons doit être choisi de façon adéquate et les échantillons doivent être conservés comme ça été décrit dans les standard (Rodier, 2009).

## B. Paramètres d'analyses physicochimiques

Les paramètres physico-chimiques sont facilement mesurables d'une façon continue par des sondes installées dans des stations d'observation des qualités des eaux.

Les analyses physico-chimiques de la qualité de l'eau sont des techniques d'analyse qui permettent d'évaluer la présence et la concentration de divers paramètres chimiques et physiques dans l'eau. Ces analyses peuvent être effectuées sur le terrain ou en laboratoire, et sont souvent utilisées en combinaison avec des analyses biologiques pour obtenir une évaluation complète de la qualité de l'eau.

Les résultats peuvent être utilisés pour détecter les sources de pollution, évaluer l'efficacité des systèmes de traitement de l'eau, et surveiller les tendances de la qualité de l'eau au fil du temps

Les normes de qualité de l'eau sont établies par des organismes tels que l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et les autorités nationales, et sont fondées sur des preuves scientifiques.

✚ **L'analyse physique** : consiste à mesurer la température, la salinité, le pH, l'oxygène dissous, les solides dissous totaux, la dureté, la turbidité et la conductivité.

✚ **L'analyse chimique** : consiste à mesurer la demande biologique en oxygène, la demande chimique en oxygène, la matière en suspension, la matière décantable, le chlore résiduel, l'azote totale, les huiles et graisses, phosphore et l'orto-phosphates et les métaux lourds.

#### 1. Paramètres mesurés in situ

Certaines variables doivent être mesurées sur le terrain, à l'aide de capteurs manuels ou par d'autres moyens, de même qu'en laboratoire. Cette apparente répétition des mesures tient au fait que l'échantillon peut changer d'état pendant le transport entre le lieu de prélèvement et le laboratoire.

La température de l'échantillon devrait toujours être relevée immédiatement à partir d'un échantillon distinct, qui ne fera l'objet d'aucune autre analyse. En outre, les concentrations d'oxygène dissous sont habituellement déterminées à l'aide d'un appareil ou par la méthode de Winkler.

Deux autres variables devraient être mesurées sur le terrain afin de documenter tout changement de l'état de l'échantillon au cours du transport vers le laboratoire : le pH et la conductivité spécifique. La turbidité est souvent mesurée sur le terrain, parfois en continu tout au long de la séance d'échantillonnage.

### 1.1. Mesure du potentiel d'hydrogène 'pH'

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons  $H^+$  contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates [13].

Le pH-mètre est l'appareil mesurant le pH, il donne également la température de l'échantillon en ( $^{\circ}C$ ). La lecture se fait directement sur l'écran de l'appareil.

#### 1.1.1. Principe

C'est une méthode potentiométrique utilisant une électrode de verre spécifique aux ions  $H^+$ . La notion de pH qui traduit «l'acidité» d'une solution rend compte de la concentration en ions  $H^+$  ( $H_3O^+$ ) de la solution grâce à la relation suivante :

$$pH = -\log[H_3O^+] \quad (V.1)$$

Un pH-mètre est composé d'un millivoltmètre électronique relié à deux électrodes rassemblées dans la sonde. Il mesure la tension (différence de potentiel) entre ces deux électrodes. Celle-ci est directement liée au pH de la solution dans laquelle la sonde est immergée.



*Fig. V.1* : pH mètre de laboratoire

La détermination du potentiel hydrogène de l'échantillon d'eau est effectuée par mesure in Situ à l'aide d'un multi paramètre de marque HACH.

## 1.1.2. Mode opératoire

- a. Allumer l'appareil et attendre qu'il se stabilise,
- b. Laver l'électrode avec de l'eau distillée et les sécher avec du papier absorbant,
- c. Plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau,
- d. Faire la lecture sur l'écran,
- e. Laver de nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et la sécher,
- f. Eteindre l'appareil.



*Fig. V.2* : Multi paramètre HACH.

## 1.2. Mesure de la Température 'T'

La température de l'eau, est un facteur qui agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et particulièrement les microorganismes (Benkaddour., 2015).

La détermination de la température de l'échantillon d'eau est effectuée par mesure in situ à l'aide d'une apparence de multi paramètre.

## 1.2.1. Mode opératoire

- a. Allumer l'appareil et attendre qu'il se stabilise,
- b. Laver l'électrode avec de l'eau distillée et les sécher avec du papier absorbant,
- c. Plonger l'électrode dans l'échantillon d'eau,
- d. Lire le résultat affiché,
- e. Laver de nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et la sécher,
- f. Eteindre l'appareil.

### 1.2.2. Expression des résultats

Les résultats sont exprimés en degré Celsius (°C).



**Fig. V.3:** Un thermomètre de laboratoire.

### 1.3. Mesure de la Turbidité

La turbidité est définie comme l'expression de la diffusion et de l'absorption (par opposition à la transmission) de la lumière au travers d'un échantillon. Elle est provoquée par la présence des particules en suspension (colloïdes, algues, microorganismes, argile...) [14].

Le taux de lumière diffusée et absorbée est proportionnel à la concentration en particules dans la solution.



**Fig. V.4:** Turbidimètre de laboratoire.

#### 1.3.1. Mode opératoire

- ✓ Après avoir étalonné le turbidimètre,
- ✓ On introduit dans une cuvette de l'eau distillée jusqu'au trait, puis à l'aide du papier hygiénique, on essuie les contours de l'échantillon à analyser pour enlever les gouttes d'eau et les traces des doigts,
- ✓ Ensuite on effectue rapidement la mesure (il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure),
- ✓ Enfin, on note après avoir lus le résultat affiché. (Norme : 5 NTU, Annexe. 01).

#### 1.4. Mesure de la Conductivité électrique 'CE'

La mesure de la conductivité électrique s'effectue de la même manière que pour le pH, le même appareil est utilisé, mais on change juste la sonde par une autre spécifique à la mesure de la conductivité électrique.

La conductivité spécifique mesure la conductivité de l'eau à une température standard de 25°C, permettant une comparaison uniforme. Elle est cruciale pour évaluer la quantité de sels dissous, influençant directement la qualité de l'eau en révélant la présence de substances dissoutes [15].

Cette mesure est essentielle pour comprendre les variations saisonnières et détecter des changements inhabituels, comme des sources de pollution.

##### 1.4.1. Mode opératoire

- a. Allumer l'appareil et attendre qu'il se stabilise,
- b. Laver l'électrode avec de l'eau distillée et les sécher avec du papier absorbant,
- c. Plonger la sonde dans l'échantillon d'eau,
- d. Lire le résultat affiché,
- e. Laver de nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et la sécher,
- f. Eteindre l'appareil.

##### 1.4.2. Expression des résultats

Les résultats obtenus sont exprimés en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

#### 1.5. Mesure de la salinité

Le principe de salinité fait référence à la concentration de sels dissous dans une masse d'eau, généralement exprimée en parties pour mille (ppm) ou en unités pratiques de salinité (PSU).

C'est un facteur essentiel pour déterminer les propriétés physiques et chimiques de l'eau, telles que la densité, la capacité thermique et la solubilité des gaz. La salinité est principalement composée d'ions chlorure, sodium, sulfate et magnésium, avec des contributions mineures d'autres éléments.

La mesure de la salinité est cruciale dans divers domaines, notamment l'océanographie, la limnologie et la gestion des ressources en eau.

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour mesurer la salinité, telles que le titrage, la conductivité et la réfractométrie. Le choix de la méthode dépend des exigences et contraintes spécifiques de l'application [2].

Les seuils de salinité sont définis comme suit [14]:

- Excellent:  $\text{SO}_4 < 200 \text{ mg/L}$ ,  $\text{Cl} < 150 \text{ mg/L}$ , Conductivité  $< 400 \mu\text{S}/\text{cm}$
- Bon:  $\text{SO}_4 (200-300 \text{ mg/L})$ ,  $\text{Cl} (150-300 \text{ mg/L})$ , Conductivité  $(400-750) \mu\text{S}/\text{cm}$
- Moyen:  $\text{SO}_4 (300-400 \text{ mg/L})$ ,  $\text{Cl} (300-500 \text{ mg/L})$ , Conductivité  $(750-1500) \mu\text{S}/\text{cm}$
- Mauvais:  $\text{SO}_4 > 400 \text{ mg/L}$ ,  $\text{Cl} > 500 \text{ mg/L}$ , Conductivité  $> 3000 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

La détermination de la salinité de l'échantillon d'eau a été effectuée à l'aide d'une sonde de salinité combinée à un multi-paramètre, le protocole de la mesure utilisé est celui adopté par le laboratoire régional de l'environnement.

#### 1.5.1. Mode opératoire

La mesure de la salinité nécessitant le suivie des mêmes étapes précédentes d'analyse, le même appareil est utilisé, mais on change juste la sonde avec une autre spéciale pour la mesure de la salinité.

- a. Allumer l'appareil et attendre qu'il se stabilise,
- b. Laver l'électrode avec de l'eau distillée et les sécher avec du papier absorbant,
- c. Plonger la sonde dans l'échantillon d'eau,
- d. Lire le résultat affiché,
- e. Laver de nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et la sécher,
- f. Eteindre l'appareil.

#### 1.5.2. Expression des résultats

Les résultats obtenus sont exprimés en (%).

#### 1.6. Mesure de l'Oxygène dissous

L'oxygène dissous est essentiel pour la survie des organismes aquatiques, car il est nécessaire à la dégradation de la matière organique et à la photosynthèse. Une concentration adéquate en oxygène dissous favorise la vie aquatique, tandis qu'un déficit peut entraîner des déséquilibres écologiques, voire l'asphyxie des poissons.

Ainsi, l'objectif de maintenir un niveau approprié d'oxygène dissous est crucial pour préserver la santé des écosystèmes aquatiques et garantir leur bon fonctionnement. Les facteurs qui influencent la concentration d'oxygène dissous dans l'eau comprennent la pression atmosphérique, la température, la profondeur, la salinité et l'activité biologique [15].

La mesure de l'oxygène dissous de l'échantillon d'eau a été effectuée en utilisant un multi-paramètre muni d'une sonde spéciale pour l'oxygène dissous, et cela selon le protocole adopté par le laboratoire régional de l'environnement.

#### 1.6.1. Mode opératoire

Le mode opératoire pour mesurer l'Oxygène dissous est le même que pour les paramètres précédents, le même appareil est utilisé, mais on change juste la sonde avec une autre spéciale pour la mesure de la salinité.

- a. Allumer l'appareil et attendre qu'il se stabilise,
- b. Laver l'électrode avec de l'eau distillée et les sécher avec du papier absorbant,
- c. Plonger la sonde dans l'échantillon d'eau,

- d. Lire le résultat affiché,
- e. Laver de nouveau l'électrode avec de l'eau distillée et la sécher,
- f. Eteindre l'appareil.

### 1.6.2. Expression des résultats

Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme d'oxygène par litre (mg d'O<sub>2</sub>/L). Ces résultats in situ sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau .V.1** : Résultats des analyses in-Situ des prélèvements par points.

	Unité	Point de prélèvement (P1)	Point de prélèvement (P2)	Point de prélèvement (P3)
<b>Date du prélèvement</b>		10/03/2023	10/03/2023	10/03/2023
<b>Heure du prélèvement</b>		12h48	13h25	15h30
<b>Position par GPS</b>		N34° 50' 44.5'' W001°43'11.2''	N34° 51' 03.9'' W001°41'56.3''	N34° 51' 08.4'' W001°41'12.1''
<b>Couleur</b>		Gris Vert	Gris Vert	Gris Vert
<b>Odeur</b>		Oui	Oui	/
<b>Température</b>	°C	18.8	16.5	17.8
<b>pH</b>	/	7.41	7.62	7.69
<b>Conductivité</b>	µS/cm	1781	1263	1745
<b>Salinité 'TDS'</b>	%	1.03	0.76	1.05
<b>Oxygène dissous</b>	mg/L	7.06	4.5	3.01
<b>Saturation en oxygène</b>	%	79.4	38.3	32.3
<b>Débit</b>		/	Existe	Existe
<b>Observation</b>		- Rejets des eaux usées urbaines de la ville de Maghnia. - Présence de déchets solides (décharge sauvage dans le lit de l'oued. - De la faune	- Indicateurs biologiques de pollution. - Eaux résiduelles industrielles.	- Faune et flore

## 2. Paramètres Physico-chimiques mesurés au laboratoire

Au niveau du laboratoire, les échantillons vont subir différentes manières d'analyses. En général, les analyses portent sur les paramètres considérés comme classiques (pH, conductivité spécifique, salinité et la température), les solides (totaux, en suspension, dissous, inorganiques et organiques), les éléments nutritifs (comme les diverses formes d'azote, de phosphore et de carbone), les métaux (totaux, dissous, extractibles), les pesticides, des composés organiques complexes comme les PCB, les HAP, les dioxines et les furanes, et bien d'autres.

Comme on l'a mentionné, les variables comme le pH, la conductivité spécifique et la turbidité devraient être mesurées à la fois sur le terrain et à la réception des échantillons au laboratoire, cela pour déterminer si l'échantillon a changé au cours du transport. En outre, c'est une pratique de laboratoire habituelle que de mesurer la température à l'arrivée. Il s'agit d'un excellent moyen de savoir si les échantillons ont été expédiés avec une quantité de glace suffisante, compte tenu des conditions atmosphériques ambiantes. Les échantillons prélevés pendant la saison froide seront habituellement à une température plus faible que ceux prélevés le reste de l'année, et ils ne seront pas soumis à un réchauffement aussi important que les échantillons recueillis par temps estival.

Une description détaillée des méthodes d'analyse normalisées de ces paramètres employées au niveau du laboratoire de l'observatoire régional de l'environnement et du développement durable de Maghnia sera donnée ultérieurement.

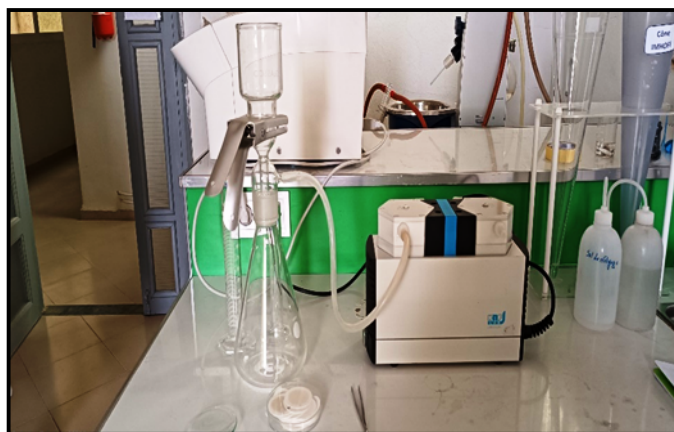
La majorité de ces paramètres ont été effectués avec un Spectrophotomètre de laboratoire HACH Modèle DR/3900.

### 2.1. Mesure des Matières en suspension (M.E.S)

La méthode de filtration utilisée par le laboratoire régional de l'environnement pour doser les matières en suspension est conforme à la norme (ISO 11923/1997) qui concerne le dosage des matières en suspension par filtration sur filtre en fibres de verre selon la norme Algérienne (NA: 6345).

#### 2.1.1. Principe

À l'aide d'un appareil de filtration sous vide ou sous pression, l'échantillon d'eau est filtré sur un filtre en fibres de verre. Ce dernier est ensuite séché dans une étuve à  $105^{\circ}\text{C} \pm 2$  et la masse du résidu retenu sur le filtre est déterminée par pesée.



**Photo. V.5** : Appareil de filtration sous vide.

#### 2.1.2. Mode opératoire

- a. Laissez l'échantillon d'eau s'équilibrer jusqu'à ce qu'il atteigne la température ambiante ( $25^{\circ}\text{C}$ ),
- b. S'assurer que les filtres satisferont l'exigence que la perte de masse ne dépasse pas 0.3mg par filtre,
- c. Peser le filtre à l'aide d'une balance,
- d. Eviter soigneusement de contaminer le filtre par des poussières en utilisant un dessiccateur,
- e. A l'aide d'une pince, placer la partie lisse en bas du filtre dans l'entonnoir de l'appareil de filtration et connecter le dispositif d'aspiration sous vide (ou sous pression).
- f. Agiter vigoureusement le flacon et transférer immédiatement et d'un seul trait un volume convenable d'échantillon (100 ml) dans une éprouvette graduée,
- g. Filtrer l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée et utiliser cette portion pour laver le filtre. Rincer les parois internes de l'entonnoir avec une autre portion d'environ 20 ml d'eau distillée. Si l'échantillon contient

plus de 1 000 mg/l de matières dissoutes, laver de nouveau le filtre avec trois fois 50 ml d'eau distillée. Veiller à laver le bord du filtre,

h. Libérer le dispositif sous vide (ou sous pression) lorsque le filtre est pratiquement sec,

i. Retirer le filtre délicatement de l'entonnoir à l'aide d'une pince à extrémités plates,

j. Placer le filtre sur le support de séchage et le sécher dans une étuve à 105 °C ± 2 °C pendant 2 heures,

k. Retirer le support de séchage de l'étuve et mettre le dans le dessiccateur pour refroidir,

l. Peser le filtre avec une balance comme précédemment.

### 2.1.3. Expression des résultats

Le dosage des matières en suspensions (M.E.S) est exprimé en milligramme par litre (mg/L), il est donné par l'équation suivante :

$$M.E.S = (P_1 - P_0) * 1000 / V_e \quad (V.2)$$

Où :

$$P_0 = b_0 - a_0$$

$$P_1 = b_1 - a_1$$

$b_0$  : Masse du filtre après filtration (en mg) du blanc,

$a_0$  : Masse du filtre avant filtration (en mg) du blanc,

$b_1$  : Masse du filtre après filtration (en mg) de l'échantillon,

$a_1$  : Masse du filtre avant filtration (en mg) de l'échantillon,

$V_e$  : Volume d'échantillon (en ml).



**Photo. V.6** : Une étuve.

## 2.2. Mesure de la Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>)

### 2.2.1. Principe

La mesure de la demande bio-chimique en oxygène (mesure de la DBO) est un paramètre important pour la gestion des eaux. Ce paramètre représente une mesure variable indiquant la qualité de l'eau et la clarification atteinte aux divers stades d'épuration biologique des eaux usées. Il est en outre indispensable pour planifier et prévoir les dimensions des stations d'épuration des eaux.

La Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours, vise à mesurer la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour dégrader la matière organique présente dans l'eau sur une période de 5 jours à 20°C.

Elle se fait à partir d'un *Oxitop IS 6* qui est un kit de mesure par la méthode manométrique [16].



**Photo. V.7:** Appareil *Oxitop IS 6*

### 2.2.2. Mode opératoire

#### ✚ Préparation de l'eau de dilution

- a. On ajoute respectivement pour chaque litre d'eau de dilution :
  - 1 ml de la solution tampon de Phosphate,
  - 1 ml de la solution de chlorure de fer hexa hydraté ( $\text{Fe Cl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ),
  - 1 ml de la solution de Sulfate de magnésium heptahydraté ( $\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ).
- b. Saturer cette dernière avec l'oxygène par barbotage à l'aide d'un compresseur à air et cela pendant 10 mn,
- c. Laissez l'échantillon jusqu'à ce qu'il atteigne la température ambiante (20°C),
- d. Ajuster son pH entre 6 et 8,
- e. Prélever 10ml de l'échantillon à l'aide d'une pipette jaugée et les mettre dans une fiole de 100 ml puis ajuster (dilution de 1/10),
- f. Prélever respectivement 7 ml, 15 ml et 30 ml de l'échantillon dilué et les mettre dans les fioles spéciales DBO<sub>5</sub>,
- g. Préparer parallèlement deux fioles de DBO pour les blancs,

h. Transvaser 350 ml de l'eau de dilution dans une éprouvette d'un litre, agiter 20 secondes puis remplir respectivement les fioles des blancs ainsi que les autres fioles contenant les différents dilutions de l'échantillon (7ml, 15ml et 30ml),

i. Doser l'oxygène dissout dans les fioles sous agitation. La valeur indiquée par l'oxymètre est la valeur de la DBO,

j. Mettre les fioles dans l'incubateur à 20 °C pendant 5 jours, puis mesurer la DBO<sub>5</sub> une 2<sup>ème</sup> fois, cette valeur est la DBO<sub>5</sub> finale.

### 2.2.3. Expression des résultats

La valeur de la DBO<sub>5</sub> est exprimée en milligramme d'oxygène par litre (mg d'O<sub>2</sub>/L). Elle est donnée par l'équation suivante:

$$DBO_5 = [(DBO_1 - DBO_2) * F * Vt * Ve] \quad (V.3)$$

Où :

DBO<sub>1</sub> : Concentration initiale de l'oxygène dissout (mg/L),

DBO<sub>2</sub> : Concentration de l'oxygène dissout après 5 jours (mg/L),

Vt : Volume totale de l'échantillon (ml),

Ve : Volume prélevé de l'échantillon (ml),

F : Facteur de dilution.

## 2.3. Mesure de la Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La détermination de la demande chimique en oxygène (DCO) est réalisée en suivant un protocole établi par le laboratoire régional de l'environnement, en se conformant à la norme Algérienne (NA: 1134) et aux normes internationales (ISO: 6060 /1989).

### 2.3.1. Principe

La demande chimique en oxygène (DCO) est la somme d'oxygène consommée par la matière organique dissoute et en suspension lors de la manipulation de l'échantillon d'eau avec cet oxydant dans les conditions spécifiées.

### 2.3.2. Mode opératoire

a. Laisser l'échantillon jusqu'à ce qu'il atteigne la température ambiante (25°C),

b. Prélever 10 ml d'échantillon d'eau à l'aide d'une pipette et les mettre dans le tube à réaction,

c. Sous la hotte aspirante, ajouter 5 ml ± 0,01 ml de solution de Dichromate de potassium (K<sub>2</sub> Cr<sub>2</sub> O<sub>7</sub>) dans le tube et agiter doucement,

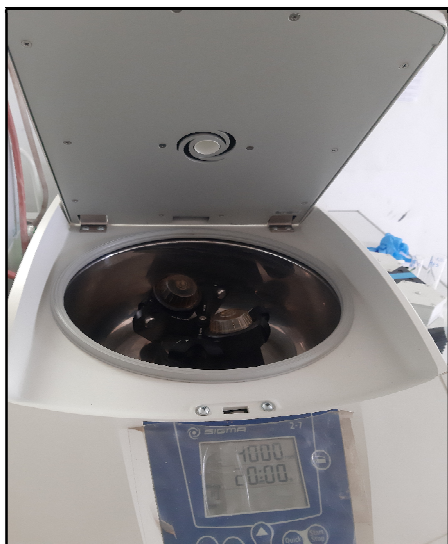
d. Ajouter doucement 15 ml de solution de Sulfate d'Argent (Ag<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>) dans le tube à réaction,

e. Mettre les tubes à réaction dans le monobloc chauffant,

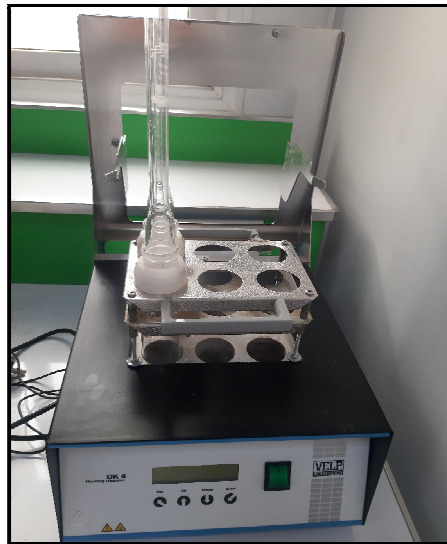
f. Porter la température de la réaction à 148 °C ± 3 °C et chauffer pendant 120minutes en appuyant sur le bouton ENTER sur le bloc de commande,

g. Après l'arrêt automatique du chauffage de l'appareil, faire sortir les tubes du bloc et laisser refroidir jusqu'à 60°C puis rincer les tubes à réaction avec un petit volume d'eau,

- h. Placer les tubes à réaction dans le système de refroidissement avec agitation jusqu'à refroidissement complet,
- i. Ajuster les volumes des tubes à réaction à 100ml avec de l'eau distillée,
- j. Mettre un barreau magnétique et ajouter quelques gouttes de l'indicateur Ferroïne (solution indicateur)  $[C_{36} H_{24} FeN_6 O_4 S]$ ,
- k. Titrer l'excès de Dichromate de Potassium avec le Sulfate de Fer (II) Ammonium  $[(NH_4)_2 Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O]$ . Le virage se fait du bleu-vert au rouge-marron,
- l. Noter le volume titrant du sulfate d'ammonium ferreux (II) en ml.



*Photo. V.8* : Centrifugeuse.



*Photo. V.9* : Plaque chauffante.

### 2.3.3. Expression des résultats

La demande chimique en oxygène, exprimée en milligramme d'oxygène par litre (mg/L) est donnée par l'équation suivante:

$$[DCO] \text{ mg/L} = \frac{8000 * 0.12 * (V_0 - V_1)}{V_e}$$

Où:

DCO: Concentration de la demande chimique en oxygène (en mg/L),

C: Concentration du sulfate d'ammonium ferreux (II) (en mol/L),

$V_e$ : Volume d'échantillon utilisé pour le dosage sans dilution en ml,

$V_0$ : Volume consommé du sulfate d'ammonium ferreux (II) de l'échantillon témoin (en ml),

$V_1$ : Volume consommé du sulfate d'ammonium ferreux (II) de l'échantillon d'eau (en ml),

8000: Masse molaire de  $\frac{1}{2}$  'oxygène (en mg/L).

## 2.4. Mesure de l'Azote Kjeldahl

### 2.4.1. Objectif

L'objectif principal de la méthode Kjeldahl est de déterminer la teneur en Azote total d'un échantillon, qui peut ensuite être utilisée pour calculer la teneur en protéines.

La détermination de l'Azote par la méthode de Kjeldahl est conformément à la norme (ISO 5663 : 1994). Elle s'effectue comme suit:

#### 2.4.2. Principe

L'échantillon est minéralisé en milieu acide sulfurique en présence de cuivre(II) et d'un catalyseur (oxyde de titane).

Dans les conditions de minéralisation, l'azote organique est retrouvé sous forme d'ammonium. Ces ions ammonium sont transformés en ammoniac par passage en milieu alcalin. On entraîne  $\text{NH}_3$  à la vapeur d'eau et on dose le condensât recueilli par dosage volumétrique acide/base [17].

#### 2.4.3. Mode Opérateur

##### 2.4.3.1. Préparation du matras

- a. Prendre 2ml de l'échantillon à analysé,
- b. Ajouter 15 à 20ml d'acide sulfurique concentré,
- c. Ajouter 6g de sulfate de potassium,
- d. Ajouter 1g de sulfate de cuivre,
- e. Ajouter quelques grains de pierre ponce.

##### 2.4.3.2. Minéralisation

- a. Porter à ébullition,
- b. Prolonger l'ébullition pendant trois heures,
- c. Laisser refroidir,
- d. Ajouter 30 à 50ml d'eau distillée.

##### 2.4.3.3. Montage de distillation

- a. Introduire le contenu de la fiole soigneusement rincé dans le ballon,
- b. Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine,
- c. Ajouter de l'hydroxyde de sodium à 400 g/L jusqu'à ce que le contenu du ballon devienne rose.

##### 2.4.3.4. Distillation

- a. Chauffer modérément le ballon,
- b. Dosage de l'ammoniac au fur et à mesure de son dégagement par une solution titrée d'acide sulfurique à 0,05 mol/L,
- c. Le dosage est terminé dès que la coloration reste stable pendant environ 5mn.

**N.B**: Ces étapes permettent de déterminer le taux d'azote dans l'échantillon en convertissant les composés azotés en ammoniac, qui peut être mesuré par titration.



**Photo. V.10** : Système de distillation type Kjeldahl.



**Photo. V.11** : Distillateur analyseur Kjeldahl

#### 2.4.4. Expression des résultats

La concentration de l'Azote Kjeldahl est exprimée en milligramme par litre (mg/L) dans l'échantillon d'eau selon l'équation suivante:

$$NTK = V_1 - \frac{V_2}{V_0} * C * 14.10 * 1000$$

Où :

$V_0$  : Volume de la prise d'essai (en ml),

$V_1$  : Volume de la solution titrée d'acide Chlorhydrique utilisé pour le titrage (en ml),

$V_2$  : Volume de la solution titrée d'acide Chlorhydrique utilisé pour le titrage du blanc (en ml),

$C$  : Concentration exacte de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisée pour titrage (en moles/L)

14.10 : La masse atomique relative de l'azote.

### 2.5. Mesure du phosphore totale (TP)

On utilise la méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium pour doser le phosphore, conformément aux normes algériennes (NA: 2364) et internationales (ISO 6878: 2004).

#### 2.5.1. Principe

En milieu acide, le molybdate d'ammonium et le tartrate d'antimoine et de potassium réagissent avec l'ortho phosphate pour former l'acide Phosphomolybdique. Ce dernier est ensuite réduit par l'acide ascorbique pour former un complexe bleu intense, de type colloïdal. L'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration d'ortho phosphates est mesurée par spectrophotométrie à 880.

#### 2.5.2. Mode opératoire

- a. Prélever à l'aide d'une pipette 40 ml de l'échantillon d'eau non filtrée et la mettre dans une fiole borosilicate,
- b. Ajouter 4 ml de peroxydisulfate de potassium ( $K_2 S_2 O_8$ ),
- c. Mettre les fioles borosilicate dans l'autoclave et chauffer entre 115°C et 120°C pendant 30 min,
- d. Refroidir et transférer dans une fiole de 50 ml,
- e. Neutraliser avec du NaOH (2 mol/L) à pH neutre,
- f. Ajouter 1ml d'acide ascorbique ( $C_6H_8O_6$ ), puis 2ml de la solution de molybdate d'acide [ $(NH_4)_6 Mo_7 O_{24}, 4H_2O$ ],
- g. Ajuster le volume de la fiole avec l'eau distillée jusqu'à le trait de jauge, puis mélanger,
- h. Laisser reposer 30 min,
- i. Faire passer au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 880 nm.



**Photo. V.12** : Spectrophotomètre.

#### 2.5.3. Expression des résultats

La concentration en masse du phosphore est exprimée en milligramme par litre (mg/L). Cette concentration est donnée à l'aide de l'équation suivante:

$$[P] = (A - A_0) * F * V_{max} / V_S$$

Où :

[P]: Concentration du phosphore (mg/L),

A: L'absorbance de la prise d'essai,

A<sub>0</sub>: L'absorbance de l'essai à blanc,

F: L'inverse de la pente de courbe d'étalonnage,

V<sub>max</sub>: Volume maximal de la prise d'essai (40 ml),

V<sub>s</sub>: Volume en millilitre de la prise d'essai.

## 2.6. Mesure des huiles et graisses 'HG'

Le dosage des huiles et des graisses par l'hexane suit un protocole établi par le laboratoire régional de l'environnement en conformité avec la norme japonaise (*JIS K 0102.24.2 : 2010*).

### 2.6.1. Principe

Les huiles et graisses sont extraites de l'échantillon d'eau par la méthode d'extraction liquide-liquide et qui sont acidifiées à un pH environ de 4 par l'acide chlorhydrique (HCl), puis les dosées après évaporation du solvant organique.

### 2.6.2. Mode opératoire

#### 2.6.2.1. 1<sup>ère</sup> extraction

- a. Mesurer 1 litre d'échantillon et la mettre dans une ampoule à décantation de 1000 ml,
- b. Acidifier avec HCl (pH < 4) pour éliminer les émulsions,
- c. Ajouter 20 à 50 ml d'Hexane [CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>],
- d. Agiter l'ampoule à décantation pendant 5 minutes,
- e. Remettre l'ampoule à décantation sur le support et attendre la séparation des deux phases,
- f. Remettre la partie *eau* dans le flacon d'échantillonnage et transférer la partie *solvant* dans l'ampoule à décantation de 250 ml,
- g. Mettre l'ampoule à décantation de 1000 ml au-dessus de celle de 250 ml et bien rincer ses parois avec de l'eau distillée.

#### 2.6.2.2. 2<sup>ème</sup> extraction

- a. Le solvant obtenu lors de la première extraction va subir une 2<sup>ème</sup> extraction nécessitant le suivie des mêmes étapes que celles de la première,
- b. On fini cette extraction par rajout du Sulfate de Sodium (NaSO<sub>4</sub>) sur les parois internes de l'ampoule et faire tourner lentement l'hexane dessus pour enlever d'éventuelles traces d'eau,
- c. Filtrer l'hexane à travers un papier filtre plié en forme de cône mit dans un entonnoir au-dessus d'une capsule en verre préalablement pesée,
- d. Disposer les capsules sur un bain marie à 80°C jusqu'à évaporation totale de l'hexane,
- e. Mettre les capsules à l'étuve à 75°C pendant environ 30 minutes,
- f. Peser les capsules.



**Photo. V.13** : Les ampoules



**Photo. V.14** : Evaporateur et extracteur.

### 2.6.3. Expression des résultats

La concentration en masse  $\rho$  (H et G) huiles et graisses est exprimée en milligramme par litre (mg/L) dans l'échantillon d'eau selon l'équation suivante:

$$P_e = P_{pe} - P_{ve}$$

Où :

$P_{pe}$ : Poids de la capsule pleine de l'échantillon (en mg),

$P_{ve}$ : Poids de la capsule vide de l'échantillon (en mg),

$$P_0 = P_{p0} - P_{v0}$$

$P_{p0}$ : Poids de la capsule pleine du blanc en mg,

$P_{v0}$ : Poids de la capsule vide du blanc en mg,

$V_e$ : Le volume de l'échantillon en ml.

## 2.7. Mesure des Chlorures (Cl)

Le dosage de chlorure est effectué par la méthode de MOHR, suivant un protocole adopté par le laboratoire régional de l'environnement, selon la norme (ISO: 9297 : 1989).

### 2.7.1. Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent (Rodier et al., 2009).

## 2.7.2. Mode opératoire

- a. Mesurer 100 ml d'échantillon d'eau à analyser dans un bécher avec un barreau magnétique sur un agitateur magnétique,
- b. Ajouter trois (03) gouttes d'indicateur de Dichromate de Potassium ( $K_2 Cr_2 O_7$ ) et mélanger. L'échantillon tournera au jaune citron,
- c. Mettre la solution de nitrate d'argent ( $AgNO_3$ ) dans la burette,
- d. Titrer lentement avec le nitrate d'argent tout en mélangeant continuellement. La titration est terminée lorsqu'on observe une coloration rouille à peine brunâtre,
- e. Noter la valeur du volume de nitrate d'argent.

## 2.7.3. Expression des résultats

La concentration des ions chlorures ( $Cl^-$ ) est exprimée en milligramme par litre dans l'échantillon d'eau est calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$P(Cl) = ((V_{te} - V_{tb}) * 0.1 * 35.5 * 1000 / V_e)$$

Où :

$V_{te}$  : Volume d' $Ag NO_3$  pur de l'échantillon (en ml),

$V_{tb}$  : Volume d' $Ag NO_3$  pur de la solution à blanc (en ml),

$V_e$  : Volume de l'échantillon analysé (en ml).



*Photo. V.15* : Titrateur Titroline automatique.

### 3. Métaux lourds "**Plomb, Cadmium, Fer, Nickel, Cuivre, Cobalt, Manganèse et Zinc**"

Selon la définition historique, il n'existe que trois métaux lourds: le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd). La classification périodique des éléments permet aussi d'identifier comme métaux lourds tous les éléments compris entre le cuivre (Cu) et le plomb (Pb).

L'objectif du dosage des métaux lourds est de réduire leur présence dans l'environnement en dessous des valeurs fixées par les normes pour prévenir les effets néfastes sur la santé et l'écosystème.

La norme (*ISO 8288:1986*) spécifie une méthode pour le dosage du Cobalt, Nickel, Cuivre, Zinc, Cadmium, Plomb, Manganèse et le Fer dans l'eau.

En ce qui concerne le Chrome, la norme (*ISO 9297 :1998*) spécifie la méthode pour son dosage.

### 3.1. Principe

Les métaux lourds sont une famille de composés chimiques comprenant notamment le plomb, le mercure, l'arsenic, le cadmium, le chrome et le nickel.

Ils sont considérés comme des polluants toxiques car ils s'accumulent dans l'organisme et peuvent avoir des effets néfastes sur la santé, comme des troubles neurologiques, rénaux, hépatiques ou respiratoires.

Certains métaux lourds, comme le cadmium, le mercure et le plomb, sont classés comme cancérigènes. Ils proviennent principalement de la combustion de combustibles fossiles, de procédés industriels et de l'utilisation de pesticides.

Des réglementations existent pour limiter les teneurs maximales admissibles de métaux lourds dans les aliments, les produits pharmaceutiques et l'air ambiant, afin de protéger la santé publique et l'environnement.

### 3.2. Appareillage de mesure

Le matériel courant de laboratoire est le Spectromètre d'absorption atomique, équipé de lampes à cathode creuse appropriées aux métaux à doser, d'un dispositif ou de lampes permettant la correction de l'absorbance non spécifique et d'un ensemble (nébuliseur-brûleur) à flamme acétylène-air.

### 3.3. Mode opératoire

#### 3.3.1. Prise d'essai

- a. Dans une fiole jaugée de 100ml, introduire une prise d'essai de l'échantillon acidifié contenant de 0,2 à 1 mg de métal,
- b. Compléter au volume avec de l'eau.

#### 3.3.2. Essai à blanc

Effectuer, parallèlement au dosage: un essai à blanc en suivant le même mode opératoire et en utilisant les mêmes quantités de tous les réactifs que pour l'échantillonnage et le dosage, mais en remplaçant la prise d'essai par de l'eau.

#### 3.3.3. Préparation des gammes de solution d'étalonnage

Avant chaque série de mesures, préparer, à partir de chacune des solutions étalons, au moins quatre (04) solutions d'étalonnage couvrant, pour chaque élément considéré, la

gamme des concentrations à doser. Préparer ces solutions d'étalonnage par dilution des étalons avec l'acide nitrique.

### 3.3.4. Etalonnage et dosage

Procéder comme suit pour chacun des métaux à doser :

a. Avant d'effectuer les mesures spectrométriques, installer le spectromètre selon les instructions du constructeur en aspirant une solution étalon du métal à doser et en fonction des indications du tableau. V.2,

b. Régler les conditions de nébulisation et de flamme (débit d'aspiration, nature de la flamme, position du faisceau optique dans la flamme),

c. Ajuster le zéro instrumental avec de l'eau,

d. Pour chaque métal à doser, aspirer la gamme de solutions d'étalonnage et, comme terme zéro, la solution d'essai à blanc,

e. Tracer une courbe en portant les concentrations en métal, en milligrammes par litre, des solutions d'étalonnage en abscisse et les valeurs correspondantes de l'absorbance en ordonnée,

f. Il est recommandé de vérifier la courbe d'étalonnage, par exemple en mesurant l'absorbance d'une solution étalon tous les 5 échantillons.

**Tableau .V.2** : Instruction de constructeur pour l'étalonnage selon le métal.

<i>Elément à doser</i>	<i>Longueur d'onde (nm)</i>	<i>Flamme</i>
<i>Cobalt</i>	240.7	Acétylène-air
<i>Nickel</i>	232.0	Acétylène-air oxydante
<i>Cuivre</i>	324.7	Acétylène-air oxydante
<i>Zinc</i>	213.8	Acétylène-air
<i>Cadmium</i>	228.8	Acétylène-air
<i>Plomb</i>	283.3 217.0	Acétylène-air

## III. CONCLUSION

Les instruments d'analyse sont généralement complexes, coûteux et souvent difficiles à mettre en œuvre. Ils sont aussi le plus souvent volumineux et tributaires de sources d'énergie relativement importantes, donc peu adaptés à l'analyse sur site. Ils sont enfin affligés de temps de réponse souvent très longs (préparation des échantillons, étalonnage, durée de l'analyse proprement dite, sortie des données, etc...).

En revanche, avantage capital: la conception de ces instruments d'analyse permet d'obtenir une analyse complète de l'échantillon.

Les progrès incessants des techniques analytiques permettent d'améliorer la connaissance des constituants des eaux et de leurs effets. Les normes de qualité sont de plus en plus sévères, les traitements de plus en plus sophistiqués et le contrôle demande à être d'autant plus précis et fiable.

*Chapitre VI :*

*Résultats et Interprétations*

## Sixième Chapitre : **RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

### I. INTRODUCTION

Ce chapitre est consacré à l'interprétation des résultats d'analyses d'eau prélevés au niveau de l'Oued Ouerdeffou.

Des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur des échantillons d'eau prélevés de différents points de l'oued Ouerdeffou par moi même durant le stage du 03/03/2024 au 19/03/2024. Les résultats sont exprimés dans le tableau.VI.1.

### II. RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### A. RESULTATS DES ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

Dans cette partie nous étudierons la qualité de l'eau de surface de l'Oued Ouerdeffou.

Ce travail est essentiellement consacré à la présentation et à la discussion des différents résultats obtenus. Cette description sera commentée et confrontée aux normes et textes algériens qui régissent la qualité des eaux de surface et des effluents liquides industriels ainsi que le lessivage des terres agricoles. Les résultats sont regroupés dans le tableau IV.1 et illustrés par des graphes. Le travail expérimental a été réalisé sur une période d'environ 17 jours.

**Tableau. VI.1:** Résultats des analyses physico-chimiques d'oued Ouerdeffou.

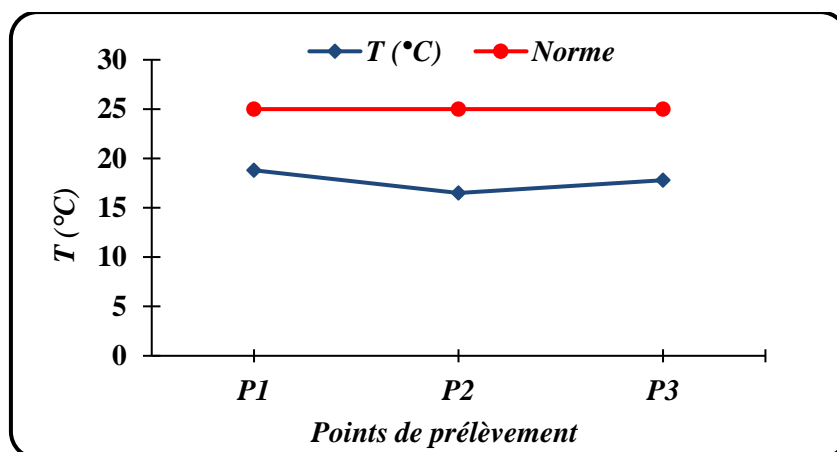
Paramètres	Unités	Résultats						Norme d'analyse
		P1		P2		P3		
		Liq	Sed	Lid	Sed	Liq	Sed	
Température	°C	18.8	/	16.5	/	17.8	/	Multi paramètres
pH	/	7.41	/	7.62	/	7.69	/	
Conductivité spécifique	µS/cm	1781	/	1263	/	1745	/	
Salinité	%	1.03	/	0.76	/	1.05	/	
Oxygène dissous	mg/L	7.06	/	4.5	/	3.01	/	
Saturation en Oxygène	%	79.4	/	38.3	/	32.3	/	
DCO	mg/L	40	/	60	/	210	/	ISO 6060 :1989
DBO <sub>5</sub>		10	/	32	/	200	/	Oxitop
MES		13	/	25	/	77	/	ISO 11923:1997
Huile et Graisse		15	/	8.4	/	3.2	/	JIS K0102.24.2
Azote Kjeldahl		1.6	/	8.9	/	29.5	/	ISO 5663 :1984
Phosphore totale		0.588	/	0.122	/	0.908	/	ISO 6878:2004
Chlorure		400	/	290	/	410	/	ISO 9297:1989
Plomb		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.524	ISO 8288:1986
Cadmium		/	/	/	/	/	/	ISO 8288:1986
Chrome		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	ISO 9297:1998
Fer		<0.2	108.32	<0.2	204.35	1.313	198.98	ISO 8288:1986
Nickel		<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	ISO 8288:1986
Cuivre		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	ISO 8288:1986
Cobalt		/	/	/	/	/	/	ISO 8288:1986
Manganèse		<0.03	1.13	<0.3	3.59	<0.3	2.243	ISO 8288:1986
Zinc		<0.03	1.261	<0.03	0.535	0.038	0.662	ISO 8288:1986

## 1. La Température

La figure. VI.1, représente la variation spatiale de la Température de l'eau de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 2 :** Résultats d'analyse de la Température

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>T (°C)</i>	18.8	16.5	17.8
<i>Norme</i>	25	25	25



**Fig. VI.1:** Variation spatiale de la Température au niveau de l'oued Ouerdeffou.

La figure montre que les valeurs obtenues au cours de la période d'échantillonnage sont comprises entre 16.5°C et 18.8°C pour les eaux de l'oued Ouerdeffou. Ces valeurs ne dépassent pas la valeur limite de la norme algérienne qui est de 25°C pendant le mois de Mars.

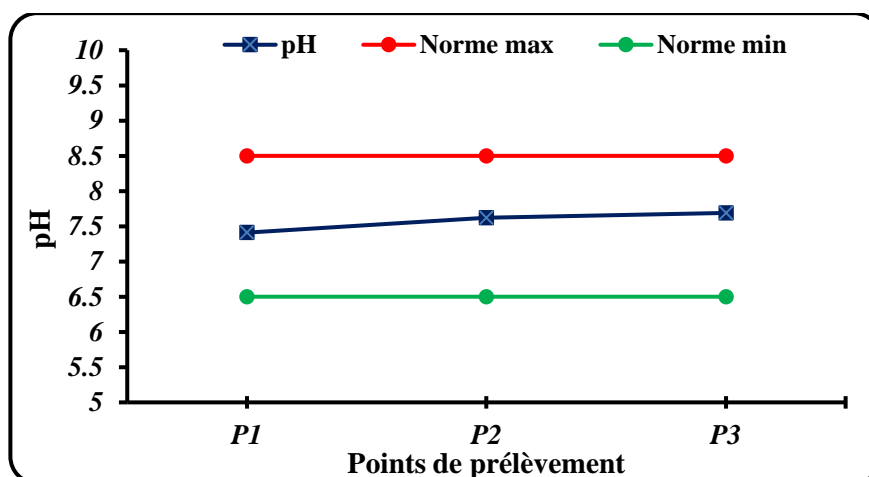
La température de l'eau joue un rôle très important en ce qui concerne l'accroissement des vitesses des réactions chimiques et biochimiques et sur l'activité bactérienne d'où elle influe beaucoup sur l'efficacité du procédé auto-épurateur de l'oued.

## 2. Le potentiel d'hydrogène 'pH'

La figure. VI.2, représente la variation spatiale du pH de l'eau de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 3 :** Résultats d'analyse du pH

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>pH</i>	7.41	7.62	7.69
<i>Norme</i>	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5



**Fig. VI.2:** Variation spatiale du potentiel d'hydrogène 'pH' au niveau de l'oued.

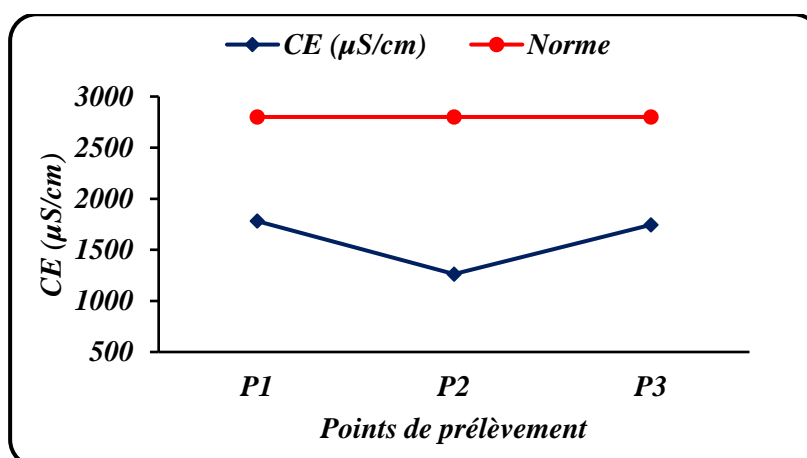
Les valeurs du pH des eaux échantillonnées apparaissent toutes basique pendant toute la période d'échantillonnage (*figure. VI.2*). Elles respectent et ne dépassent pas la norme (JORA., 2011 ; OMS., 2006). Ces valeurs oscillent entre 7.41 et 7.69. Ces résultats montrent que cette eau est pratiquement basique et ne présente pas une pollution. Selon les normes, le pH de l'eau doit se situer en 6,5 et 8.5 afin d'assurer la protection de la vie aquatique (CRE-Laurentides, 2009).

### 3. Conductivité électrique

La figure. VI.3, représente la variation spatiale de la conductivité électrique de l'eau de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 4 :** Résultats d'analyse de la conductivité électrique

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>CE (μS/cm)</i>	1781	1263	1745
<i>Norme</i>	2800	2800	2800



**Fig. VI.3:** Variation spatiale de la conductivité électrique au niveau de l'oued.

Les valeurs de la conductivité sont toutes au-dessous de la valeur recommandée qui est 2800  $\mu\text{s}/\text{cm}$  pour les eaux de l'oued Ouerdeffou. Elles oscillent entre 1263 et 1781  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

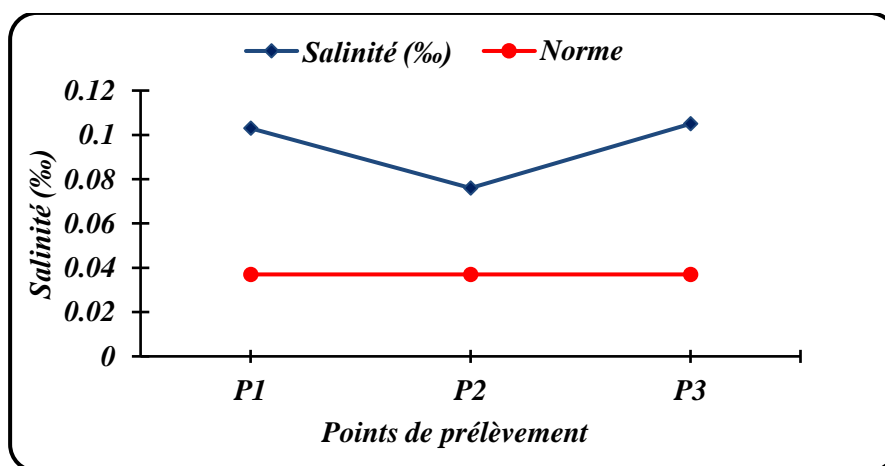
Ces valeurs ne montrent pas une pollution très intense des eaux de ce cours d'eau.

#### 4. Salinité 'TDS'

La figure. VI.4, représente la variation spatiale de la salinité des eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 5 :** Résultats d'analyse de la salinité

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Salinité (%)</i>	1.03	0.76	1.05
<i>Salinité (‰)</i>	0.103	0.076	0.105
<i>Norme</i>	0.037	0.037	0.037



**Fig. VI.4:** Variation spatiale de la salinité au niveau de l'oued.

Les valeurs de la salinité des eaux échantillonnées dépassent toutes la norme (JORA., 2011 ; OMS., 2006) qui est de 37‰. Ces valeurs oscillent entre 0.76 et 1.05. Ces résultats montrent que cette eau a une forte salinité donc elle est riche en sels dissous qui peuvent avoir une origine géologique (lessivage du terrain) ou un apport de pollution quelle soit domestique ou industrielle.

#### 5. Oxygène dissous

La figure. VI.5, représente la variation spatiale de l'oxygène dissous dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 6 :** Résultats d'analyse de l'oxygène dissous

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Oxygène dissous (mg/L)</i>	7.06	4.5	3.01
<i>Norme (OMS)</i>	> 7	> 7	> 7

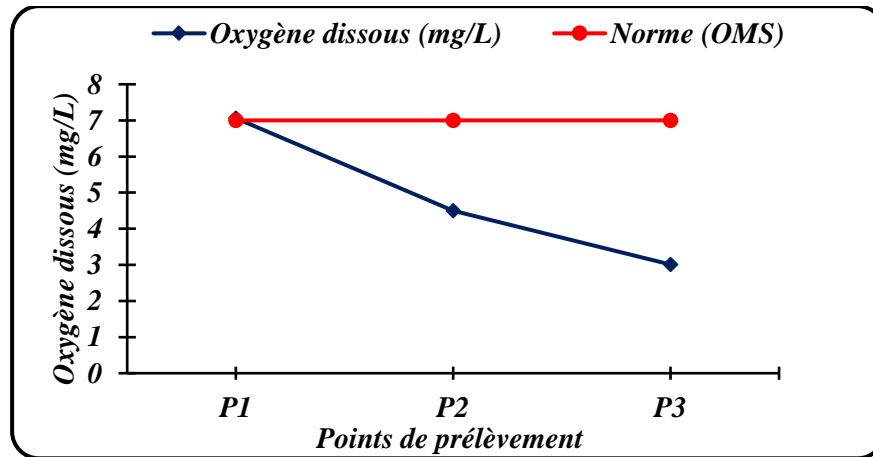


Fig. VI.5: Variation spatiale de l'Oxygène dissous au niveau de l'oued.

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux de l'oued sont décroissantes car on remarque que les eaux sont plus oxygénées au niveau du premier point (P<sub>1</sub>) avec une valeur de 7.06 mg/L par rapport aux autres points qui sont de 4.5 et 3.01 respectivement pour le deuxième (P<sub>2</sub>) et le troisième point (P<sub>3</sub>) de prélèvement.

Cette diminution visuelle met en évidence la pollution du cours d'eau au fur et à mesure qu'on va vers l'aval car les eaux reçoivent de plus en plus de pollution et s'appauvrissent d'oxygène dissous (ils deviennent riche en polluants issues des rejets d'eau usées domestiques de la ville de Maghnia + les rejets industriels).

Les concentrations en oxygène dissous (O<sub>2</sub> dissous) constituent l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux car il est indispensable à la vie aquatique et à la dégradation des polluants biodégradables permettant l'autoépuration.

#### 6. Saturation en Oxygène

La figure. VI.6, représente la variation spatiale de la saturation en oxygène des eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau. VI. 7 : Résultats d'analyse de la saturation en oxygène.

Ech	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Saturation en Oxygène (%)	79.4	38.3	32.3
Norme	7-11	7-11	7-11

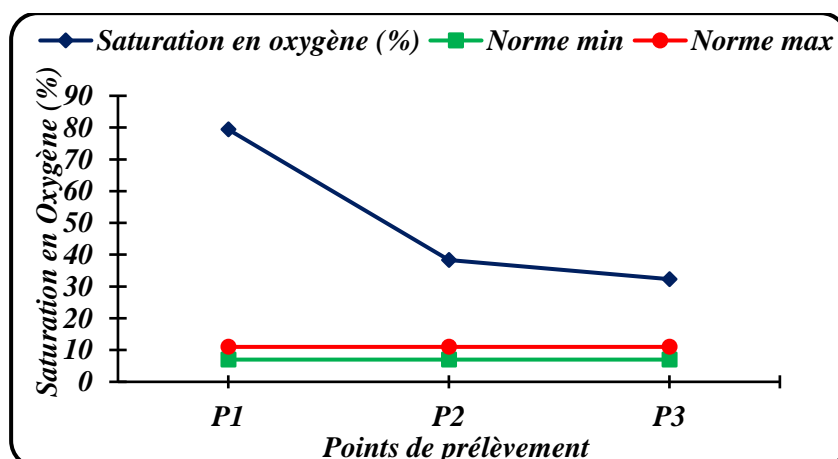


Fig. VI.6: Variation spatiale de la saturation en Oxygène au niveau de l'oued.

Les teneurs de la saturation en oxygène dans les eaux de l'oued sont décroissantes de l'amont vers l'aval. Les eaux sont plus oxygénées au début du cours d'eau par rapport au point de confluence avec l'oued el Abbés. Toute fois les valeurs sont au dessus de la norme exigée.

Généralement, plus la concentration en oxygène dissous est proche de la saturation, plus l'aptitude de la rivière à absorber la pollution (processus d'autoépuration) est grande:

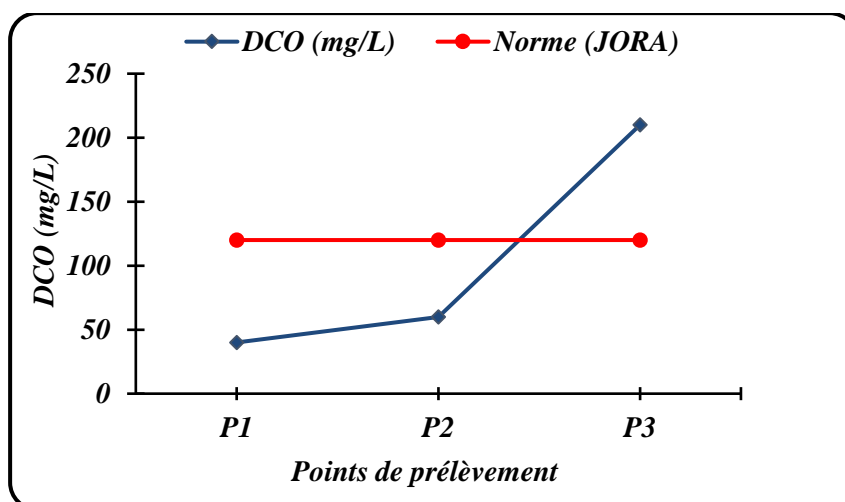
- Une valeur inférieure à 1 mg d'O<sub>2</sub> par litre indique un état proche de l'anaérobie. Cet état se produit lorsque les processus d'oxydation des déchets minéraux, de la matière organique et des nutriments consomment plus d'oxygène que celui disponible. Une faible teneur en oxygène dissous provoque une augmentation de la solubilité des éléments toxiques qui se libèrent des sédiments,
- Une valeur de 1 à 2 mg d'O<sub>2</sub> par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible,
- Une teneur de 4 à 6 mg d'O<sub>2</sub> par litre caractérise une eau de bonne qualité,
- Des teneurs supérieures à la teneur naturelle de saturation en oxygène indiquent une eutrophisation du milieu se traduisant par une activité photosynthétique intense.

#### 7. Demande Chimique en Oxygène 'DCO'

La figure. VI.7, représente la variation spatiale de la demande chimique en oxygène 'DCO' dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau. VI. 8 : Résultats d'analyse de la demande chimique en oxygène.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>DCO (mg/L)</i>	40	60	210
<i>Norme (OMS)</i>	120	120	120



**Fig. VI.7:** Variation spatiale de la Demande Chimique en Oxygène au niveau de l'oued.

Les teneurs de la demande chimique en oxygène dans les eaux de l'oued sont croissantes de l'amont vers l'aval. Elles oscillent respectivement entre 40 mg/L et 210 mg/L

Les deux premiers points (P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub>) obéissent à la norme algérienne qui est 120 mg/L. Les eaux sont plus oxygénées au début du cours d'eau par rapport au point de confluence avec l'oued el Abbés.

Par contre le troisième point (P<sub>3</sub>) est au dessus de la norme, il dépasse le seuil de rejet pour atteindre 210 mg/L. cette hausse de teneur est due au manque d'oxygène et à la mauvaise aération dans le cours d'eau qui a engendré un ralentissement du procédé de dégradation de la charge polluante et qui peut traduire une eutrophisation du cours d'eau.

#### 8. Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours 'DBO<sub>5</sub>'

La figure. VI.8, représente la variation spatiale de la demande biochimique en oxygène 'DBO<sub>5</sub>' dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 9 :** Résultats d'analyse de la demande biochimique en oxygène en 5 jours.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>DBO<sub>5</sub> (mg/L)</i>	10	32	200
<i>Norme (OMS, JORA)</i>	30	30	30

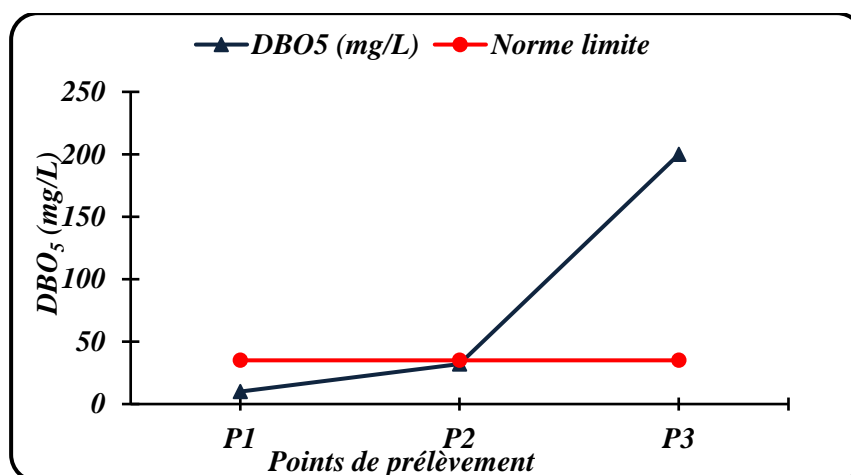


Fig. VI.8: Variation spatiale de la Demande Biochimique en Oxygène en 5 jours au niveau de l'oued.

Les teneurs de la demande biochimique en oxygène dans les eaux de l'oued sont croissantes de l'amont vers l'aval. Elles oscillent respectivement entre 10 mg/L et 200 mg/L. Cela signifie qu'au niveau de P<sub>1</sub>, il n'y a pas de matières organiques à décomposer. En ce qui concerne P<sub>2</sub>, on remarque qu'il y a un début de présence de la matière organique. Par contre au niveau du P<sub>3</sub>, la DBO<sub>5</sub> est très élevée par rapport à la norme, ce qui signifie qu'il y a beaucoup de matière organique à décomposer et cela peut épuiser l'oxygène de l'eau (figures VI.5 et VI.6), mettant en danger la vie aquatique en provoquant une eutrophisation du cours d'eau avec une prolifération algues.

#### 9. Rapport DCO/DBO<sub>5</sub>

La figure VI.9, représente la variation spatiale du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau. VI. 10 : Résultats d'analyse du rapport DCO/DBO<sub>5</sub>.

Ech	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
DCO/DBO <sub>5</sub>	4	1.875	1.05

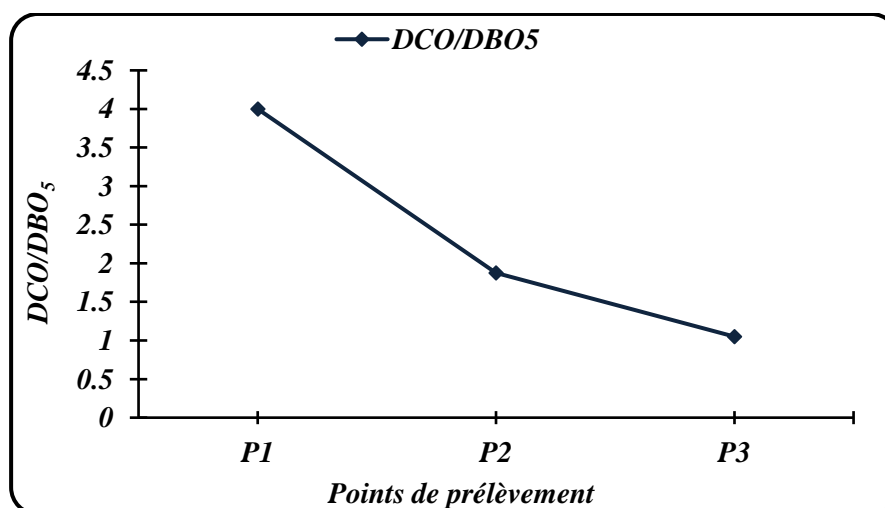


Fig. VI.9: Variation spatiale du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> au niveau de l'oued.

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est un indicateur important de la biodégradabilité d'un effluent et l'origine de la pollution organique. Il permet de caractériser l'origine et la nature de la pollution organique. En générale, plus le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> est élevé, plus la pollution est difficilement biodégradable.

Pour les eaux usées domestiques, ce rapport est généralement compris entre 2 et 2,5.

Un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> supérieur à 3 indique une pollution d'origine industrielle ou une présence de substances toxiques inhibant l'activité biologique.

La DBO<sub>5</sub> d'une eau de surface non polluée varie entre 2 et 20 mg/L. Les mesures qui vont au-delà indiquent alors que l'eau est polluée.

Les mesures se rapprochant de 1 du rapport DCO/DBO<sub>5</sub> une très bonne biodégradabilité.

- De 1 à 2 : eaux usées provenant d'industries agroalimentaires, qui contiennent des éléments dont les bactéries raffolent, se traduisant par une DBO<sub>5</sub> élevée.
- Entre 2 à 3 : eaux résiduaires urbaines.
- De 3 à 4 : Eaux usées moins facilement biodégradable.
- >4 : Effluent difficilement biodégradable

La figure VI.9, montre qu'au niveau du premier point d'échantillonnage (P<sub>1</sub>), le rapport est de 4, se signifie que notre point est difficilement biodégradable à cause des rejets des eaux usées de la ville qui sont chargées en matières organiques.

#### 10. Matières en suspension 'M.E.S'

La figure. VI.10, représente la variation spatiale des matières en suspension dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 11** : Résultats d'analyse des M.E.S.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>M.E.S (mg/L)</i>	13	25	77
<i>Norme (OMS)</i>	< 20	< 20	< 20

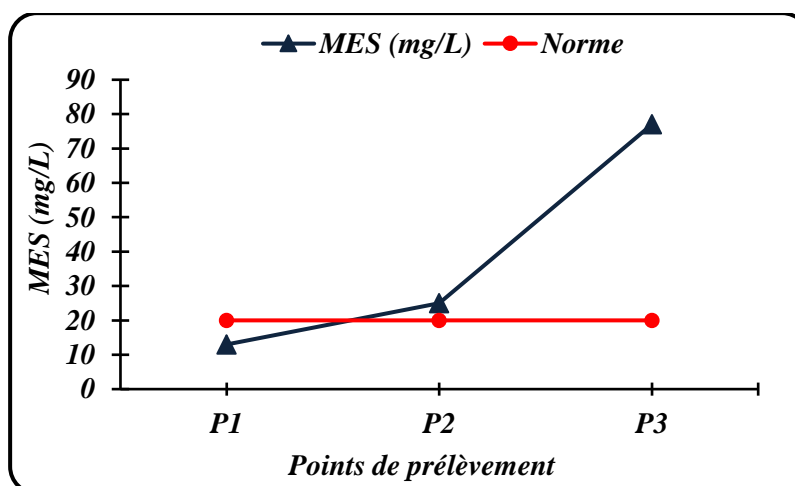


Fig. VI.10: Variation spatiale des M.E.S au niveau de l'oued.

D'après la figure. VI.10, les valeurs des matières en suspension dans les eaux échantillonnées dépassent la norme (JORA., 2011 ; OMS., 2006) qui est de 20 mg/L au niveau des points P<sub>2</sub> et P<sub>3</sub>. Ces valeurs sont respectivement 25 et 77 mg/L. Ce résultat élevé est expliqué par l'érosion et au lessivage du sol par temps de pluie, surtout quand les précipitations sont intenses. Elles se forment également quand les d'eau se détachent du lit.

#### 11. Huiles et graisses 'HG'

La figure. VI.11, représente la variation spatiale des Huiles et graisses dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau. VI. 12 : Résultats d'analyse des huiles et graisses.

Ech	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Huiles et graisses (mg/L)	15	8.4	3.2
Norme (OMS)	< 20	< 20	< 20

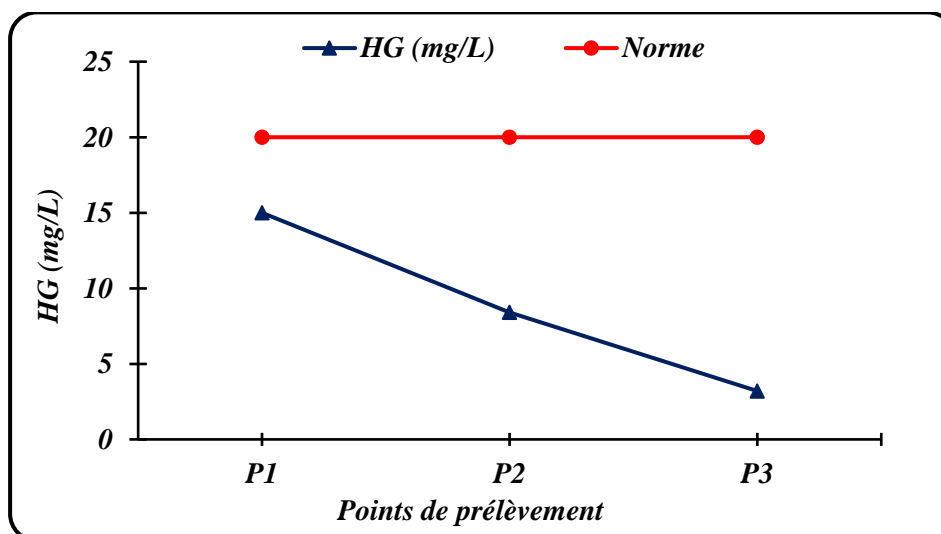


Fig. VI.11: Variation spatiale des huiles et graisses dans les eaux de l'oued.

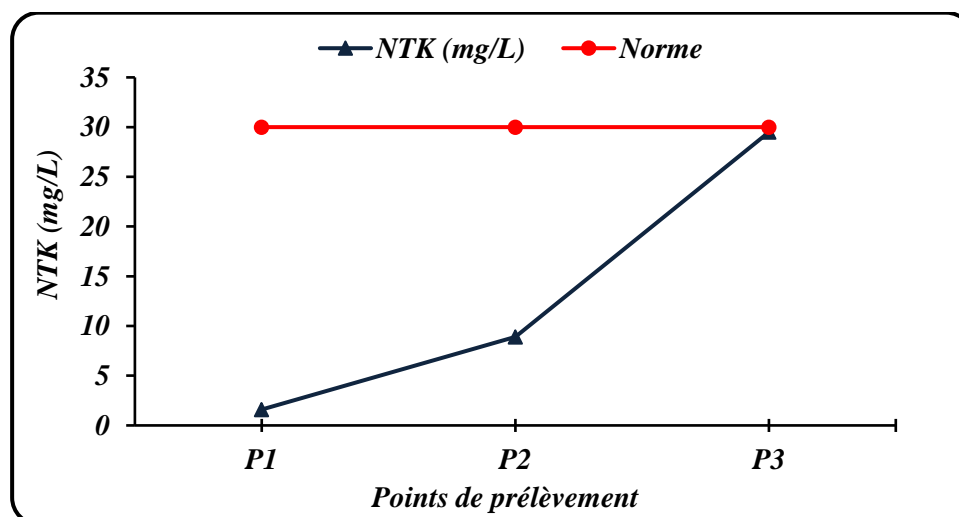
D'après la figure VI.11, on constate que les huiles et graisses sont présentes dans les eaux du cours d'eau sur tout au niveau du premier point de prélèvement ( $P_1$ ), où elle atteint son maximum qui est 15 mg/L ou il ya les rejets domestiques et industriels et elle diminue au fur et mesure qu'on s'éloigne de la source de pollution sachant que les eaux domestiques ménagères contiennent des graisses et des huiles issues des eaux de cuisines.

## 12. Azote Kjeldahl 'NTK'

La figure. VI.12, représente la variation spatiale de l'Azote Kjeldahl dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 13 :** Résultats d'analyse de l'Azote Kjeldahl.

Ech	$P_1$	$P_2$	$P_3$
NTK (mg/L)	1.6	8.9	29.5
Norme (OMS)	30	30	30



**Fig. VI.12:** Variation spatiale de l'Azote Kjeldahl au niveau de l'oued.

L'Azote Kjeldahl correspond à celui qui se trouve sous la forme de composés azotés organiques et d'ammonium. Au niveau du  $P_1$  sa teneur est faible mais elle commence à augmenté à partir du  $P_2$  où elle atteint le maximum au niveau du  $P_3$  qui devient très proche du seuil limite autorisé qui est de 30 mg/L.

L'utilisation intensive des engrais qui contient de l'azote et du phosphore, l'épandage de ce dernier, en plus de l'utilisation des pesticides entraine un lessivage de ces produits chimiques vers le cours d'eau qui engendre une eutrophisation du milieu aquatique, ce qui explique la forte présence de l'Azote au niveau de ce point.

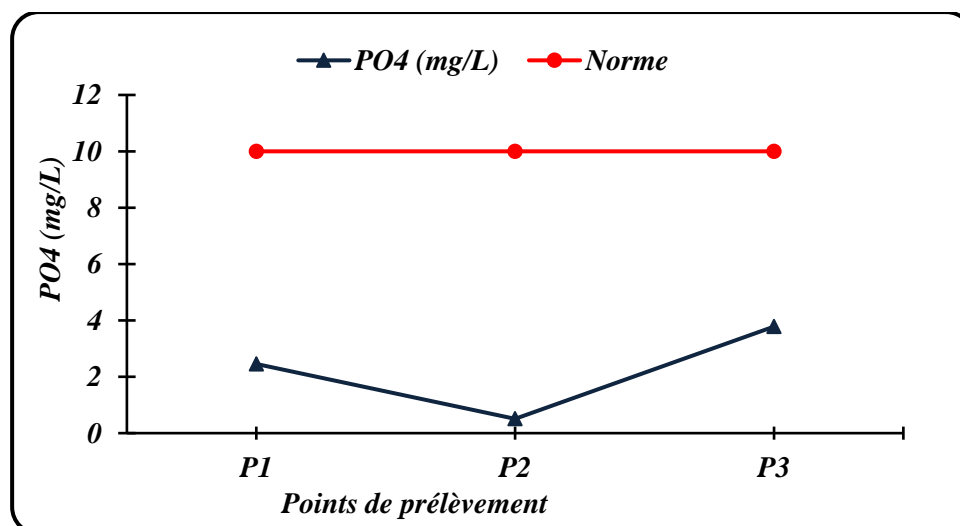
La présence d'azote ammoniacal dans une eau traduit un processus de dégradation incomplète de la matière organique car il est considéré comme substance eutrophisante.

13. Phosphore totale 'PO<sub>4</sub>'

La figure. VI.13, représente la variation spatiale du Phosphore totale dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 14 :** Résultats d'analyse du Phosphore totale dans les eaux de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>PO<sub>4</sub> (mg/L)</i>	0.588	0.122	0.908
<i>Norme (OMS)</i>	10	10	10



**Fig. VI.13:** Variation spatiale du Phosphore totale dans les eaux de l'oued.

D'après la figure VI.13, on constate une présence plus au moins importante du phosphore dans les eaux du cours d'eau sur tout au niveau du P<sub>1</sub> et P<sub>3</sub> par rapport au P<sub>2</sub>.

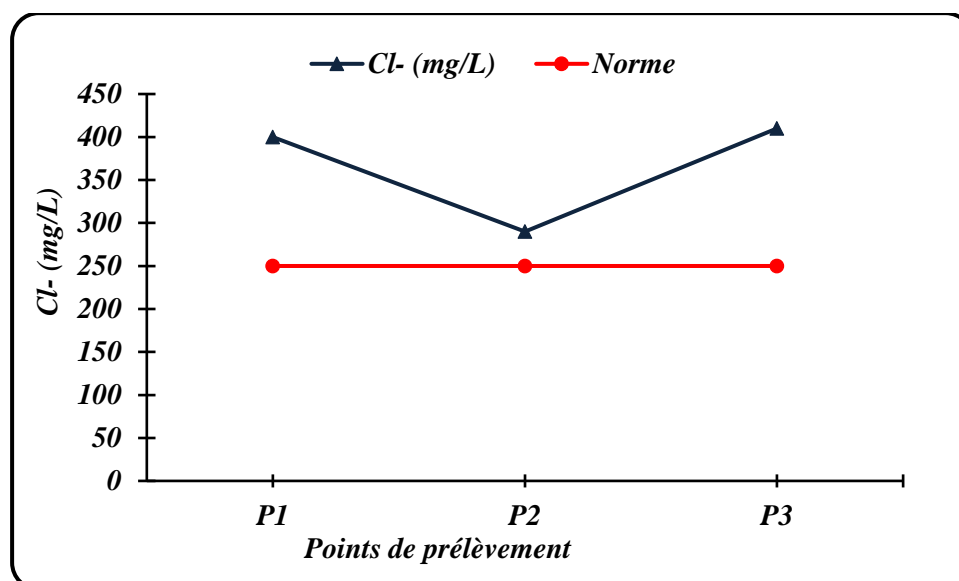
Malgré que cette présence est en très faible quantité, mais le phosphore est considéré aussi comme substance eutrophisante des cours d'eaux. Elle peut être naturelle dans le sol et dans l'eau comme elle peut être artificielle (érosion et lessivage des terres fertiles). Une concentration plus au moins élevée peut engendrer une prolifération des algues car le phosphore est un élément nutritif pour les végétaux.

14. Chlorures 'Cl<sup>-</sup>'

La figure. VI.14, représente la variation spatiale des Chlorures dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 15 :** Résultats d'analyse des Chlorures dans les eaux de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Cl<sup>-</sup> (mg/L)</i>	400	290	410
<i>Norme (OMS, JORA)</i>	250	250	250



**Fig. VI.14:** Variation spatiale des Chlorures dans les eaux de l'oued.

D'après la figure VI.14, on remarque une forte teneur en chlorures avec des concentrations respectives de 400 mg/L en P<sub>1</sub> et 410 mg/L en P<sub>3</sub>. Le P<sub>2</sub> présente une concentration moindre que les deux autres points de prélèvement néanmoins les trois prélèvements dépassent le seuil recommandée qui est de 250 mg/L.

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl); ils représentent environ 0,05% de la lithosphère.

Cette présence des chlorures dans les eaux de surface peut être attribuée aux effluents des usines de produits chimiques, aux eaux d'égouts, à l'écoulement des eaux d'irrigation, aux eaux de lixiviation des déchets.

Chacune de ces sources peut entraîner une contamination locale des eaux de surface et des eaux souterraines. L'ion chlorure est très mobile et finit par être transporté dans des bassins fermés ou vers les exutoires (mers).

## B. RESULTATS DES ANALYSES DES ELEMENTS TRACES METALLIQUE (METAUX LOURDS)

### 1. Résultats des analyses des éléments traces dans les eaux de l'oued

#### 1.1.Plomb 'Pb'

La figure. VI.15, représente la variation spatiale du Plomb dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 16 :** Résultats d'analyse du Plomb dans les eaux de l'oued.

Ech	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
<b>Pb (mg/L)</b>	< 0.2	< 0.2	< 0.2
<b>Norme (OMS, JORA)</b>	0.5	0.5	0.5

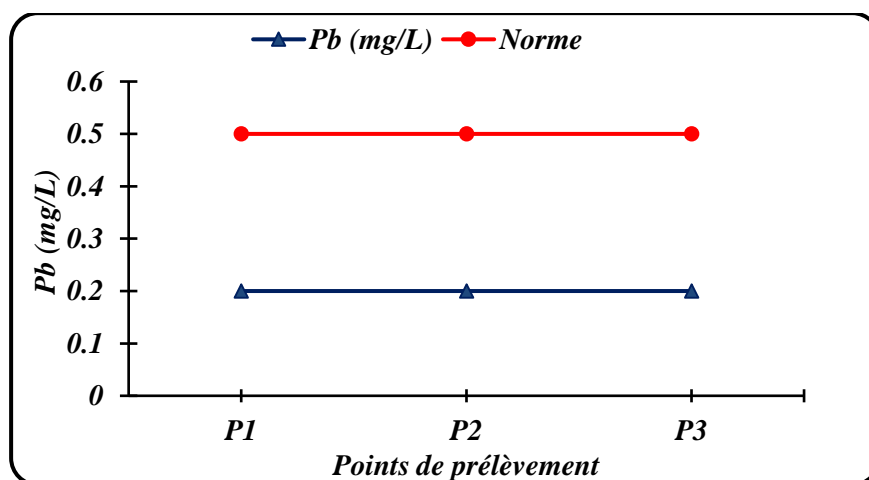


Fig. VI.15: Variation spatiale du Plomb dans les eaux de l'oued.

Les teneurs en plomb dans les eaux de l'oued sont constantes de l'amont vers l'aval. Elles sont faibles et inférieure aux seuils des normes du JORA et de l'OMS. Ces eaux sont pauvres en plomb mais il est très important de surveiller la qualité de l'eau car même de faibles concentrations peuvent avoir un impact environnemental et sanitaire.

Cette présence peut être due à la pollution urbaine (eaux usées urbaines) et aux rejets industriels.

### 1.2.Chrome 'Cr'

La figure. VI.16, représente la variation spatiale du Chrome dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau. VI. 17 : Résultats d'analyse du Chrome dans les eaux de l'oued.

Ech	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Cr (mg/L)	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Norme (OMS, JORA)	0,5	0,5	0,5

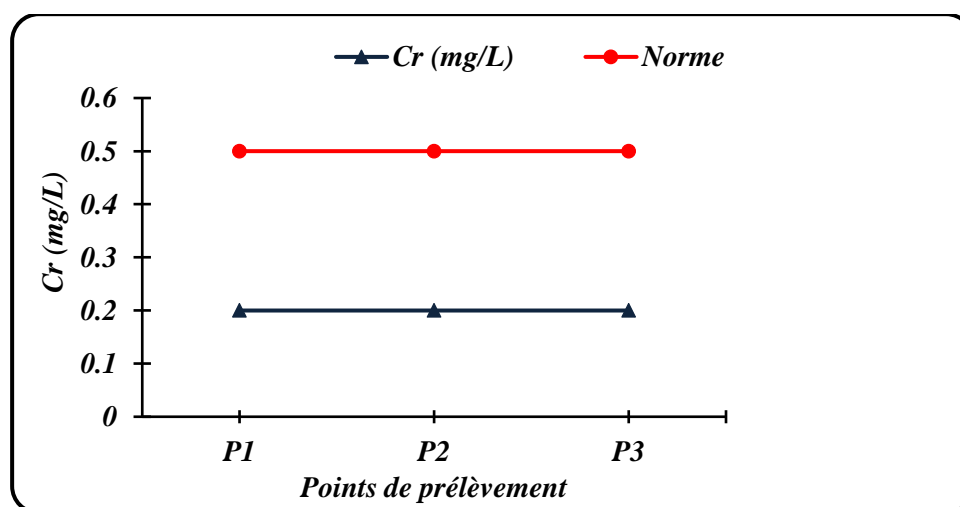


Fig. VI.16: Variation spatiale du Chrome dans les eaux de l'oued.

Le chrome est présent dans les eaux sous la forme trivalente (Cr III) ou hexavalente (Cr VI). Les principales sources de contamination anthropique des eaux sont les eaux usées, les boues de station d'épuration et les lixiviats provenant d'installations de traitement des déchets.

Les teneurs en chrome dans les eaux de l'oued sont constantes de l'amont vers l'aval. Elles sont inférieures aux seuils des normes du JORA et de l'OMS mais il est très important de surveiller la qualité de cette eau car même à faibles concentrations, elles peuvent avoir un impact environnemental et sanitaire néfaste.

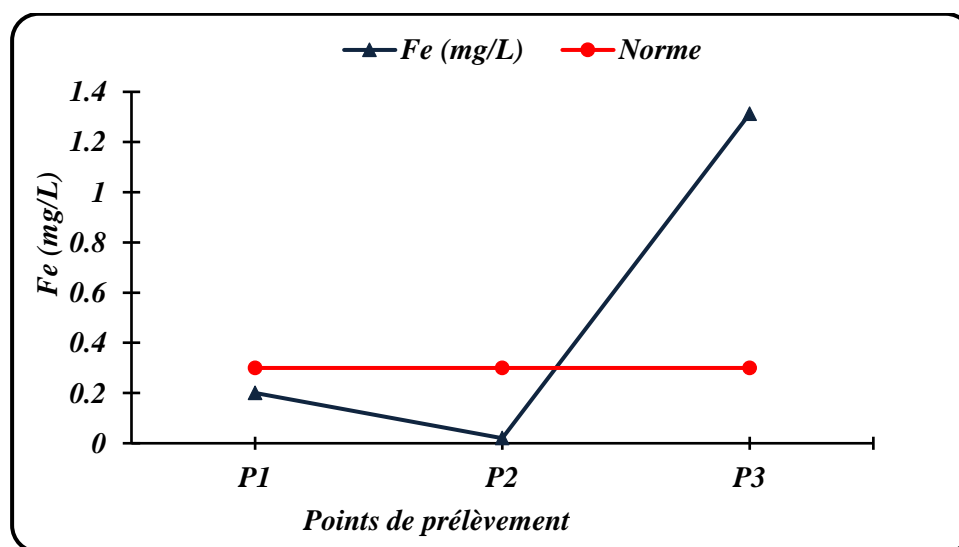
Cette présence peut être due à la pollution urbaine (eaux usées urbains) et aux rejets industriels.

### 1.3.Fer 'Fe'

La figure. VI.17, représente la variation spatiale du Fer dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 18** : Résultats d'analyse du Fer dans les eaux de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Fe (mg/L)</i>	< 0.2	< 0.02	1.313
<i>Norme (OMS, JORA)</i>	0.3	0.3	0.3



**Fig. VI.17:** Variation spatiale du Fer dans les eaux de l'oued.

Dans les eaux de surface, le fer se trouve généralement sous forme ferrique et précipitée, souvent associé aux MES. En revanche, on le rencontre sous forme ferreuse dans les couches profondes de certaines réserves d'eaux eutrophisées privées d'oxygène et dans la plupart des eaux souterraines: ce fer réduit Fe(II) est alors dissous et souvent complexé.

D'après la figure. VI.17, on remarque que seulement le point (P<sub>3</sub>) qui présente une concentration élevée qui dépasse la norme dans les eaux du cours d'eau, cette

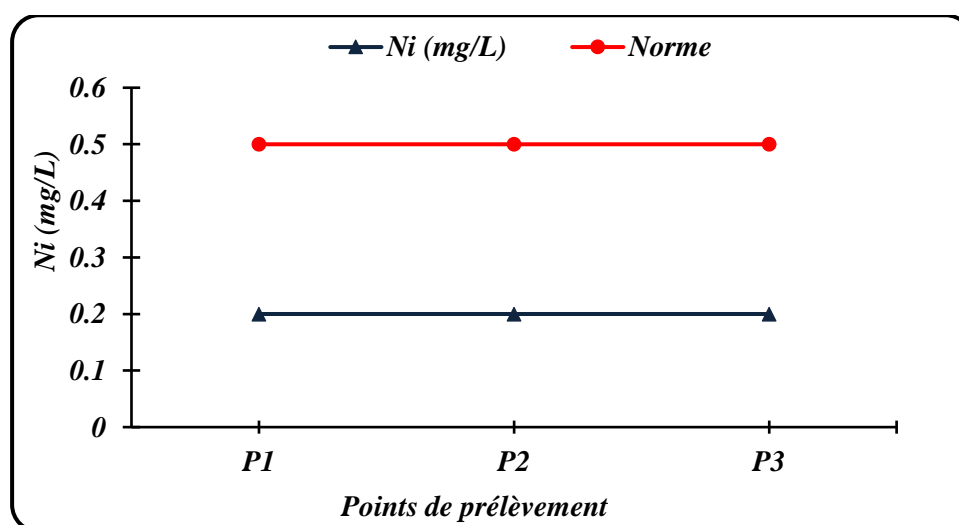
concentration en fer atteint 1.313 mg/L alors que la norme est de 0.3 mg/L. Cette présence est due aux rejets de l'entreprise des produits miniers non ferreux et des substances utiles (ENOF).

#### 1.4.Nickel 'Ni'

La figure. VI.18, représente la variation spatiale du Nickel dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 19** : Résultats d'analyse du Nickel dans les eaux de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Ni (mg/L)</i>	< 0.2	< 0.2	< 0.2
<i>Norme (OMS, JORA)</i>	0.5	0.5	0.5



**Fig. VI.18**: Variation spatiale du Nickel dans les eaux de l'oued.

D'après la figure. VI.18, on remarque une présence du Nickel dans les eaux de l'oued. Malgré que toutes les teneurs soient au dessous de la norme, mais comme même la présence du Nickel peut être néfaste pour l'environnement et la vie aquatique.

Les sources d'émission vers les eaux superficielles sont les rejets diffus agricoles, du fait de la présence naturelle de Nickel dans les sols, et aussi de la présence artificielle en provenance d'engrais phosphatés.

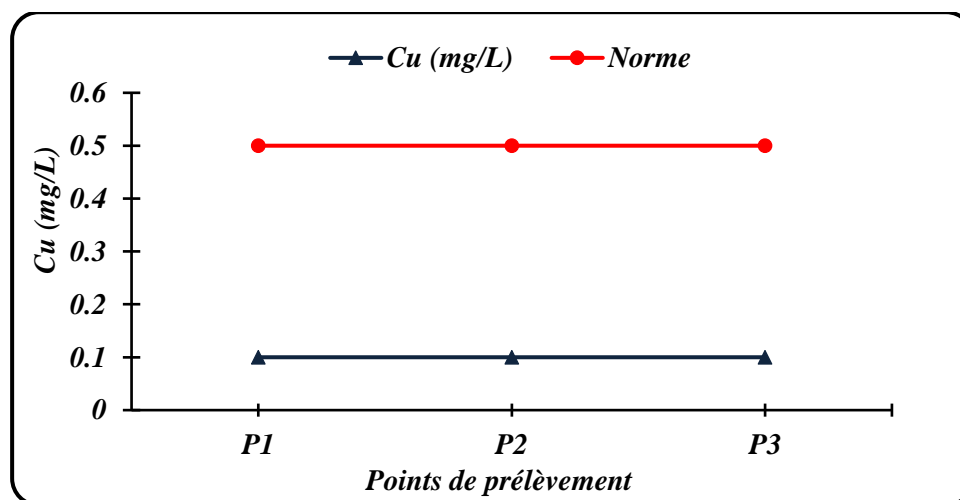
Le nickel peut finir dans les eaux de surfaces quand il est présent dans les eaux usées. La part la plus importante du nickel relâché dans l'environnement est adsorbée par les sédiments et les particules du sol et devient par conséquent immobile.

#### 1.5.Cuivre 'Cu'

La figure. VI.19, représente la variation spatiale du Cuivre dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 20** : Résultats d'analyse du Cuivre dans les eaux de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Cu (mg/L)</i>	< 0.1	< 0.1	< 0.1
<i>Norme (OMS, JORA)</i>	0.5	0.5	0.5

**Fig. VI.19**: Variation spatiale du Cuivre dans les eaux de l'oued.

D'après la figure. VI.19, on remarque une présence du Cuivre dans les eaux de l'oued. Malgré que toutes les teneurs soient au dessous de la norme, mais comme même la présence du cuivre même en petite quantité peut être néfaste pour l'environnement et la vie aquatique.

Le cuivre est présent naturellement dans l'environnement, mais il est aussi abondamment utilisé dans les domaines industriels et domestiques. Il peut être détecté dans les eaux de surface, les eaux souterraines ou l'eau de mer.

#### 1.6.Manganèse 'Mn'

La figure. VI.20, représente la variation spatiale du Manganèse dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 21** : Résultats d'analyse du Manganèse dans les eaux de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Mn (mg/L)</i>	< 0.03	< 0.03	< 0.03
<i>Norme (OMS, JORA)</i>	0.05	0.05	0.05

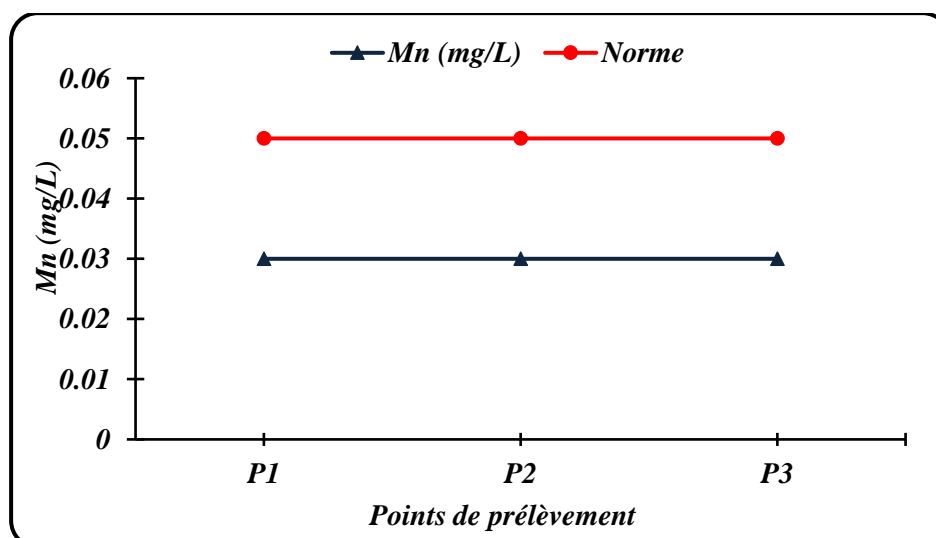


Fig. VI.20: Variation spatiale du Manganèse dans les eaux de l'oued.

D'après la figure. VI.20, on remarque une présence du Manganèse dans les eaux de l'oued. Malgré que toutes les teneurs soient au dessous de la norme, mais comme même la présence du manganèse même en petite quantité peut être néfaste pour la vie aquatique. Sa présence est due à l'activité humaine, les rejets industriels et les activités minières (l'usine des produits minier non ferreux et des substances utiles 'ENOF').

#### 1.7.Zinc 'Zn'

La figure. VI.21, représente la variation spatiale du Zinc dans les eaux de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau. VI. 22 : Résultats d'analyse du Zinc dans les eaux de l'oued.

Ech	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Zn (mg/L)	< 0.03	< 0.03	0.038
Norme (OMS, JORA)	3	3	3

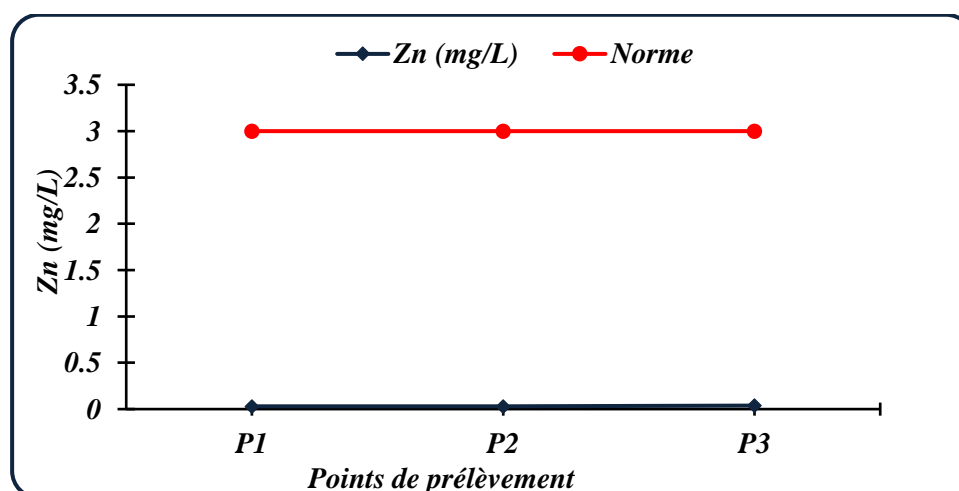


Fig. VI.21: Variation spatiale du Zinc dans les eaux de l'oued

D'après la figure. VI.21, on remarque que les teneurs en Zinc dans les eaux de l'oued sont presque négligeables par rapport au seuil de la norme.

Cette présence dans les eaux de surface est principalement due aux rejets d'eaux usées industrielles non traitées. Le zinc peut s'accumuler dans l'environnement aquatique, notamment lorsque le pH de l'eau est bas, favorisant sa dissolution. Les mesures de concentration relativement faibles de zinc dans certaines eaux de surface, indique une pression de pollution variable.

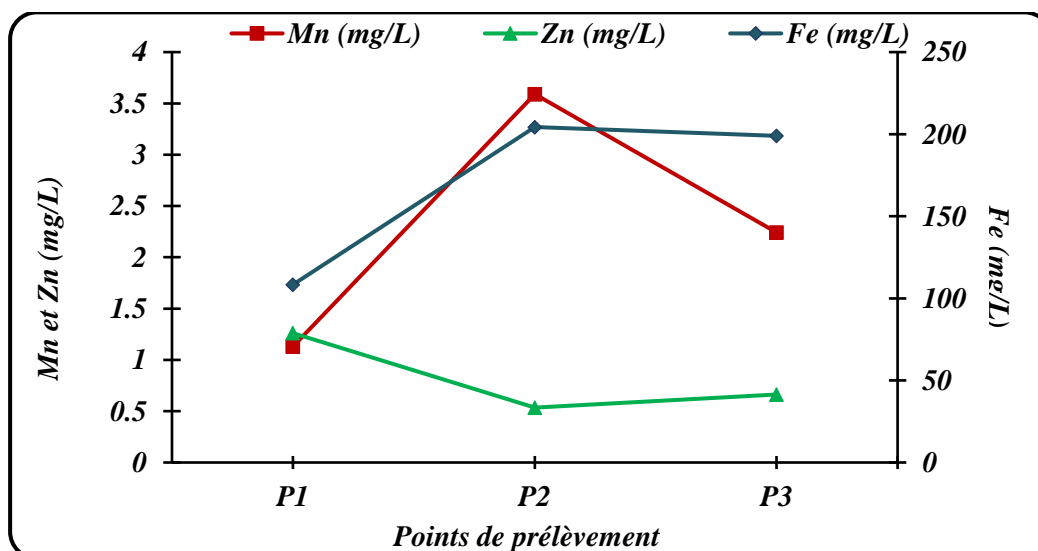
## 2. Résultats des analyses des éléments traces dans les sédiments de l'oued

### 2.1. Fer 'Fe', Manganèse 'Mn' et Zinc 'Zn'

La figure. VI.22, représente la variation spatiale du Fer, du Manganèse et du Zinc dans les sédiments de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 23** : Résultats d'analyse du Fer, du Manganèse et du Zinc dans les sédiments de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Fe (mg/L)</i>	108.32	204.35	198.98
<i>Mn (mg/L)</i>	1.13	3.59	2.243
<i>Zn (mg/L)</i>	1.261	0.535	0.662



**Fig. VI.22:** Variation spatiale du Fer, du Manganèse et du Zinc dans les sédiments de l'oued.

D'après la figure. VI.22, on remarque que le Fer et Manganèse ont une évolution croissante et de la même manière avec un pic au niveau du P<sub>2</sub> d'échantillonnage contrairement au Zinc qui a une évolution décroissante de l'amont vers l'aval de l'oued.

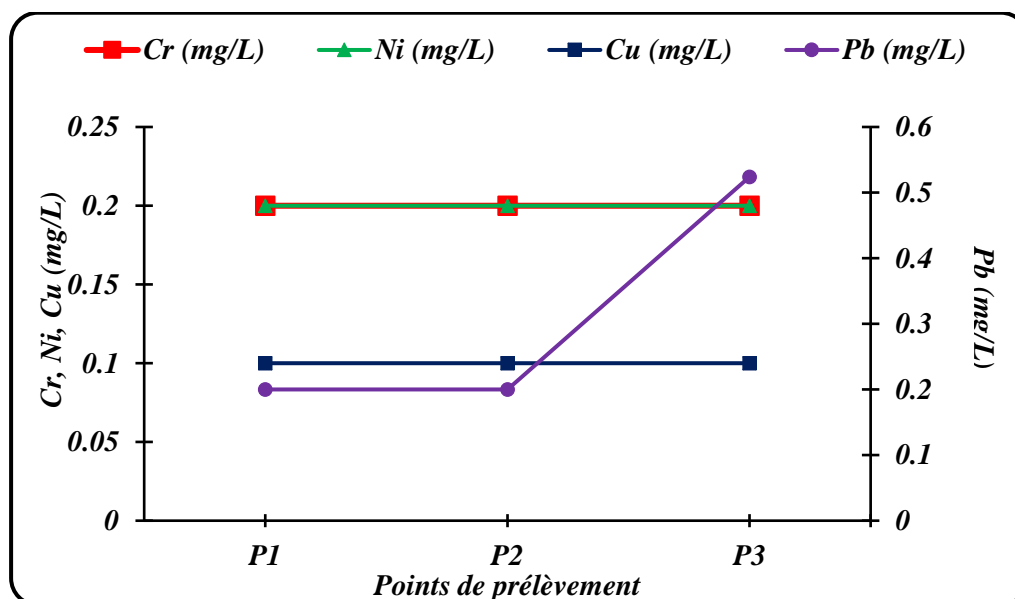
Le fer et le manganèse que l'on rencontre dans les sédiments des environnements aquatiques ne sont généralement pas considérés comme des polluants. Cependant, ils sont suffisamment abondants et réactifs pour influencer le devenir des contaminants métalliques, d'où l'intérêt de leurs quantifications. La forte teneur du Fer et du manganèse au niveau du point de prélèvement P<sub>2</sub> est due aux rejets de l'entreprise ENOF. Par contre, la forte teneur du Zinc au niveau du P<sub>1</sub> est due aux rejets des eaux usées domestique de la ville de Maghnia.

## 2.2. Plomb 'Pb', Chrome 'Cr', Nickel 'Ni' et Cuivre 'Cu'

La figure. VI.23, représente la variation spatiale du Fer, du Manganèse et du Zinc dans les sédiments de l'oued au niveau des trois points de prélèvement. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant:

**Tableau. VI. 24 :** Résultats d'analyse du Plomb 'Pb', Chrome 'Cr', Nickel 'Ni' et Cuivre 'Cu' dans les sédiments de l'oued.

<i>Ech</i>	<i>P<sub>1</sub></i>	<i>P<sub>2</sub></i>	<i>P<sub>3</sub></i>
<i>Pb (mg/L)</i>	< 0.2	< 0.2	0.524
<i>Cr (mg/L)</i>	< 0.2	< 0.2	< 0.2
<i>Ni (mg/L)</i>	< 0.2	< 0.2	< 0.2
<i>Cu (mg/L)</i>	< 0.1	< 0.1	< 0.1



**Fig. VI.23:** Variation spatiale du Plomb, du Chrome, du Nickel et du Cuivre dans les sédiments de l'oued

D'après la figure. VI.23, on remarque que tous les éléments ont une évolution stable de l'amont vers l'aval dans tous les points de prélèvement à part le plomb au niveau du point P<sub>3</sub> qui augmente brusquement. Sachant que ce point est un point de confluence avec l'oued el Abbés, alors on pense que la teneur élevée du plomb dans les sédiments est due aux apports excessives des rejets urbains et industriels (rejets industriels : complexe corps gras 'ENCG', Maïserie Tafna 'ERAD' et l'usine de céramique 'CERTAT')

### III. CLASSES DE QUALITE DES EAUX SUPERFICIELLES

La qualité des eaux est extrêmement variable dans le temps et dans l'espace. Elle est en fonction de différents facteurs.

Afin d'avoir une bonne connaissance de l'état globale d'un cours d'eau et de pouvoir suivre son évolution dans le temps ; le SEQ-EAU (Système s'évaluation de la qualité des eaux superficielles) a mis en place un outil d'évaluation qui permet d'obtenir une image globale de la qualité des cours d'eau, et définit les aptitudes à satisfaire les équilibres biologiques et les différents usages de l'eau.

Les classes d'aptitude des eaux superficielles sont présentées sous forme de grille de 5 Classes définies par rapport à la qualité chimique de l'eau (*tableau VI. 25*). Chaque classe regroupe les valeurs correspondantes pour une gamme de paramètres physico-chimiques à contrôler impérativement (*tableau VI. 26*).

**Tableau VI. 25** : Classification de la qualité des cours d'eau en Algérie (A.N.R.H, 2012).

Classe	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
	<b>Qualité chimique</b>	Eau exempte de pollution	Eau de qualité moindre pouvant satisfaire tous les usages	Eau de qualité médiocre suffisante pour les usages peu exigeants	Eau polluée, inapte à la vie biologique

Chaque classe regroupe les valeurs correspondantes pour une gamme de paramètres physico-chimiques à contrôler impérativement (*Tableau VI.26*)

**Tableau VI. 26** : Grille de la qualité des eaux superficielles (A.N.R.H, 2012).

Paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
<b>Température de l'eau</b>	°C	< 20	20 à 22	22 à 25	25 à 30	30
<b>pH</b>	-	6.5 à 8.5	-	6 à 6.5 Ou 8.5 à 9	5.5 à 6 Ou 9 A 9.5	< 5.5 Ou > 9.5
<b>Conductivité</b>	µS/cm	< 400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 3000	> 3000
<b>M.E.S</b>	mg/L	< 30	-	-	30 à 70	> 70
<b>O<sub>2</sub> dissous</b>	mg/L	> 7	5 à 7	3 à 5	< 3	-
<b>Taux de saturation</b>	%	90	70 à 90	50 à 70	< 50	-
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L d'O <sub>2</sub>	3	6	10	25	> 25
<b>DCO</b>	mg/L d'O <sub>2</sub>	20	30	40	80	> 80
<b>Chlorure</b>	mg/L	< 100	100 à 200	200 à 400	400 à 1000	> 1000
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	mg/L	< 5	5 à 25	25 à 50	50 à 100	> 100
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	mg/L	-	0 à 0.01	0.01 à 0.1	0.1 à 3	> 3
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	mg/L	< 0.1	0.1 à 0.5	0.5 à 2	2 à 8	> 8
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></b>	mg/L	< 0.2	0.2 à 0.5	0.5 à 1	1 à 5	> 5

Après traitement des résultats d'analyses des eaux de l'oued Ouerdeffou, on a obtenue le tableau suivant :

**Tableau VI. 27** : Récapitulatif de la qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou au niveau des trois points de prélèvement.

<i>Paramètres</i>	<i>Résultats moyens des eaux de l'oued Ouerdeffou</i>
<i>Température</i>	<i>17.7</i>
<i>pH</i>	<i>7.57</i>
<i>Conductivité</i>	<i>1596.33</i>
<i>M.E.S</i>	<i>38.33</i>
<i>O<sub>2</sub> dissous</i>	<i>4.86</i>
<i>Taux de saturation</i>	<i>50</i>
<i>DBO<sub>5</sub></i>	<i>80.66</i>
<i>DCO</i>	<i>103.33</i>
<i>Chlorure</i>	<i>366.66</i>
<i>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup></i>	<i>0.539</i>

D'après le tableau VI. 27, on peut conclure que les eaux de l'oued Ouerdeffou sont polluées par les rejets des eaux usées domestiques et industrielles. Sans oublier que le lessivage des engrais et pesticides des terres agricoles contamine les eaux de l'oued.

Sa qualité est classés médiocre à pollution excessive. Cette eau est interdite pour l'irrigation et tout autre usage, inapte à la vie biologique car elle peut constituer une menace pour la santé publique, agricole (interdiction d'irriguer à partir de cette eau) et à l'environnement.

En conclusion, les eaux de l'oued Ouerdeffou présentent un danger pour les terrains agricoles limitrophes. Un suivi et contrôle continue et rigoureux doit ce faire pour les eaux de ce cours d'eau sachant qu'il déverse dans le Barrage de Hammam Boughrara.

#### IV. CONCLUSION

La présente étude avait pour objectif l'étude de qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou et leurs impacts sur les terrains agricoles limitrophes. Pour ce faire, des analyses ont été effectuées sur une période de 17 jours. Ces analyses consistent sur des paramètres physico-chimiques et métaux lourds de l'eau et des sédiments du cours d'eau afin de connaître la qualité de ce cours d'eau.

Les différentes analyses effectuées sur les échantillons d'eau de l'oued, ont permis de révéler le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité organoleptiques, physico-chimiques et métaux lourds.

D'après les résultats obtenus, on a remarqué que quelques paramètres obéissent aux exigences des normes Algérienne et de l'OMS (tels que : pH, T, Cd, HG, NTK, PO<sub>4</sub>, Pb, Cr, Ni, Cu et Mn) par contre les autres éléments sont loin de ces seuils (TDS, O<sub>2</sub>, Saturation en O<sub>2</sub>, DCO, DBO<sub>5</sub>, MES, Cl<sup>-</sup> et Fe). Cela est expliquer par les rejets des eaux usées urbaines, industrielles et du lessivage des terrains agricoles tout au long du cours d'eau.

En l'occurrence les eaux rejetées par les unités industrielles présentent une pollution chimique accentuée et elles sont de nature douteuse.

# *Conclusion Générale*

## **CONCLUSION GENERALE**

La pollution des eaux de surface est une crise environnementale globale qui nécessite des actions urgentes et coordonnées à l'échelle internationale. La pollution des eaux de surface résulte de multiples activités humaines, y compris l'agriculture, l'industrie, les rejets domestiques, et le transport maritime, entre autres. Chaque source de pollution nécessite des stratégies spécifiques de gestion et de réduction pour protéger les écosystèmes aquatiques et la santé humaine.

La toxicité des métaux lourds représente un défi environnemental et de la santé publique majeur. Une gestion efficace nécessite une approche intégrée qui combine la réglementation, la réduction à la source, le traitement des déchets et la remédiation des sites contaminés. La sensibilisation et l'éducation du public sont également cruciales pour prévenir la pollution et protéger la santé humaine et l'environnement.

Notre étude porte sur la qualité des eaux de l'Oued Ouerdeffou. Ce dernier est un affluent de l'Oued Mouilah qui se trouve dans la région de Maghnia. Cette dernière est une commune de la wilaya de Tlemcen, située dans l'extrême Nord-ouest algérien, à proximité de la frontière avec le Maroc.

Le secteur d'étude porte sur le bassin versant de l'oued Mouilah qui représente l'un des composants primordiaux du bassin de l'oued Tafna; situé dans sa partie amont d'où son nom (la haute Tafna), qui est considéré l'un des bassins les plus importants dans le territoire algérien et appartient à l'ensemble du bassin hydrographique l'Oranie-Chott-Chergui selon la structuration des unités hydrologiques en Algérie.

Le sous bassin d'Oued Mouilah situé à l'ouest du bassin de la Tafna, s'étale sur une superficie de 2630 km<sup>2</sup> pour un périmètre de 230 km. Une bonne partie de cette surface se trouve dans le territoire Marocain. Le bassin de la Tafna correspond à un fossé d'effondrement marqué par un remplissage sédimentaire tertiaire et par un volcanisme Mio-Plio-Quaternaire. C'est l'un des bassins néogènes sub-littoraux de l'Oranie.

Maghnia bénéficie d'un climat de type méditerranéen (étage bioclimatique semi-aride), caractérisé par des hivers doux et pluvieux et des étés chauds et secs. Les précipitations sont généralement plus abondantes en hiver. Les précipitations annuelles sont comprises entre 400 et 500 mm et les températures moyennes annuelles oscillent entre 15.81°C et 21.03°C.

Le réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued Mouilah est crucial pour l'irrigation des terres agricoles et la restauration de la végétation riveraine. Il est important de souligner l'existence d'autres réseaux hydrographiques, comme l'Oued Ouerdeffou qui est un cours d'eau temporaire qui draine les eaux usées urbaines de la ville de Maghnia et les eaux de certaines activités industrielles.

Les données climatologiques ainsi que les résultats obtenus selon les différentes méthodes, permettent d'attribuer à la région étudiée un climat semi-aride, caractérisé par deux périodes :

- ✓ Une période humide: s'étendant de Novembre jusqu'à la fin Avril,
- ✓ Une période sèche: occupant les autres mois restant de l'année.

Les valeurs des indices d'aridité annuelle et mensuelle, indiquent que la zone est touchée par une forte sécheresse.

Les caractéristiques des régimes hydrologiques et hydrogéologiques de l'oued Ouerdeffou ont des impacts importants sur la qualité de son eau.

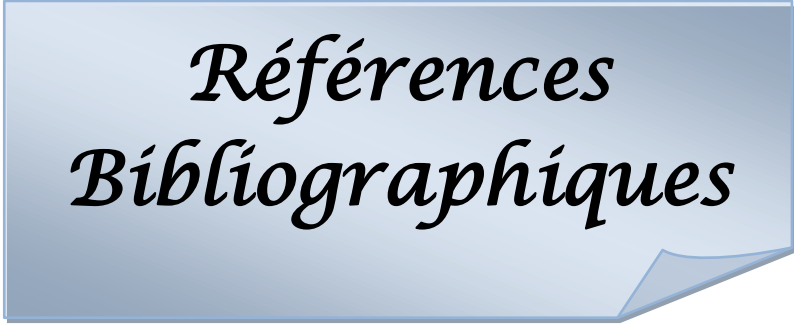
La qualité des eaux de l'oued Ouerdeffou est influencée par de nombreux facteurs, allant de la pollution agricole et industrielle à l'érosion naturelle. Des mesures de gestion intégrées et une surveillance régulière sont essentielles pour préserver cette ressource vitale et assurer la santé des écosystèmes aquatiques ainsi que celle des populations humaines dépendantes de cet oued.

La région souffre de plusieurs problèmes environnementaux comme les rejets domestiques anarchiques, la pollution des eaux par les rejets industriels, la gestion des déchets, accentués par une croissance démographique rapide, etc. L'oued Ouerdeffou est menacé par ces nuisances, impactant la santé publique et les écosystèmes aquatiques et environnementaux.

Malgré ces défis, Maghnia reste une ville attractive, réputée pour son commerce d'épices et sa proximité avec les plages et stations thermales de la région. Il est crucial d'adopter des stratégies de développement durable pour préserver les ressources naturelles de Maghnia tout en favorisant la croissance économique et sociale de cette ville frontalière dynamique.

L'objectif visé à été atteint dans ce travail qui est l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux de l'oued Ouerdeffou et cela en déterminant les paramètres physiques-chimiques et les éléments de pollution dans les eaux ainsi que les métaux lourds dans les eaux et les sédiments du cours d'eau et la faisabilité ou non de son utilisation pour l'irrigation.

D'après les résultats obtenus, on peut conclure que ce cours d'eau présente une mauvaise qualité avec une pollution sévère et ces eaux ne peuvent être utilisés pour aucun usage et moindre pour l'irrigation. Cette eau est déversée dans le barrage de Hammam Boughrara et nécessite un traitement poussé pour sa potabilisation.



*Références  
Bibliographiques*

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ABH, (2012) : Agence des bassins hydrographiques est inspirai du SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des eaux superficielles) pour classer les eaux superficielles.
- A.N.R.H, (2012) : Agence Nationale des Ressources Hydriques : Bulletins mensuels de la qualité des eaux superficielles. Alger.
- Aouissi, L. &Merabti, W., (2019) : Eau : Étude Physico-chimique, Bactériologique et Développement d'un Système de Traitement (membrane à base de Charbon Actif). Mémoire de Master. Université 8 Mai 1945 Guelma.
- Aschieri, A., (1999) : La France toxique. Santé-Environnement : les risques cachés, la découverte.
- Ayad, W., (2017) : Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des pluies de la région d'el-Harrouch (Skikda).Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar, Annaba.
- Baba Hamed, K., (2007) : Hydrogéologie et modélisation d'une nappe alluviale, validation par approche géostatique. Application à la nappe de la plaine de Maghnia (NWalgérien). Thèse Doctorat, Univ. Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie, 183p.
- Bemmoussat, A., (2011) : Impact de l'activité agricole sur la qualité des eaux souterraines à travers le bassin de la Tafna. Mém. Magister. Univ Tlemcen.156 p.
- Benkaddour, N., (2015) : Contribution à l'étude de l'efficacité de la graine de *moringa oleifera* dans la dépollution des eaux d'oued Safsaf. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur. Université Abou Bekr- Belkaid, Tlemcen, faculté des sciences de la vie et de la nature et sciences de la terre et de l'univers. Département de des sciences d'agronomie et des forêts.
- Benmansour, N., (2015) : Contrôle de qualité d'un antiseptique de fabrication locale vendu en pharmacie l'eau de Dakin. Mémoire de master en chimie. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. Faculté des Sciences. Département de Chimie.
- Bernard, B., (2001) : Aide à la décision pour le traitement des plans d'eau, étude sur l'eau en France. Agence de l'eau – réalisation de l'étude : Agence Rhone-Méditerranée-Corse.
- Berne, F.& Jean, C., (1991) : Traitement des eaux. Edition TECHNIP, 1991, 306p.
- Bleu, P., (2005) : L'Eau. *Méditerranée, les perspectives du Plan Bleu sur l'Environnement et le Développement*, 71-107.
- Boeglin, J., C., (2008) : Propriétés des eaux naturelles, technique de l'ingénieur, traité environnement G1 110.
- Boeglin, J., C., (2008) : Propriétés des eaux naturelles. Technique de l'ingénieur, traité environnement G1 110.
- Bouanani, A., (2004) : Hydrologie, transport solide et modélisation : étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW – Algérie). Thèse de doctorat d'état en géologie appliquée. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen.
- Bouanani, A., Baba Hamed, K. & Fandi, W., (2013) : Production et transport des sédiments en suspension dans l'oued Sikkak (Tafna – nord-ouest Algérie). Revue Des Sciences De L'eau, 26(2):119. DOI: 10.7202/1016063ar.
- Boudjema, S., (2007) : Modélisation de la nappe de la plaine de Maghnia. *Mémoire de Magister*, Université de Tlemcen, 115 p.
- Boumediou, F., Z., & Fekih, M., (2014): Etude de la qualité de l'eau "Exquise" destine à l'irrigation des terres d'El Fehoul. Mémoire de Master en Agronomie. Faculté des

sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. Université Abou-bekr Belkaid, Tlemcen, 86p.

- Bouziani, M., (2000) : L'eau de la pénurie à la maladie. Edition Ebeanthaldoun, 84p.
- Bremond, R.&Vuichard, R., (1973) : Paramètres de la qualité des eaux. OSPEPE, Paris.
- Calamari, D., (Ed.), (1985) : Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Comité des pêches continentales pour l'Afrique, Naeve, H, (Ed). Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain. P 42.
- Carre, F., (1993) : Aperçu sur la pollution de la mer du Nord. Hommes et terres du Nord, N°3, pp. 136-144. Lille.
- CCME, (2011) : Manuel des protocoles d'échantillonnage pour l'analyse de la qualité de l'eau au Canada. PN 1462. ISBN : 978-1-896997-79-7.
- Chaguer, M., (2013) : Analyse et spéciation des métaux dans un oued en zone minière, Cas de l'oued Essouk. Thèse de doctorat science en chimie, Université de Constantine I, 130 p.
- Clive, P., (1999) : Pharmacologie intégrée. Traduction de la 1<sup>ère</sup> édition. De Boeck Supérieur. P. 528.
- Council of Europe, (1994) : Le plomb, le cadmium et le mercure dans l'alimentation : évaluation de l'absorption par voie alimentaire et aperçu sur les limites de métaux lourds dans les denrées alimentaires. ISBN : 9287126194, 9789287126191, P 7.
- CRE-Laurentides, (2009) : Le pH. Url : [http://www.troussedeslacs.org/pdf/fiche\\_ph.pdf](http://www.troussedeslacs.org/pdf/fiche_ph.pdf).
- D.H.W. Tlemcen. Direction de l'hydraulique de la wilaya de Tlemcen : «Etude de faisabilité d'un système de traitement par lagunage des eaux de l'oued Mouillah», enquête de pollution.
- De Villers, J., Squilbin, M. &Yourassowsky, C., (2005) : Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement. 4p.
- El Haouati, H., Guechaoui, M., & Arab, A., (2014) : Effet de l'eutrophisation sur les milieux aquatiques : Barrage de Hammam Boughrara (Tlemcen). Publier dans 'Proceeding of the international congress en 4 th International Congress of the Population & Animal Communities «Dynamics & Biodiversity of the terrestrial & aquatic Ecosystems. ISBN: 978-975-7895-8-14.
- ENH : ENHPO, (2003) : Etude de dépollution du barrage Hammam Boughrara (Wilaya de Tlemcen) Réalisé par entreprise national des projets de l'Ouest (E. N. H. P. O).
- Fenet, B., (1975): Recherche sur l'alpinisation de la bordure septentrionale du bouclier africain à partir de l'étude d'un élément de l'orogène nord-maghrébin, les monts du Djebel Tessala et les massifs du littoral oranais. *Thèse de Doctorat d'état*, Université de Nice, 301 p.
- Fishbein, L., (1981) : Sources, transports and alterations of metal compounds : an overview. I. arsenic, beryllium, cadmium, chromium and nickel.
- Foree, E. G. & McCarty, P. L., (1970): Anaerobic decomposition of algae. Environ. Sc. Technol., 4(10):842-849.
- Gentil, L., (1903): Etude géologique du bassin de la Tafna. *Bulletin du Service de la carte géologique de l'Algérie*, Série 2, 425 p.
- Ghernati, A. & Touil, I., (2008) : «Contribution à l'étude de l'ampleur de phénomène d'eutrophisation du barrage BOUGHRARA», Mémoire d'ingénieur en Hydraulique, université Mohamed Boudiaf, USTO.

- Guardia, P., (1975): Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie Nord-occidentale (Algérie), relation structurales et paléogéographiques entre Rif externe et le Tell de l'avant pays atlasique. *Thèse de Doctorat d'état*, Université de Nice, 286 p.
- Hadeif, D. & Hasni, M., (2017): Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana W. Ain Defla. P 5, 7 et 8.
- Hadji, F., (2019): Les marnes miocènes de l'Oranie: Caractérisation minéralogique et géochimique. *Thèse de Doctorat*, Université de Tlemcen, 186 p.
- Hafied, Y., Marouf, N. & Meddour, A. S. E., (2017): La charge sédimentaire dans certains bassins du nord-ouest algérien. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering, 2(78):3-15.
- Hamed, M., Guettache, A. & Bouamer, L., (2012) : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage Djorf-Torba Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar.
- Hamlat A., Guidoum A., Koulala I., (2017): Status and trends of water quality in the Tafna catchment: a comparative study using water quality indices. *J Water Reuse Desal* 7(2):228–245. <https://doi.org/10.2166/wrd.2016.155>.
- Hamlat, A., (2005) : «Contribution à la gestion des ressources hydriques des bassins versants (bassin de la Tafna) par l'application du modèle SWAT»; Mémoire de Magister en Hydraulique, université Mohamed Boudiaf, USTO.
- Illal, A., & Cherfaoui, S., (2018) : Contribution a l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau de consommation de la ville de Bouira (Doctoral dissertation, Université de Bouira. P11.14.
- ISO : Organisation internationale de normalisation. *Qualité de l'eau – Echantillonnage-. Partie 2: Guide général sur les techniques d'échantillonnage*. ISO 5667-2:1991(F), deuxième édition 1991-07-15.
- ISO : Organisation internationale de normalisation. *Qualité de l'eau - Dosage des matières en suspension par filtration sur filtre en fibres de verre*. ISO 11923, première édition 1997-02-01.
- ISO : Organisation internationale de normalisation. *Qualité de l'eau – Détermination de la demande chimique en oxygène*. ISO 6060, deuxième édition 1989-10-15.
- ISO : Organisation internationale de normalisation. *Qualité de l'eau – Dosage de l'Azote Keldahl – Méthode après minéralisation au sélénium*. ISO 5663, première édition 1984-05-15.
- ISO : Organisation internationale de normalisation. *Qualité de l'eau – Dosage du phosphore- Méthode spectrométrique au molybdate d'ammonium*. ISO 6878, deuxième édition 2004-06-01.
- ISO : Organisation internationale de normalisation. *Qualité de l'eau – Dosage des chlorures- Titrage au nitrate d'argent avec du chromate comme indicateur (Méthode de Mohr)*. ISO 9297, première édition 1989-11-15.
- ISO : Organisation internationale de normalisation. *Qualité de l'eau – Dosage du Cobalt, Nickel, Cuivre, zinc, Cadmium et Plomb – Méthodes par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme*. ISO 8288, première édition 1986-03-15.
- JORA., (Journal Officiel de la République Algérienne), (2011) : <https://www.joradp.dz/FTP/jo-francais/2011/F2011063.pdf>.

- Khennane, F. Z., (2015): Modélisation de la qualité des eaux du cours d'eau de Mouillah par WEAP. Mémoire de Magister en Hydraulique, Option : Gestion et traitement des eaux. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran 'Mohamed Boudiaf'. 166p.
- Klump, J. V. & Martens, C. S., (1983): Benthic nitrogen regeneration. In: Carpenter, E. J. & Capone, D. G. (eds), Nitrogen in the Marine Environment, Academic Press, London, p. 411-457.
- Larbi, A., (2004) : Contribution à l'étude de la qualité des eaux de barrages de la région centre de l'Algérie. Mémoire d'ingénieur, Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique Blida, Alger.
- Latifi, S., (2018) : Etude de la vulnérabilité des nappes aquifères de la région de Guelma et évaluation de rôle des STEP dans la protection des eaux. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.
- Margat, J. & Andréassian V., (2008) : L'Eau, les Idées Reçues. *Editions le Clavier Blue, Paris*.
- Mariotti, A., (1998) : Nitrate : un polluant de longue durée. Pour la science, pp.60-64.
- Meriem, G. W. R., (2020) : Caractéristiques physico-chimiques de l'eau potable de la région de M'sila (Dréat, Souamaa, Newara) (Doctoral dissertation, Université Mohammed Boudiaf, M'sila). p 4.
- Merzoug, A., (2022) : Contribution à l'étude qualitative des eaux potables dans la région de Biskra. Mémoire de Master. Faculté des Sciences exactes et sciences de la nature et de la vie, Département des Sciences Agronomiques. Université Mohamed Khider de Biskra, 112p.
- Nontoux, F., (1993) : Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées. 2e édition CEBEDOC, Diffusion Lavoisier, 170 pages.
- OMS, (2004) : Directive de qualité pour l'eau de boisson : Critères d'hygiène et documentation à l'appui, Volume 2. Genève, 1050p.
- **OMS, (2006)**, Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva. Switzerland.
- OMS., (2006) : <https://q-eau-mali.net/a-propos-de/liste-des-parametres/>
- OMS., (2013) : [https://www.dis-course.net/fileadmin/NUST-course/Resources/WHO-Guidelines\\_Vol4-fra.pdf](https://www.dis-course.net/fileadmin/NUST-course/Resources/WHO-Guidelines_Vol4-fra.pdf)
- Perrodon, A., (1957): Etude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie* 12, 328 p.
- Ramade, F., (2002) : Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et des sciences de l'environnement. Paris : Dunod. 1075p.
- Rodier, J., (2009) : Analyse de l'eau. 9<sup>ème</sup> édition Ed. Dunod bordas, Paris, 526p.
- Rodier, J., (2009) : L'Analyse de l'Eau: Eaux Naturelles, Eaux Résiduares, Eau de Mer (9<sup>ème</sup> édition, 1384 p). Paris: Dunod.
- Salomon, J. N., (2003) : Danger pollution !. *Presses Universitaires de Bordeaux*. Collection : A la croisée des sciences. <https://doi.org/10.4000/books.pub.1296>. 172 p.
- Sari. H., (2014): Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source (Attar) (Tlemcen). Mémoire de Master en Sciences des aliments. Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen. p11.13.
- Seghir., (2008) : Vulnérabilité à la pollution protection des ressources en eau et gestion active du sous-système aquifère de Tébessa Hammamet (Est algérien). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.

- Selka, G. & Debbal, Z., (2007) : «Evaluation des effets environnementaux du oued Mouillah sur la Pérennité du Barrage Hammam Boughrara». Bordeaux.
- Semaoune, M., (2008) : Etude comparative de l'aération par dé-stratification et de l'aération hypolimnique : application sur le HALLWIL en Suisse. Mémoire de Magister, Ecole nationale supérieure polytechnique, Algérie.
- Squilbin, M. & Yourassowsky, C., (2005) : Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. 16p.
- Tardat-Henry, M., (1992) : Chimie des eaux, 2<sup>ème</sup> Edition. Les éditions du griffon d'Argile.
- Zenasni, S., (2013): Modélisation de la qualité des eaux d'oued Mouillah jusqu'au barrage Boughrara-application du Hec-Ras. Mémoire de Magister en Hydraulique, Option : Gestion et traitement des eaux. Université des sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, 191p.
- Ziani, D., (2017) : Quantification de la pollution anthropique des eaux souterraines de l'aquifère de AinDjasser (Est algérien). Thèse de doctorat en hydraulique. Université ben Boulaïd, Batna2.
- Zorrig, W., (2011) : Recherche et caractérisation de déterminant contrôlant l'accumulation de cadmium chez la laitue «lactuca. Sativa». Thèse de Doctorat. Faculté des sciences de Tunis. Département des sciences biologiques P15-16.

### **Webographie**

- [1] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle\\_de\\_l'eau#/media/Fichier:Watercycle-french.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l'eau#/media/Fichier:Watercycle-french.jpg).
- [2] : <https://sani-depot.ca/fr/comprendre-le-ph/>
- [3] : <https://www.leybold-shop.fr/vc4-4-1-3.html>
- [4] : <https://www.editions-eyrolles.com/Dico-BTP/definition.html?id=2989>
- [5] : [https://fr.m.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode\\_de\\_Kjeldahl](https://fr.m.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_de_Kjeldahl)
- [6] : <https://www.aquaportail.com/dictionnaire/definition/7039/chlorure>
- [7] : [https://www.notre-planete.info/environnement/metaux\\_lourds.php](https://www.notre-planete.info/environnement/metaux_lourds.php)
- [8] : <https://iast.univ-setif.dz/documents/Cours/CH6HydrochimieL3Hydro.pdf>
- [9] : <https://www.eaufrance.fr/lutter-contre-la-pollution-de-leau>
- [10] : <https://naturefrance.fr/pollutions>
- [11] : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/sante/les-produits-chimiques-ressources/article/metaux-lourds-cadmium-mercure-et-plomb>
- [12] : <https://fr.slideshare.net/slideshow/la-toxicite-des-mtaux-lourds/44230851>.
- [13] : <https://waterrangers.ca/fr/quelle-est-la-qualite-de-l'eau/>
- [14] : [https://www.atago.net/fr/databook-salt\\_principle.php](https://www.atago.net/fr/databook-salt_principle.php)
- [15] : <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Conductivite>
- [16] : <https://www.laboandco.com/oxitop-is-6-dbo-methode-manometrique-wtw-xyl-208266>.
- [17] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode\\_de\\_Kjeldahl](https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9thode_de_Kjeldahl)

# *Annexes*

## *Annexes*

### **Annexe.1 : LES NORMES DE L'OMS POUR L'EAU POTABLE**

(Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, mises à jour en 2006 sont la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable).

#### **PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES**

<b>Groupe de parametre</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Valeurs indicatives</b>
<b>Paramètres physiques</b>	<b>pH</b>		Pas de valeur guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5
	<b>Conductivité</b>		pas de norme
	<b>Température</b>		acceptable
	<b>Turbidité</b>	NTU (1NTU pour la désinfection)	5
<b>Paramètres organoleptiques</b>	<b>Couleur</b>		Pas de valeur guide
	<b>Goût et odeur</b>		acceptable

#### **PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES**

<b>Groupe de paramètre</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>VALEURS LIMITES (CMA )</b>
<b>Eléments toxiques</b>	<b>Arsenic (As)</b>	mg/L	0,01
	<b>Cadmium (Cd)</b>	mg/L	0,003
	<b>Chrome Cr<sup>+3</sup>, Cr<sup>+6</sup></b>	mg/L	chrome total : 0,05
	<b>Cyanure (CN<sup>-</sup>)</b>	mg/L	0,07
	<b>Mercure (Hg)</b>	mg/L	inorganique: 0,006
	<b>Sélénium (Se)</b>	mg/L	0,01
	<b>Plomb (Pb)</b>	mg/L	0,01
	<b>Antimoine (Sb)</b>	mg/L	0,02
	<b>Fer (Fe)</b>		Pas de valeur guide
	<b>Manganèse (Mn)</b>	mg/L	0,4
<b>Eléments indésirables</b>	<b>Aluminium(Al)</b>	mg/L	0,2
	<b>Cuivre (Cu<sup>2+</sup>)</b>	mg/L	2
	<b>Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>	mg/L	0,5
	<b>Argent</b>		Pas de valeur guide
	<b>Fluorures</b>	mg/L	1,5
	<b>Zinc(Zn)</b>	mg/L	3
	<b>Bore(B)</b>	mg/L	0,5
	<b>Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C<sub>2</sub> H<sub>3</sub> N<sub>1</sub> O<sub>5</sub> P<sub>1</sub> 3</b>	µg/L	0,1
<b>THM (Trihalométhanes) C Cl<sub>4</sub></b>	µg/L	4	
<b>Minéralisation globale</b>	<b>CalciumCa<sup>2+</sup></b>	mg/L	100
	<b>Chlorures(Cl)</b>	mg/L	250
	<b>Magnésium Mg<sup>2+</sup></b>	mg/L	50
	<b>Dureté mg/l CaCO<sub>3</sub></b>	Ppm	200
	<b>Sodium (Na)</b>	mg/L	20

	<b>Potassium ( K<sup>+</sup> )</b>	mg/L	12
	<b>Sulfates (SO<sub>4</sub>)</b>	mg/L	500

### PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

<b>Groupe de paramètre</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Valeurs indicatives</b>
<b>Paramètres microbiologiques</b>	<b>Coliformes totaux</b>	nb/100ml	0
	<b>Coliformes fécaux</b>	nb/100ml	0
	<b>Streptocoques fécaux</b>	nb/100ml	0
	<b>Clostridium Sulfito-Réducteurs</b>	nb/100ml	0
	<b>Staphylocoques pathogènes</b>	nb/100ml	0
	<b>Spores des bactéries</b>	nb/20ml	0
	<b>Vibrions cholériques</b>	nb/10ml	Absence
	<b>Salmonelles</b>	nb/5L	Absence

## Annexe.2 : LES NORMES ALGERIENNES DU MINISTRE DES RESSOURCES EN EAU (DEPUIS 22 MARS 2011)

(L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existe sur le plan international).

### PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

#### PARAMETRES AVEC VALEURS INDICATIVES

Groupe des paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs indicatives
<b>Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux</b>	<b>pH</b>	Unité pH	$\geq 6,5$ et $\leq 9,5$
	<b>Conductivité</b>	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	<b>Température</b>	°C	25
	<b>Dureté</b>	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	200
	<b>Alcalinité</b>	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	500
	<b>Calcium</b>	mg/L en CaCO <sub>3</sub>	200
	<b>Chlorures</b>	mg/L	500
	<b>Potassium</b>	mg/L	12
	<b>Résidu sec</b>	mg/L	1500
	<b>Sodium</b>	mg/l	200
<b>Paramètres organoleptiques</b>	<b>Sulfates</b>	mg/L	400
	<b>Couleur</b>	mg/L Platine	15
	<b>Turbidité</b>	NTU	5
	<b>Odeur 12°C</b>	Taux dilution	4
	<b>Saveur 25°C</b>	Taux dilution	4

#### PARAMETRES AVEC VALEURS LIMITES

Groupe des paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
<b>Paramètres chimiques</b>	<b>Aluminium</b>	mg/L	0,2
	<b>Ammonium</b>	mg/L	0,5
	<b>Baryum</b>	mg/L	0,7
	<b>Bore</b>	mg/L	1
	<b>Fer total</b>	mg/L	0,3
	<b>Fluorures</b>	mg/L	1,5
	<b>Manganèse</b>	$\mu\text{g}/\text{L}$	50
	<b>Nitrates</b>	mg/L	50
	<b>Nitrites</b>	mg/L	0,2
	<b>Oxydabilité</b>	mg/L O <sub>2</sub>	5
	<b>Phosphore</b>	mg/L	5
	<b>Acrylamide</b>	$\mu\text{g}/\text{L}$	0,5
	<b>Antimoine</b>	$\mu\text{g}/\text{L}$	20
	<b>Argent</b>	$\mu\text{g}/\text{L}$	100
	<b>Arsenic</b>	$\mu\text{g}/\text{L}$	10
	<b>Cadmium</b>	$\mu\text{g}/\text{L}$	3
<b>Chrome total</b>	$\mu\text{g}/\text{L}$	50	

	<b>Cuivre</b>	mg/L	2
	<b>Cyanure</b>	µg/L	70
	<b>Mercure</b>	µg/L	6
	<b>Nickel</b>	µg/L	70
	<b>Plomb</b>	µg/L	10
	<b>Sélénium</b>	µg/L	10
	<b>Zinc</b>	mg/L	5
	<b>Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H,P,A) totaux</b>	µg/L	0,2
	<b>Phénols</b>	µg/L	0,5
	<b>Pesticides (Totaux)</b>	µg/L	0,5
	<b>Bromates</b>	µg/L	10
	<b>Chlore</b>	mg/L	5
	<b>Chlorite</b>	mg/L	0,07
	<b>Trihalométhanes (THM) (Total)</b>	µg/L	100
<b>Radionucléides</b>	<b>Particules alpha</b>	Picocurie/L	15
	<b>Particules bêta</b>	Millirems/an	4
	<b>Tritium</b>	Bequerel/L	100
	<b>Uranium</b>	µg/L	15
	<b>Dose totale indicative (DTI)</b>	(mSv/an)	0,1

#### PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

Groupe de paramètres	Paramètres	Unités	Valeurs limites
Paramètres microbiologiques	<b>Escherichia Coli</b>	nb /100ml	0
	<b>Entérocoques</b>	nb /100ml	0
	<b>Bactéries sulfitoréductrices y compris les spores</b>	nb/20ml	0

**Annexe.3 : Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usées autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration**

(Journal Officiel de la République Algérienne N°36, Année 2009).

<b>Paramètres</b>	<b>Valeurs limites Maximales (mg/L)</b>
<b>Azote global</b>	150
<b>Aluminium</b>	5
<b>Argent</b>	0,1
<b>Arsenic</b>	0,1
<b>Bérylium</b>	0,05
<b>Cadmium</b>	0,1
<b>Chlore</b>	3
<b>Chrome trivalent</b>	2
<b>Chrome hexavalent</b>	0,1
<b>Chromates</b>	2
<b>Cuivre</b>	1
<b>Cobalt</b>	2
<b>Cyanure</b>	0,1
<b>Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)</b>	500
<b>Demande chimique en oxygène (DCO)</b>	1000
<b>Etain</b>	0,1
<b>Fer</b>	1
<b>Fluorures</b>	10
<b>Hydrocarbures totaux</b>	10
<b>Matières en suspension</b>	600
<b>Magnésium</b>	300
<b>Mercure</b>	0,01
<b>Nickel</b>	2
<b>Nitrites</b>	0,1
<b>Phosphore total</b>	50
<b>Phénol</b>	1
<b>Plomb</b>	0,5
<b>Sulfures</b>	1
<b>Sulfates</b>	400
<b>Zinc et composés</b>	2

**Annexe.4 : Valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006).**

PARAMÈTRES	UNITÉS	VALEURS LIMITES
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/L	35
DBO <sub>5</sub>	mg/L	35
DCO	mg/L	120
Azote Kjeldahl	mg/L	30
Phosphates	mg/L	02
Phosphore total	mg/L	10
Cyanures	mg/L	0,1
Aluminium	mg/L	03
Cadmium	mg/L	0,2
Fer	mg/L	03
Manganèse	mg/L	01
Mercure total	mg/L	0,01
Nickel total	mg/L	0,5
Plomb total	mg/L	0,5
Cuivre total	mg/L	0,5
Zinc total	mg/L	03
Huiles et Graisses	mg/L	20
Hydrocarbures totaux	mg/L	10
Indice Phénols	mg/L	0,3
Fluor et composés	mg/L	15
Étain total	mg/L	02
Composés organiques chlorés	mg/L	05
Chrome total	mg/L	0,5
(*) Chrome III +	mg/L	03
(*) Chrome VI +	mg/L	0,1
(*) Solvants organiques	mg/L	20
(*) Chlore actif	mg/L	1,0

### Annexe.5 : Normes internationaux des rejets

<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Normes utilisées (OMS)</b>
<b>pH</b>	-	6,5-8,5
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg/L	<30
<b>DCO</b>	mg/l	<90
<b>MES</b>	mg/L	<20
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	mg/L	<0,5
<b>NO<sub>2</sub></b>	mg/L	1
<b>NO<sub>3</sub></b>	mg/l	<1
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	mg/L	<2
<b>Température T</b>	°C	<30
<b>Couleur</b>	-	Incolore
<b>Odeur</b>	-	Inodore

## **Annexe. 6: Article de Presse**

### **Maghnia: Des citoyens protestent contre la pollution causée par la maïserie**

Par **Cheikh GUETBI**  
Publié dans : **Le Quotidien d'Oran, le 17/10/2016**

Une action de protestation a été menée, samedi, par des citoyens pour dénoncer le déversement dans l'oued Abbes des eaux résiduaires, par les unités industrielles notamment par la maïserie Tafna et exprimer leur marasme et leur inquiétude relatifs à la pollution de l'environnement et du barrage de Hammam Boughrara et au devenir de l'agriculture le long de cet oued et en aval du barrage. Ils étaient une centaine parmi les fellahs du versant du barrage, des riverains, de citoyens anonymes, soutenus par la présence du bureau de la Ligue du droits de l'Homme local à se rassembler sur le pont qui traverse l'oued Abbes, à la sortie-est de la ville pour dénoncer à coups de banderoles l'insouciance des responsables de cette unité qui malgré la station d'épuration qu'ils ont été contraints de réaliser et qui leur a coûté 20 milliards de centimes, des rejets liquides chargés de gluten continuent d'être déversés. Si les autres unités industrielles tels le complexe céramique Certaf', l'ex complexe des corps gras et l'usine de fabrication de bentonite ont limité, considérablement, la pollution de l'oued, la maïserie se montre, selon les protestataires, indifférente à ce qu'endurent les fellahs et à la pollution de l'environnement et des 1,8 million de m<sup>3</sup> d'eau du barrage que ses rejets bruts non conformes à la législation, engendrent et dont l'odeur nauséabonde caractéristiques embaume la région environnante.

Afin de minimiser les déchets toxiques et autres métaux lourds et préserver le barrage de la pollution drainée par l'Oued Ouerdefou dans lequel se jette Oued Abbes, une station d'épuration a été réalisée mais qui ne semble pas jouer son rôle initial car de l'avis de protestataires, l'eau n'est traitée que parcimonieusement. «Normalement l'eau qui nous arrive de celle-ci et qui se dirige vers le barrage doit être traitée, ce qui n'est pas le cas. Cette situation est à l'origine de notre continuelle persécution de la part des services de l'environnement et des services de qualité et actuellement on nous a catégoriquement interdit l'irrigation à partir de l'oued à cause de ses eaux polluées. Nous estimons que nous sommes victimes de décisions arbitraires car au lieu que les principaux responsables de cette pollution à savoir : la maïserie et cette station d'épuration implantée à Gfaf, soient rappelées à l'ordre, ils se sont rabattus sur nous qui sommes le maillon faible. En plus de la confiscation de pompes d'irrigation de certains fellahs, l'un de nous a été condamné à 2 ans de prison ferme, c'est dire que les responsable se trompent de cible». Ainsi des dizaines de familles de fellahs se trouvent au chômage technique et le principal barrage de la wilaya de Tlemcen continue de subir la pollution dans l'attente de décisions strictes et efficaces capables de contraindre cette unité, mise à l'index, à se conformer aux exigences environnementales ainsi que la station d'épuration de Gfaf à assurer continuellement le traitement des eaux qu'elle reçoit». Les protestataires ont achevé leur action par un hommage rendu à un citoyen du village de Gfaf décédé, suite à un malaise, durant une action de protestation similaire, organisée précédemment.