

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche  
Scientifique

Université Mohamed Seddik Benyahia –Jijel

جامعة محمد الصديق بن يحي جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et  
de la Vie

Département des Sciences de  
l'Environnement et des Sciences  
Agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم علوم المحيط والعلوم  
الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

**Option** : Ecosystème aquatique

Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique d'un cours  
d'eau intermittent : Cas d'Oued Nil Taher, Jijel

**Jury de soutenance :**

- ❖ **Présidente** : Mme AMIRA. W
- ❖ **Examinatrice** : Mme HABILA. S
- ❖ **Encadreur** : Mr. MAYACHE. B

**Présenté par :**

- ❖ BELAGGOUN Sara
- ❖ KHEDIMALLAHE Nawal

Session : Septembre 2021

Numéro d'ordre : ...

**Laboratoire d'écotoxicologie de l'université de Jijel**



## *Remerciements*

Nous remercions Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné durant toutes ces années, santé, courage et foi en nous même pour pouvoir avancer et mener nos études à leurs termes.



Tout d'abord, nous voulons remercier cordialement notre encadreur Monsieur **Mayache Boualem** pour avoir suivi notre travail avec une extrême attention, pour son orientation, ses corrections ainsi que pour ses encouragements. Ses nombreuses remarques, sa rigueur scientifique et son expérience ont amélioré notre travail et ont permis sa mise au point définitive.

Mes remerciements sont également adressés aux membres du jury : **M<sup>me</sup> Habila S et M<sup>me</sup> Amira W**, ayant accepté d'évaluer ce mémoire.

Nos vifs remerciements vont également à Monsieur **Cheraïtia Hassen** pour son aide précieuse dans le traitement statistique des différentes données obtenues et nous lui sommes très reconnaissantes, sans oublier également Monsieur **Babay Kheraddine** le directeur de l'Agence Nationale des Ressources Hydrologique. Pour ses conseils et son aide, nous lui témoignons notre gratitude.

Nous aimerions également rendre hommage à tous nos enseignants durant les années des études.

Enfin, nos remerciements vont à l'égard de toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



## *Dédicace*

*Avec un très grand plaisir je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents ;*

*Sources inépuisables d'amour, d'affection et de sacrifices, en témoignage de ma reconnaissance pour leur inéluctable patience, leur sacrifice et leur soutien au cours de mes longues études. Toutes les dédicaces du monde ne sauraient exprimer mon profond amour et ma vive gratitude que dieu leur donne santé et longue vie.*

*A mes chers frères : Abdalhadi et Youssef*

*A mes chères sœurs : Dalal, Zhor, Saida*

*A mes neveux : Midou, Aya, Douha, Joury*

*A ma nièce : Amani*

*A mon cher marier Rachid et à sa famille*

*À ma grand-mère Hada, que Dieu te garde pour nous mani.*

*A ma chère tante Nawara pour son soutien moral et leur conseil précieux tout au long de mes études.*

*A tous mes oncles et mes tantes et leurs enfants.*

*A mes amis : surtout mon partenaire Sara, Widad, Hanan, Asma, Samira, Amal, Khadidja, Imane.*

*A tous mes amis de promotion 2021.*

*A tous ceux que j'aime*

*\* Nawal \**



A decorative border with red roses and a butterfly. The border is made of red lines forming a frame with intricate scrollwork. Red roses are scattered throughout the frame, some in the top right corner, some on the left side, and some at the bottom. A white butterfly is visible near the bottom left. The background is white with a light green and yellow gradient at the bottom right.

**DEDICACES :**

*A mes très chers parents à qui je dois tous, je les  
Remercier à leurs encouragements, aides et les sacrifices  
Qu'ils ont fait pour moi.*

*A ma mère ma source d'énergie et mon père décédé, qui  
m'a toujours poussé et motivé dans mes études. Que dieu  
lui fasse miséricorde et habite ses vastes jardins.*

*À mes frères et sœurs*

*A mon binôme Nawal qui a partagé avec  
moi les moments difficiles de ce travail et à sa famille.*

*À tous mes proches.*

*A tous ceux qui nous chers*

*A toute la promotion*

*\* Sara\**

## Sommaire

Remerciement	
Dédicace	
Liste des tableaux .....	v
Liste des figures .....	vi
Liste des abréviations .....	vii
Introduction .....	1

### Chapitre I : Synthèse bibliographique

I- Les cours d'eau .....	3
I-1-Définition .....	3
I-2-Les différents types des cours d'eau.....	3
I-2-1-Cours d'eau naturelle .....	3
I-2-2-Cours d'eau artificiels .....	3
I-3-Caractéristiques générales des cours d'eau .....	4
II- Généralité sur les cours d'eau intermittent .....	4
II-1-Définition .....	4
II-2-Les deux phases d'un cours d'eau intermittent.....	5
II-2-1-phase lotique .....	5
II-2-2-phase stagnante .....	5
II-3-Caractéristique d'un cours d'eau intermittent.....	5
III-Evaluation de la qualité générale des eaux de surface .....	8
III-1-Paramètres de surveillance de la qualité des cours d'eau.....	9
IV-Paramètres physico-chimiques .....	9
IV-1-Conductivité électrique.....	9
IV-2- pH .....	10
IV-3- Oxygène dessous (OD).....	11
IV-4-Nitrate (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) .....	11

---

IV-5-Nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ).....	11
IV-6-Phosphore ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).....	12
IV-7-Chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) .....	12
IV-8-Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) .....	12
V- Eléments trace métalliques (ETM) .....	13
V-1-Définition.....	13
V-1-1- Métaux essentiels .....	13
V-1-2- Métaux non essentiels (toxiques) .....	13
V-2-La toxicité des métaux trace métallique .....	14
V -3- Métaux étudiés.....	16
a. Cadmium .....	16
b. Plomb .....	16
c. Zinc.....	17

## **Chapitre II : Matériel et méthodes**

II-1-Présentation de la zone d'étude.....	18
II-1-1-Situation et présentation de la région de Jijel.....	18
II-1-2-Climat .....	18
II-1-3-Situation et présentation d'oued Nil .....	19
II-1-4-Le réseau hydrographique .....	20
II-1-5- Occupation du bassin versant d'oued Nil .....	20
II-1-6-Domaine forestier .....	21
II-1-7-Domaine agglomération.....	21
II-1-8-Domaine agricole.....	<b>21</b>
II-2-Descriptions de la zone d'étude .....	22
II-2-1-Choix des stations .....	22
II-2-2-Le couvert végétale.....	23

II-3-Prélèvement des eaux et mesure des paramètres physico-chimiques .....	30
II-3-1-Méthode de prélèvement et conservation des échantillons .....	30
II-3-2-Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau .....	30
II-3-2-1-Analyses mesuré in situ .....	30
II-3-2-2- Analyses au laboratoire .....	30
II-3-2-2-1-Dosage des nitrites .....	30
II-3-2-2-2-Dosage des nitrates .....	30
II-3-2-2-3-Dosage des phosphates .....	31
II-3-2-2-4-dosage des chlorures .....	31
II-3-2-2-5-dosage d'ammonium .....	31
II-3-3- Technique de dosage des Métaux lourd .....	32
II-3-4-Les analyse statistique .....	32

### **Chapitre III : résultats et discussion**

III-1-Les paramètres physico-chimiques.....	33
III-1-1-Le potentiel d'Hydrogène (pH).....	33
III-1-2-La conductivité électrique (CE) .....	34
III-1-3-L'oxygène dissous.....	35
III-1-4- Les nitrites .....	36
III-1-5- Les nitrates .....	38
III-1-6- Les phosphates .....	39
III-1-7- les Chlorures.....	40
III-1-8-Les ammoniums .....	42
III-2-Les métaux lourds.....	43
III-2-1-Plomb .....	44
III-2-2-Cadmium .....	45
III-2-3-Zinc.....	45

Conclusion.....	46
Références bibliographiques .....	48
<b>Annexes</b>	
Annexe I : protocoles de travail .....	I
Annexe II : Courbes d'étalonnage.....	X
Annexe III : Résultats de l'analyse de la variance et la matrice de corrélation .....	XII



## **Liste de tableaux**

<b>Tableau n°</b>	<b>Page</b>
<b>Tableau n° 1</b> : Grille de qualité des eaux de surface.....	08
<b>Tableau n° 2</b> : Les classes de l'eau en fonction de leur conductivité.....	09
<b>Tableau n°3</b> : Classification des eaux d'après leur PH.....	10
<b>Tableau n°4</b> : Effets toxiques de quelques métaux lourds sur la santé humaine .....	14
<b>Tableau n°5</b> : Propriétés physico-chimiques de l'élément plomb .....	16
<b>Tableau n°6</b> : Moyennes mensuelles des pluviométrie (2002-2019).....	19
<b>Tableau n°7</b> : Les principaux Oueds de la wilaya de Jijel .....	19
<b>Tableau n°08</b> : Couvert végétal de la zone d'étude .....	23
<b>Tableau n°09</b> : Les résultats d'analyse physicochimique des eaux de l'Oued Nil .....	32
<b>Tableau n°10</b> : Valeurs moyennes et écart type des métaux lourds.....	42

**Liste des figures**

<b>Figure n°</b>	<b>page</b>
<b>Figure n° 1</b> : Les différents patrons d'assèchement des rivières intermittentes .....	06
<b>Figure n°2</b> : Les différents facteurs de l'intermittence des Rivières.....	07
<b>Figure n°3</b> : La situation géographique de la wilaya de Jijel.....	18
<b>Fig n°4</b> : Bassin versant d'oued Nil.....	20
<b>Figure n° 5</b> : La localisation géographique des stations de prélèvement sur Oued Nil .....	22
<b>Figure n° 06</b> : Station I.....	28
<b>Figure n° 07</b> : Station II .....	28
<b>Figure n° 08</b> : Station III .....	29
<b>Figure n° 09</b> : Station IV .....	29
<b>Figure n°10</b> : les variations du pH dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées .....	33
<b>Figure n°11</b> : les variations de la conductivité dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées.....	34
<b>Figure n12</b> : les variations du OD dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées.....	35
<b>Figure n°13</b> : les variations des nitrites dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées .....	36
<b>Figure n°14</b> : les variations des nitrates dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées .....	38
<b>Figure n°15</b> : les variations des phosphates dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées .....	39
<b>Figure n°16</b> : les variations des chlorures dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées .....	40
<b>Figure n°17</b> : les variations des ammoniums dans les eaux superficielles des 04 stations étudiées.....	41
<b>Figure n°18</b> : Variations des teneurs en Pb dans les eaux des quatre stations étudiées .....	42
<b>Figure n°19</b> : Variations des teneurs des eaux en Cd dans les quatre stations étudiées .....	44
<b>Figure n°20</b> : Variations des teneurs des eaux en Zn dans les cinq stations étudiées.....	45

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage.

**ANOVA** : Analyses de la Variance

**C°** : Celsius.

**Cd** : Cadmium.

**CE** : Conductivité électrique.

**Cl** : Chlorure.

**Cm** : Centimètre.

**Cu** : Cuivre.

**Fe** : Fer.

**Fig** : Figure.

**H<sup>+</sup>** : Ion d'hydrogène.

**H<sub>2</sub>O** : dioxyde d'hydrogène.

**Hg** : Mercure.

**Km** : Kilomètre.

**m** : Mètre.

**mg/l** : milligramme par litre.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** : Ammonium.

**Ni** : Nickel.

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrite.

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrates.

**OD** : Oxygène dessous.

**pH** : Potentiel d'Hydrogène.

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Phosphore.

**ppm** : Partie Par million

**SAA** : Spectrophotomètre d'absorption atomique.

**SEQ-EAU** : Système d'Evaluation de la Qualité de l'eaux des cours d'eaux.

**T** : température.

**Z** : Numéro atomique.

**Zn** : Zinc.

**Zn<sup>+2</sup>** : Ion divalent du Zinc.

**μS.cm<sup>-1</sup>** : micro siemens par centimètre.

# **INTRODUCTION**

## **Introduction**

L'eau est une ressource naturelle indispensable à la vie dans tout écosystème (**Tampo et al, 2015**). Le maintien de sa qualité est une préoccupation majeure pour une société qui doit subvenir à des besoins en eau de plus en plus importants. Elle joue un rôle très important dans le développement socio-économique aussi bien au niveau local, régional que national. En effet, l'eau a un rôle fondamental dans de nombreux domaines comme la potabilisation, l'agriculture, l'industrie, la production d'électricité ainsi que les usages domestiques (**Talhaoui et al, 2020**).

Aujourd'hui, les ressources en eau douce sont exposées à diverses contraintes naturelles et anthropiques tel que les pollutions d'origine multiples : urbaine et agricole, engendrant des dégâts pour l'Homme et pour la faune et la flore. L'activité anthropique reste la cause principale de la dégradation de la qualité des eaux naturelles (**Bouras, 2010**).

Cette menace a déclenché une prise de conscience dans le monde entier, et a encouragé les scientifiques de s'intéresser aux recherches sur l'état de contamination des milieux aquatiques (**Lakhili, 2015**).

Ainsi la contamination métallique des écosystèmes présente des effets néfastes qui pourraient engendrer des situations critiques voir dangereuses affectant l'équilibre écologique des écosystèmes (**Lakhili, 2015**).

Le bassin versant d'oued Nil fait partie des bassins côtiers du Nord-Est Algérien. Il est le seul bassin versant, dans la wilaya de Jijel, non influencé par les installations hydrauliques (barrage). Il est caractérisé par une superficie de 300 km<sup>2</sup> et une pluviométrie élevée de l'ordre de 1000 mm/an (**Mahdid et al, 2015**). L'Oued Nil est parmi les plus importants cours d'eau de la wilaya de Jijel avec une longueur de plus de 40 km et un bassin versant de l'ordre de 200 km<sup>2</sup>. Ce fleuve est considéré comme une source d'eau essentielle destinée principalement à l'irrigation. L'Oued Nil est caractérisé par une forte pollution surtout bien au niveau de sa partie aval en raison de l'augmentation de la population de son bassin versant. En plus, cette région compte une superficie agricole importante avec le développement de l'agriculture et l'utilisation abusives des engrais et des pesticides. Les eaux usées issues de toutes ces activités anthropiques sont rejetées dans l'Oued Nil sans aucun traitement préalable. Oued Nil est un cours intermittent et avec la diminution du débit durant la période d'été ce qui provoque une augmentation de la concentration des polluants.

L'objectif de ce travail était de caractériser la composition organique et métallique des eaux d'Oued Nil et d'estimer leur impact sur la qualité des eaux.

Notre travail est divisé en trois chapitres. Le premier chapitre est une synthèse bibliographique vise à exposer les éléments de base et quelques définitions réservées à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux et des pollutions métalliques.

Le deuxième chapitre ; Matériel et Méthodes, décrit la présentation de la zone d'étude (climat, réseau hydrographique, ...), la localisation des points de prélèvement ainsi que les méthodes et matériel utilisées au cours de ce travail. Le troisième chapitre ; Résultats et discussion dans lequel nous avons exposé les résultats obtenus sous forme de tableaux et de graphiques et de les discutés en comparant ces derniers avec les normes de qualités nationales et internationales.

Le mémoire sera clôturé par une conclusion en reprenant les principaux résultats et interprétations.

En fin nous avons essayé de proposer des perspectives futures à moyen terme qui permettront de compléter ce travail.

**CHAPITRE I :**  
**SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **I -Les cours d'eau**

### **I-1-Définition**

Un cours d'eau est défini comme toutes eaux superficielles ou souterraines, naturelles, d'eau permanente ou temporaire (Sylvain, 2003), qui démarre à une source et se dirige vers l'embouchure (Dudgeon et al, 2006), caractérisé par une alimentation suffisante, ne se limitant pas à des rejets ou à des eaux de pluies (l'existence d'une source est nécessaire) (OIEau, 2021). Cours d'eau est celui qui coule en toutes saisons, pendant les périodes de forte pluviométrie comme pendant les périodes ou de sécheresse (Michaud, 2010).

Ils constituent des milieux hétérogènes abritant une grande diversité de communauté d'être vivants (Genin et al,2003).

### **I-2-Les différents types des cours d'eau**

#### **I-2-1-Cours d'eau naturel**

**Ruisseau :** petit cours d'eau, de faible largeur et de longueur limitée, alimentée par des sources d'eau naturelles, souvent affluent d'un étang, d'un lac ou d'une rivière (Verniers, 1995).

**Rivière :** cours d'eau assez grand qui relie deux autres cours d'eau (Ramade, 1998).

**Oued :** terme d'origine arabe désignant un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi-arides, son écoulement dépend des précipitations et il peut rester à sec pendant de très longues périodes (Verniers, 1995).

**Torrent :** section d'un cours d'eau située dans la zone des sources et donc dans la partie supérieure du bassin versant, outre le courant, ils se différencient des autres biotopes dulçaquicoles par une très forte oxygénation des eaux et par la faible des températures de l'eau (Ramade, 2002).

**Bras :** structure géomorphologique résultant de la divagation des chenaux dans les fleuves au lit tressé (Ramade, 2002).

**Fleuve :** cours d'eau caractérisés par l'importance de leur débit et une faible pente, qui se jette directement dans la mer (Ramade, 1998).

**Ruisselet :** petit ruisseau au courant vif dans lequel les apports telluriques sont par essence plus importants que dans des secteurs plus aval d'un cours d'eau (Ramade, 1998).

#### **I-2-2-Cours d'eau artificiel**

**Rigole :** petits canaux d'origine naturelle ou creusés par l'homme de très faible profondeur.

**Canal :** dérivation d'un cours d'eau en général aménagé d'écluses, destiné à la navigation fluviale (Ramade, 2000).



### **I-3-Caractéristiques générales des cours d'eau**

La caractéristique la plus importante de l'écosystème fluvial est l'écoulement actuel de l'eau de la source à l'estuaire (**Malmqvist et Rundle, 2002**). Par conséquent, la rivière peut parcourir de longues distances et des paysages diversifiés, transporter diverses particules et fournir des canaux de navigation pour les organismes mobiles (**Schnaiberg et al, 1993**). L'estuaire d'un fleuve est l'endroit où il se jette dans la mer ou l'océan, et il peut avoir deux formes : estuaire ou delta. Une partie des sédiments et particules véhiculés par le fleuve sont rejetés dans la mer, et le débit du fleuve est assez rapide et la marée est très haute, ce qui formera un estuaire (**Vatan, 1967**). Le régime hydrique des fleuves dépend autant de la topographie des contrées qu'ils traversent que de leurs cours d'eau tributaires, du climat et des ouvrages anthropiques qui peuvent en modifier le débit, la vitesse et le cours (**Malmqvist et Rundle, 2002**). Ce principe est la fondation de l'approche de gestion de l'eau par bassin versant, qui souligne l'étroite interdépendance entre un fleuve et son bassin (**Tockner et Stanford, 2002**) ; par exemple, il est reconnu que les interactions entre les fleuves et leurs plaines d'inondation sont essentielles au maintien des dynamiques écosystémiques et à la conservation de leur biodiversité (**Malmqvist et Rundle, 2002**).

Les cours d'eau jouant un rôle important dans le recyclage des eaux et contribuent d'une manière certaine à l'économie rurale (Irrigation Abreuvoir des cheptels...) (**Boudjadja, 1996**).

Un cours d'eau est constitué de différents types d'habitats et de milieux, favorables à la biodiversité et offre un panel d'usages pour l'homme (loisirs ...).

Les cours d'eau jouent un rôle essentiel dans le cycle hydrologique car sont à la fois des canaux versants pour l'eau de surface des habitats pour un très grand nombre d'organismes et une source de nourriture et des corridors de migration [1].

## **II- Généralité sur les cours d'eau intermittent**

### **II-1-Définition**

Les cours d'eau intermittent sont des écosystèmes fluviaux dans lesquels l'eau cesse de couler ou s'assèche complètement à tout moment de l'année (**Bonada et al, 2020**). Ils sont façonnés en alternant périodes humides et sèches sur des cycles annuels et interannuels, en faire l'une des eaux douces les plus dynamiques écosystèmes. Sont le type d'eau douce dominante dans les régions climatiques méditerranéennes, semi-arides et arides et sont aussi

commun dans de nombreuses autres régions (Arthington et al, 2014), il représente une grande partie des rivières du monde (Arthington et al, 2014, Bonada et al, 2020).

## **II-2-Les phases d'un cours d'eau intermittent :**

Les phases d'un cours d'eau intermittent sont divisées en deux phases :

**II-2-1-phase lotique :** la plus longue, le cortège faunistique est plus important, correspond au début de la « Vie » du ruisseau. En effet, dès le mois d'octobre, la vie faunistique est caractérisée par l'apparition des premières larves dans les ruisseaux temporaires et le développement de ces populations larvaires s'effectue jusqu'au mois d'avril ; la durée du développement est donc de 7 mois (Legier et Talin, 2010).

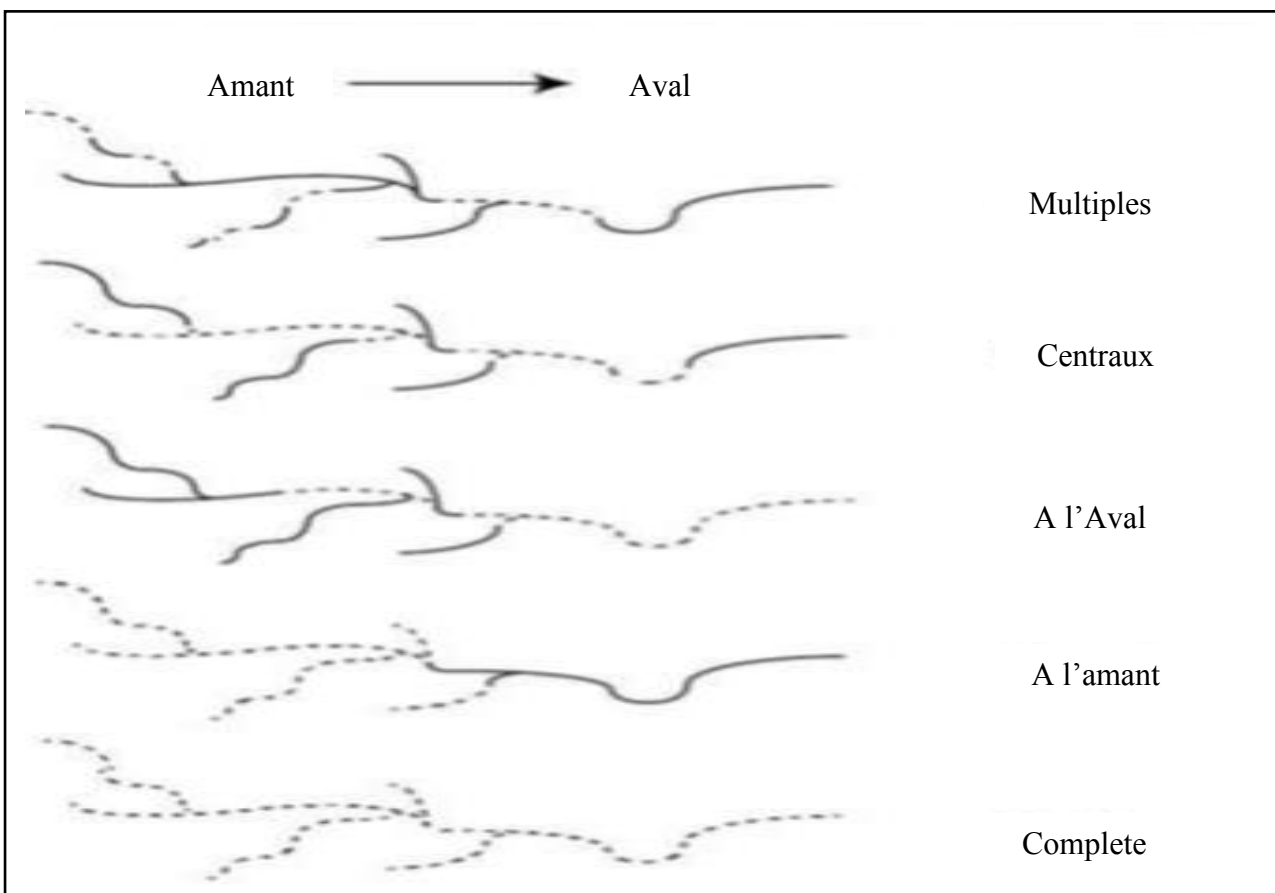
**II-2-2-phase stagnante :** correspond à la fin de la « Vie » des ruisseaux temporaires. Elle est essentiellement caractérisée par la présence de nymphes et d'insectes aquatiques adultes. La durée de cette phase n'a donc d'importance qu'au niveau des nymphes, c'est-à-dire des individus qui n'ont pu terminer leur développement larvaire pendant la phase lotique.

Ces populations nymphales doivent terminer leur évolution avant l'assèchement complet du biotope (Legier et Talin, 2010).

## **II-3-Caractéristiques d'un cours d'eau intermittent**

- ❖ La perturbation ou la perte de cours d'eau intermittents à des impacts physiques, biologiques et chimiques dramatiques, qui sont évidents depuis les hautes terres jusqu'aux zones riveraines et aux cours d'eau du bassin hydrographique.
- ❖ Les cours d'eau intermittents sont d'importantes sources de sédiments, d'eau, de nutriments, de graines et de matière organique pour systèmes en aval et fournissent un habitat à de nombreuses espèces.
- ❖ Les cours d'eau intermittents dans les régions arides et semi-arides ont des caractéristiques nettement différentes des cours d'eau pérennes qui se trouvent dans des environnements plus humides et plus humides.
- ❖ Les tronçons de cours d'eau intermittents peuvent être des tronçons d'amont ou le tronçon principal.
- ❖ Les cours d'eau intermittents ne coulent en continu qu'aux endroits où ils reçoivent de l'eau d'une source souterraine ou du ruissellement saisonnier. Néanmoins, ils remplissent les mêmes fonctions hydrologiques critiques que les cours d'eau pérennes.
- ❖ Les flux intermittents comprennent un grand concentré de la distance totale du canal de bassin versant, en combinaison, ils peuvent avoir la capacité de stocker de grandes quantités de sédiments et de particules.

- ❖ Les communautés végétaives le long des ruisseaux intermittents offrent des éléments structurels de l'habitat de la nourriture, de la couverture, de la nidification et de l'habitat du nicheur et des couloirs de mouvement / migration pour Wildlifethat ne sont pas aussi disponibles dans les hautes terres adjacentes
- ❖ Dans les ruisseaux intermittents, la structure et la composition de la végétation dépendent de la taille et des modèles de flux, bien que la majeure partie de la diversité soit constituée par des espèces herbacées (**Lainie et al, 2008**).
- ❖ Les rivières temporaires sont des liens importants entre eau stockée dans les sols, aquifères, manteau neigeux, glaciers, végétation et l'atmosphère (**Larned et al, 2010**).
- ❖ Les rivières intermittentes représentent environ la moitié du réseau mondial des cours d'eau. Certains pays présentent une plus forte proportion de ces cours d'eau, comme le Canada, l'Afrique du Sud et l'Australie. Ce dernier pays comptabilise aussi de nombreux cours d'eau dont la tendance est à l'assèchement progressif. Environ 70 % des réseaux hydrographiques est considéré comme intermittent Leurs caractéristiques physiques et de fonctionnement varient selon la localisation ou le climat. La (Fig 1) présente les différents schémas possibles.



**Figure 1** : Les différents patrons d'assèchement des rivières intermittentes (**Datry et al, 2021**).

Les causes de ces assèchements sont multiples. Une rivière peut être intermittente naturellement, Cela s'explique par exemple par la nature du sol, du climat, mais aussi par la temporalité (saisons). Les causes peuvent aussi être d'origine anthropique. C'est le cas notamment lors de prélèvements importants. De ce fait, le nombre de rivières intermittentes sur le globe a tendance à croître en réponse à ces altérations toujours plus importantes (Figure 2) (Datry et al, 2021).

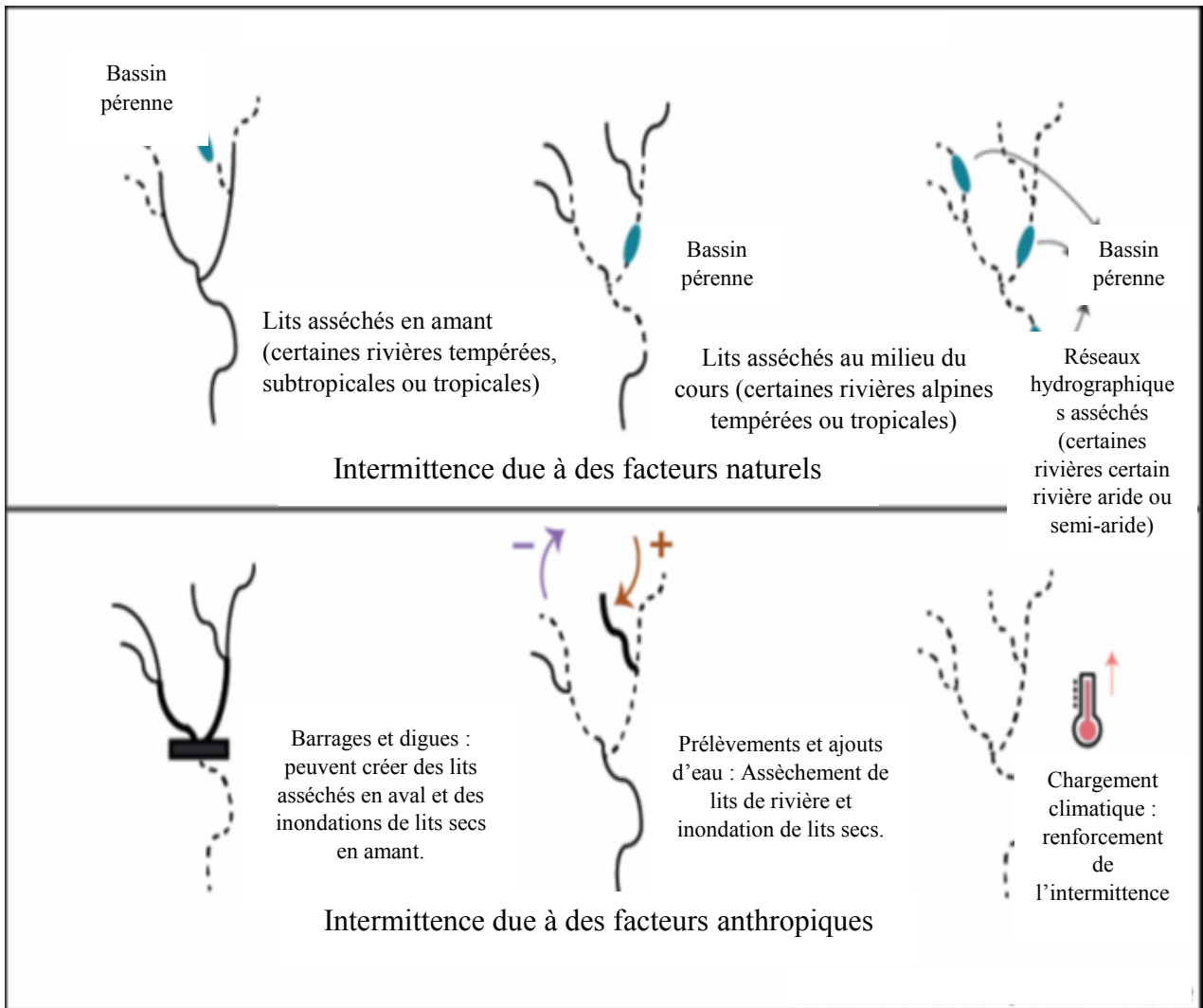


Figure 2 : Les différents facteurs de l'intermittence des Rivières (Datry et al, 2021).

### III-Evaluation de la qualité générale des eaux de surface

Depuis 1971, dans l'optique de rendre lisible les résultats de l'analyse de l'eau pour le plus grand nombre d'utilisateurs et pour permettre leur transcription cartographique simple, des classes de qualité générale ont été définies par traitement statistique et définition de seuils de nuisances (Genin et al, 2003).

- **Grille de qualité**

La transcription de la qualité des cours d'eau était alors faite à partir d'une grille de qualité proposant pour une trentaine de paramètres une répartition en cinq classes, affectées d'un code de couleur. Cette échelle globale a été très utilisée, autant dans les constats que dans les objectifs à atteindre. En effet, la définition de ces classes est la suivante :

1A : Qualité très bonne, absence de pollution, couleur bleue.

1B : Qualité bonne, pollution modérée, couleur verte.

2 : Qualité passable, pollution nette, couleur jaune.

3 : Qualité mauvaise, pollution importante, couleur orange.

4 : Qualité très mauvaise, pollution excessive, couleur rouge (tableau 1) (Genin et al, 2003).

**Tableau 1** : Grille de qualité des eaux de surface

Classe de qualité Indice	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
pH	6.5-7.5	7.5-8.5	5.5-6.5	8.5-9	5.5> ou<9
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	$\geq 750$	1300	2700	3000	7000
OD (mg/L)	< 7	7-5	5-3	3-1	> 1
$\text{NO}_3^-$ (mg/L)	2	10	25	50	75
$\text{NO}_2^-$ (mg/L)	0,03	0.1	0.5	1	
$\text{Cl}^-$ (mg/L)	200				
$\text{NH}_4^+$ (mg/L)	0,1	0.5	2	5	
$\text{PO}_4^{3-}$ (mg/L)	0,2	0.5	1	5	20
Zinc (ppm)	< 0,05	1	5	+ de 5	
Cadmium (ppm)	< 0,003	0,003	0,005	+ de 0,005	
Plomb (ppm)	< 0,01	0,01	0,05	+ de 0,05	

### III-2-Paramètres de surveillance de la qualité des cours d'eau

Les mesures et analyses physico-chimiques concernent certains paramètres qui doivent être notés directement lors du prélèvement, comme la description générale de l'eau (couleur, turbidité, matériaux), la teneur en oxygène dissous, la température, etc. Des analyses sont ensuite effectuées au laboratoire sur les échantillons prélevés, renseignant sur les taux d'éléments azotés et phosphorés (nitrates, phosphates, etc.), les matières organiques et oxydables, les matières solides en suspension, et différentes substances dissoutes apportées par les rejets polluants ou la nature géochimique des terrains du bassin-versant, sur les teneurs en phytoplancton. En microorganismes, en micropolluants minéraux ou organiques, en pesticides, etc. On signalera à ce sujet que l'évolution constante des techniques analytiques, concernant aussi bien la fiabilité des mesures, la détection de concentrations très faibles, ou autorisant la recherche de nouveaux éléments ; permettent d'intégrer un nombre croissant de paramètres (notamment les micropolluants minéraux et organiques) (**Genin et al, 2003**).

### IV-Les paramètres physico-chimiques

La qualité du milieu aquatique peut être évaluée en mesurant le niveau de contamination par les contaminants et/ou leurs produits de dégradation dans ce. Ceux-ci permettent d'en suivre la distribution spatiale et temporelle des polluants pour déterminer les endroits les plus pollués. Trois matrices environnementales sont à considérer à savoir l'eau, les sédiments et des organismes (**Dana et al, 2007 ; Jean-Claude et Amiard-Triquet, 2015**).

#### IV-1-Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une eau ( $\gamma$ ) est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique ( $\rho$ ) (**Rodier, 2009 et Belghiti et al, 2013**). L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) :  $1\text{S /m} = 10^4 \mu\text{s /cm} = 10^3 \text{S/m}$ . La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'origine d'une eau (Tableau2). La conductivité d'un liquide dépend largement de la température. Cette dernière sera relevée très exactement au cours de la mesure. En dehors de  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , effectuer une correction de la conductivité électrique mesurée à  $\theta\text{ }^\circ\text{C}$  d'après la formule :

$$C_{25\text{ }^\circ\text{C}} = C_T \times f$$

$C_T$  : Conductivité obtenue à la température lue sur le thermomètre.

$f$  : est donné par le tableau spécial.

Il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité. D'autre part la mesure de la conductivité est influencée par le pH de la solution, la valence des ions et le degré d'ionisation (**Rodier, 2009**).

**Tableau 2** : Les classes de l'eau en fonction de leur conductivité (**Savary, 2010**).

Conductivité	Minéralisation	Qualité de l'eau
$C < 100$	Très faible	Excellente
$100 < C < 200$	Faible	Excellente
$200 < C < 400$	Peu accentuée	Excellente
$400 < C < 600$	Moyenne	Bon
$600 < C < 1000$	Importante	Utilisable
$C > 1000$	Excessive	Utilisable

#### IV-2- Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ion hydrogène  $H^+$  dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu (**Alain et Roger, 2004**). Le pH des eaux naturelle généralement comprise entre 6,6 à 7,8, il varie de 7,2 à 7,6. Habituellement, les valeurs de pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelle (**Nouayti et al, 2015**). Le pH est relié à l'activité en protons par :

$pH = -\log(H^+)$  (**Ramade, 1998 ; Rodier, 2009**).

Aux concentrations usuelles dans les eaux naturelles, l'activité d'un ion hydrogène est assimilable numériquement à sa concentration dans l'eau :  $(H^+) = [H^+]$ , exprimée en mol par litre. Plus une solution est acide, plus la concentration en ion H est grande, plus le pH est base (**Ramade, 1998**).

**Tableau 3** : Classification des eaux d'après leur pH (**Savary, 2010**).

	L'alcalinisation ou l'acidité des eaux
$pH < 5$	Acidité forte, présence des minéraux ou matières organiques dans eaux naturelles.
$Ph = 7$	pH neutre.
$7 < pH$	Neutralité approchée majorité des eaux de surface.
$5.5 < pH < 8$	Majorité des eaux souterraines
$PH = 8$	Alcalinité forte, évaporation intense.

#### IV-3- L'oxygène dessous (OD)

C'est la quantité d'oxygène présente dans l'eau à l'état dissous (**Rodier, 1984 et Ramade, 2002**). Celle-ci est toujours faible de sorte que la teneur en oxygène dissous constitue dans les

écosystèmes limniques et marins un facteur limitant. La concentration de l'oxygène dissous dans une eau naturelle dépend de plusieurs facteurs écologiques abiotiques tel que la température, la pression atmosphérique et pression partielle de vapeur d'eau.

Enfin, dans un biotope aquatique donné, la solubilité potentielle de l'oxygène va être réduite par d'autres facteurs écologiques tels la salinité et la charge en matières organiques fermentescibles (**Ramade, 2002**).

#### **IV-4-Nitrate**

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

Ils sont présente en abondante dans la nature sous forme organique ou minérale.

Les nitrates sont abondamment répandus dans le sol, dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines. Sans apport artificiel, les eaux de surface ne contiennent pas plus de 10 mg/l de nitrate.

Les effluents industrielles, agricole, urbaine, les déjection humaines ou animales et les produits des activité humaines élèvent les teneurs en nitrates des eaux de surfaces et souterrains. Les doses importantes ont pour origines essentielle les engrais et les rejets d'eaux usées (**Savary, 2010**).

#### **IV-5-Nitrite**

Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac. Le taux normal en nitrites est fixé à 0,1mg/l selon l'OMS. La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant (**Savary, 2010**).

#### **IV-6-Phosphore**

Le phosphore existe sous forme minérale ou organique.  $P_2O_5$  est l'anhydride phosphorique, unité couramment utilisée pour indiquer la richesse en phosphore des engrais. Les ions phosphate ( $PO_4^{-3}$ ) contenue dans les eaux de surface ou de nappe peuvent être d'origine



naturelle. Cependant, à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets anthropiques, domestiques, agricoles, voire industriels. Ils peuvent aussi provenir des traitements des eaux contre la corrosion et l'entartrage (polyphosphates).

Les formes chimiques sous lesquelles se rencontre le phosphore dépendent de l'acidité du milieu. Dans les eaux naturelles de pH compris entre 5 et 8, seules les formes  $H_2PO_4^-$  et  $HPO_4^{2-}$  sont solubles et existent en quantité appréciables. Dans les eaux de surface, la teneur naturelle en phosphates ou orthophosphates est généralement inférieure à 0,1 mg/l quand elles sont de bonne qualité (Savary, 2010).

#### IV-7-Chlorure

Très répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl) et de calcium ( $CaCl_2$ ) les ions chlorure ( $Cl^-$ ), dont la plus grande partie se trouve dans les océans, constituent environ 0.05% de la lithosphère. De façon générale, l'ion chlorure est présent dans toutes les eaux à des concentrations variables (Savary, 2010). Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux (Makhouk et al, 2011).

La source principale de chlorure est l'apport atmosphérique. Les pluies sont en effet riches en chlorure, surtout à proximité des côtes où les teneurs dépassent 10 mg. L<sup>-1</sup> (Laurence, 2006).

#### IV-8-Ammonium

L'ion ammonium ( $NH_4^+$ ) est la forme réduite de l'azote dans les eaux naturelles (Laurence, 2006). Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (Makhouk et al, 2011).

### V-Les éléments trace métalliques (ETM)

#### V-1-Définition

Les métaux lourds sont attribués aux éléments métalliques ayant une densité supérieure à 5 g/cm<sup>3</sup> et présentent un caractère toxique à des faibles concentrations (Adriano, 2001 ; Cossio et al, 2002, Bánfalvi, 2011). Sont des polluants pour les écosystèmes aquatiques du fait de leur toxicité et leur capacité de s'accumuler dans le biota. En outre ils sont non biodégradables et leur concentration dans les environnements aquatiques s'accroît considérablement car elle résulte des activités de production et de consommation anthropiques (Coulibaly et al, 2011). Sont l'un des principaux produits chimiques qui provoquent la dégradation de la qualité de l'eau (Khannous et al, 2013). Les éléments métalliques principalement surveillés dans les cours d'eau sont l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome

(Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn) et le zinc (Zn) (**Desmet, 2016**).

Les métaux se trouvent dans le milieu aquatique sous forme dissoute, colloïdale et particulaire. la concentration des éléments traces (beaucoup plus faibles de l'ordre de microgramme par litre (**Arouya, 2011**). Les métaux lourds sont parmi les polluants les plus fréquemment identifiés dans des environnements aquatiques. D'un point de vue biologique, les métaux lourds peuvent être divisés en deux catégories : essentiels et non essentiels (**Herrero et al, 1995**).

#### **V-1-1- Métaux essentiels**

Ce sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques.

Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe), etc. (**Soulaymani-Bencheikh, 2014**).

Les métaux essentiels pour l'environnement sont : (**Roger, 2011**).

- ❖ Pour les animaux : Cr, Cu, Co, Mn, Mo, Ni, Se.
- ❖ Pour les plantes Cu, Mn, Mo, Ni.

#### **V-1-2- Métaux non essentiels (toxiques)**

Ils n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule, mais un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd). Ce sont des micropolluants de nature à entraîner des nuisances, même quand ils sont rejetés en quantités très faibles. Leur toxicité se développe par bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire (**Soulaymani-Bencheikh, 2014**).

Des éléments dits non essentiels mais bénéfiques sont ajoutés L'USEPA (2007) (Framework for metal risk assessment) qui publie ces listes (**Roger, 2011**).

- ❖ Pour les animaux : V, As
- ❖ Pour les plantes : Co, Se.

#### **V-2-La toxicité des métaux trace métallique**

La persistance et l'accumulation de métaux lourds dans l'environnement sont à l'origine de leurs effets toxiques inquiétants sur les écosystèmes et la santé de leurs populations (dont l'homme). Le mécanisme de toxicité des métaux lourds est différent de celui des autres

xénobiotiques. En effet, les métaux lourds peuvent causer des dommages considérables aux organismes en interagissant avec des sites importants dans les systèmes protéiques et enzymatiques (tels que les groupes SH). Ils peuvent également entrer en compétition avec d'autres métaux essentiels et agir comme cofacteurs pour réguler les enzymes dans de nombreuses réactions chimiques, de sorte qu'ils peuvent les empêcher de fonctionner normalement et de remplir leurs fonctions métaboliques (Abouhend et El-moselhy, 2015, Sharaf et Shehata, 2015). Il y a plusieurs façons par lesquelles ces toxines peuvent être introduit dans le corps tel que la consommation des aliments, des boissons, l'exposition cutanée et air inhalé. Les effets toxiques des métaux sur l'homme sont récapitulés dans le tableau 4.

**Tableau 4** : Effets toxiques de quelques métaux lourds sur la santé humaine (Singh et al, 2011, Dixit et al, 2015).

Métaux lourds	Effet toxique	Concentration admissible mg/l
Cd	Il provoque le cancer, les perturbateurs mutagènes et endocriniens. Également responsable de l'insuffisance rénale, maladie poumon, cancer du poumon, défaut osseux (ostéomalacie et ostéoporose), augmenter tension artérielle, lésions rénales, bronchite, maladies gastro-intestinales et maladies de la moelle osseuse.	0,006
Pb	C'est la cause de certaines maladies, par exemple, des retards mentaux chez les enfants. Encéphalopathie mortelle infantile, paralysie surdité neurosensorielle congénitale. Ça peut aussi provoquer des dommages aigus ou chroniques au système nerveux, épilepsie, effets toxiques sur le foie et lésions rénales et gastro-intestinales.	0,01
Zn	Vertiges, fatigue, les fumées de zinc ont un effet corrosif sur la peau, causer des dommages à la membrane nerveuse.	15
Cu	Dommages causés par le cerveau et les reins, des niveaux élevés entraînent une cirrhose du foie une anémie chronique, une irritation de l'estomac et de l'intestin.	0,1

Chrome	Perte des cheveux, dommages au système nerveux, fatigue, Irritabilité.	0,05
Mercure	Il peut être à l'origine des maladies auto-immunes, dépression, léthargie, fatigue, chute de cheveux, Insomnie, de perte de la mémoire, agitation, trouble vision, tremblement, sautes d'humeur, des lésions cérébrales, d'insuffisance pulmonaire et rénale et d'avortement spontané.	0,01
Manganèse	Causes d'inhalation ou de contact avec la peau, dommages au système nerveux central.	0,26

La pollution du milieu aquatique par les métaux peut avoir des effets néfastes sur les organismes aquatiques, à savoir des effets toxiques aigus ou chroniques. Cependant, la plupart des données publiées à ce jour sur les effets des métaux sur les organismes aquatiques montrent que ces effets nocifs se produisent à des concentrations plus élevées que celles couramment trouvées dans l'environnement (**Friberge, 1988**).

### V-3- Métaux étudiés

#### a-Cadmium

Le numéro atomique 48, est dans le groupe Lib du tableau périodique des éléments. Il est plus important de similitude chimique avec l'autre groupe lib éléments, zinc (Zn) et mercure (Hg), avec lequel il est généralement associé dans les réglages géologiques naturels (**Mclaughlin M, Singh R, 1999**), est un des métaux les plus toxiques. Il n'a aucun effet bénéfique connu. Ce métal est présent en concentration de plusieurs dizaines de ppm dans les phosphates et dans certains calcaires (**Olivier, 2015**). La mesure du cadmium dans les matrices simples (eau) ou complexes (solutions de sol chargées, organismes) peut s'effectuer par spectrophotométrie d'absorption atomique (four graphite, flamme) ou spectrométrie d'émission de plasma à couplage inductif (ICP-AES ou ICP-MS) (**Maertin Garine et Simon, 2004**).

#### La source majeure du Cd

Soudure, galvanoplastie, pesticide, d'engrais, Cd et Ni batteries, nucléaire Plante de fission (**Singh et al, 2011**).

#### b-Plomb

Est un métal blanc bleuté au lustre brillant, doux, très malléable, ductile et un mauvais conducteur d'électricité. Il est très résistant à la corrosion. Est un élément présent

naturellement dans l'environnement. Le plomb appartient au groupe IVB de la classification périodique. Sa configuration électronique est  $(Xe)4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$  avec deux électrons non appariés sur la dernière couche. Cette configuration électronique autorise les degrés d'oxydation (+ 2) et (+ 4), en plus de la forme métal (0). Quelques propriétés physico-chimiques de l'élément plomb sont présentées dans l'illustration (Tableau 5).

**Tableau 5** : Propriétés physico-chimiques de l'élément plomb (Khannous et al, 2013).

Numéro atomique	82
Masse atomique(g.mol <sup>-1</sup> )	207,2
Point de fusion	327 °C
Point d'ébullition	1740 °C
Densité	11,35
Configuration électronique	$(Xe)4f^{14}5d^{10}6s^26p^2$
Valences	0      +2      +4
Rayons ioniques (Å)	
Pb <sup>+2</sup>	0,94 à 1,49
Pb <sup>+4</sup>	0,78 à 0,94

Le plomb se trouve dans la nature complexée avec de la matière organique, adsorbé sur les argiles et les oxydes, et précipité sous forme de carbonates, hydroxydes et phosphates (Arias et al, 2010).

Les concentrations en plomb dans l'environnement sont les plus élevées à proximité des zones de Traffic routier important, des sites urbains et industriels ou d'activité minière, des décharges et des lieux où la pression de chasse est importante.

La contamination par le plomb est produite par l'extraction, la fusion, la combustion des combustibles fossiles et la fabrication de pesticides et d'engrais (Arias et al, 2010).

#### La source majeure :

Peinture, pesticide, fumer, automobile émission, mines, brûlure du charbon (Singh et al, 2011).

#### c-Zinc

Le zinc à un numéro atomique = 30, est un métal blanc bleuâtre, relativement mou (Adriano, 1986 et Lichtfouse, 2020), d'une densité de 7,133 g / cm<sup>3</sup>. Il appartient au groupe

lib du tableau périodique, a un poids atomique de 65,37, un point de fusion de 419,6 °C et un point d'ébullition de 907 °C (**Adriano, 1986**).

Dans les eaux naturelles, les principales formes chimiques inorganique du zinc (Zn II) sont le carbonate, le sulfate, le chlorure, le Zn<sup>+2</sup> et des hydroxydes. Leur présence dans la colonne d'eau est conditionnée par le pH, le maximum de solubilité des diverses formes du zinc étant atteint pour un pH compris entre 8 et 9 (**Ramade, 2000**).

### **La source majeure du Zn**

Selon **Ramade, (2000)** la pollution des écosystèmes aquatiques par le zinc provient de plusieurs sources : industrielles, domestique et agricole (**Singh et al, 2011**).

# CHAPITRE II

## II-1- Présentation de la zone d'étude

### II-1-1- Situation et présentation de la région de Jijel

La wilaya de Jijel est située au Nord - Est de l'Algérie (Fig 3), elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, au Sud-Est par la wilaya de Mila, au Sud - Ouest par la wilaya de Sétif. La wilaya de Skikda délimite la partie Est, tandis que celle de Bejaia borde la partie Ouest, La wilaya de Jijel s'étant sur une superficie de 2.398,69 Km<sup>2</sup> avec 11 Daïras et 28 Communes, la température annuelle moyenne allant de 11,6 à 26.5 °C et précipitations annuelles moyennes de 9,5 à 189,1mm.



Figure 3 : La situation géographique de la wilaya de Jijel (Belli et al, 2010).

### II-1-2-Climat

Le climat de la wilaya est de type méditerranéen, généralement considéré comme chaud et sec en été, avec un maximum de chaleur en Juillet et Aout ; il est pluvieux et frais à froid en hiver avec un maximum de rigueur et de pluviosité en Janvier et février.

Dans ce type de climat, trois bandes climatiques peuvent se dégager :

Une bande climatique littorale avec une grande influence maritime à hiver doux et été Modéré.

➤ Une bande climatique sublittorale avec chute de gelée blanche.



➤ Une bande climatique subtellienne avec beaucoup de chute de neige et de gelée blanche. Avec une pluviométrie de 1120,5 mm/an, la wilaya de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses en Algérie (tableau 6), elle reçoit chaque année des apports d'eaux de pluie très importants, qui ruissellent généralement vers les principaux Oueds existants dans la wilaya (tableau 7). Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent de direction Nord-nord-ouest-Sud sud-est (NNW - SSE).

**Tableau 6 :** Moyennes mensuelles des pluviométrie (2002-2019) (ANRH, 2021).

Mois	Jan	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc
<b>P (mm)</b>	66.1	97.4	188.4	184.4	171.1	151.3	114.5	77.8	43.6	13.3	0.8	20.8

**P :** moyennes mensuelles des pluviométries en mm.

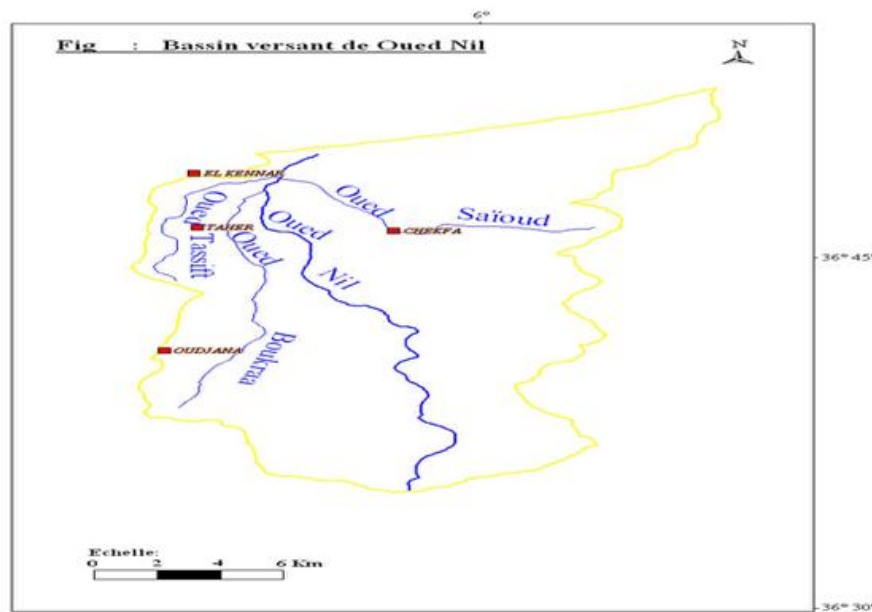
**Tableau 7 :** Les principaux Oueds de la wilaya de Jijel (la direction d'hydraulique Jijel, 2021).

Nom de l'oued	Longueur (Km)	Bassin versant (Km <sup>2</sup> )	Intermittent	Permanant
Nil	40	200	×	
Kebir	200	1880		×
Djendjen	63	528		×
Mencha	26	135		×
Zhor	-	172,8	×	
Kessir	-	868		×
Bourchaid	-	26,8	×	
Taza	-	68,4	×	
Ziama	-	49,2		×

### II-1-3-Situation et présentation d'oued Nil

L'oued Nil est l'un des cours d'eau les plus importants de la région de Jijel, il prend sa source dans les montagnes de Chahna et se jette dans la mer méditerranée au niveau d'embouchure à Azarod, après avoir traversé plus de 13 km dans une zone agricole le long de frontière entre la daïra de Taher vers l'Ouest et celle de Chakfa vers l'Est. Il est composé de trois affluents

principaux (Oued Saayoud, Oued Boukraa et Oued Tassift) (Fig 4) (ANRH, 2021).



**Fig 4 :** Bassin versant d'Oued Nil (ANRH, 2021).

#### II-1-4-Le réseau hydrographique

Le bassin versant d'oued Nil fait partie des zones Humides de la wilaya de Jijel (dans l'est algérien) et s'étend à une vingtaine de kilomètres au sud-est de la ville. Il occupe une superficie de 268 km<sup>2</sup>, subdivisée en deux sous-bassins versants de 148 km<sup>2</sup> et de 120 km<sup>2</sup>. Ce bassin est drainé par l'oued Nil et ses deux effluents, l'oued Boukraa et Sayoud.

Le lit de ce Oued a une largeur de 10 à 35 m et une profondeur de 2 à 4 m. Avec un débit annuel de 230 millions de mètres cubes à l'embouchure, l'oued Nil est un des oueds les plus importants de la région de Jijel. Ce bassin bénéficie d'un climat tempéré avec un hiver doux de forte pluviométrie, caractéristique des zones méditerranéennes (Belli et al, 2010).

#### II-1-5- Occupation du bassin versant d'oued Nil

Le bassin versant d'oued Nil sur sa longueur contient une couverture végétale dense qui s'incarne dans de vastes zones de forêts dans la partie amont du bassin, et des terres agricoles qui incluent de nombreuses cultures agricoles dans la partie aval du bassin d'oued Nil où l'activité agricole augmente avec le développement de la population dans la région.

**II-1-6-Domaine forestier**

La végétation du bassin versant d'oued Nil caractérisé par une couverture forestière abondante, constituée en majeure partie de bassin, surtout dans les montagnes on amont, et recouvre les massifs et les piémonts ; Où les oliviers, les chênes et les frênes sont condensés et donnent leur couverture épaisse. Ces forêts couvrent certaines des municipalités du bassin versant d'oued Nil, telles que les montagnes Chahna, Bordj Thar, Oudjana., et quelques montagnes dans les limites frontières en amont de bassin.

**II-1-7-Domaine agglomération**

En raison de la superficie du bassin de la vallée d'oued Nil, qui est estimée à 303,24 km<sup>2</sup>, il est considéré comme l'un des plus grands bassins hydrographiques de Jijel, centré sur une zone riche en termes d'écosystème (la faune et la flore), qui a contribué au développement des populations.

Le bassin versant d'oued Nil se caractérise par une répartition irrégulière de la population, où la majorité de la population localisés dans la plaine de bassin (la partie aval), et formant les villes comme les communes de « Taher , Chekfa , Jumar... » ; et ce qui a conduit au développement de l'activité agricole et industrielle dans la région pour faciliter les moyens de subsistance, mais elle a affecté directement ou indirectement la qualité d'eau en raison d'une augmentation des rejets en raison de l'augmentation des populations (ANRH, 2021).

**II-1-8-Domaine agricole**

L'activité agricole est concentrée à l'intérieur du bassin versant d'oued Nil dans la partie aval de celui-ci, qui appelé la plaine alluviale d'oued Nil. Elle présent des zones des basses topographies, elle couvre une superficie de 58 km<sup>2</sup>, et limité au Nord par la mer méditerranée, au Sud par les reliefs de petite Kabylie, à l'Est par les communes de Chekfa et El Kannar, et à l'Ouest par la commune de Taher. L'activité agricole de La plaine alluviale d'oued Nil se distingue par une diversité de cultures agricoles qui s'adaptent au climat dominant de la région (climat humide), où la culture prédomine elle consiste en la culture des maraichages, arboriculture, fourrage (ANRH, 2021).

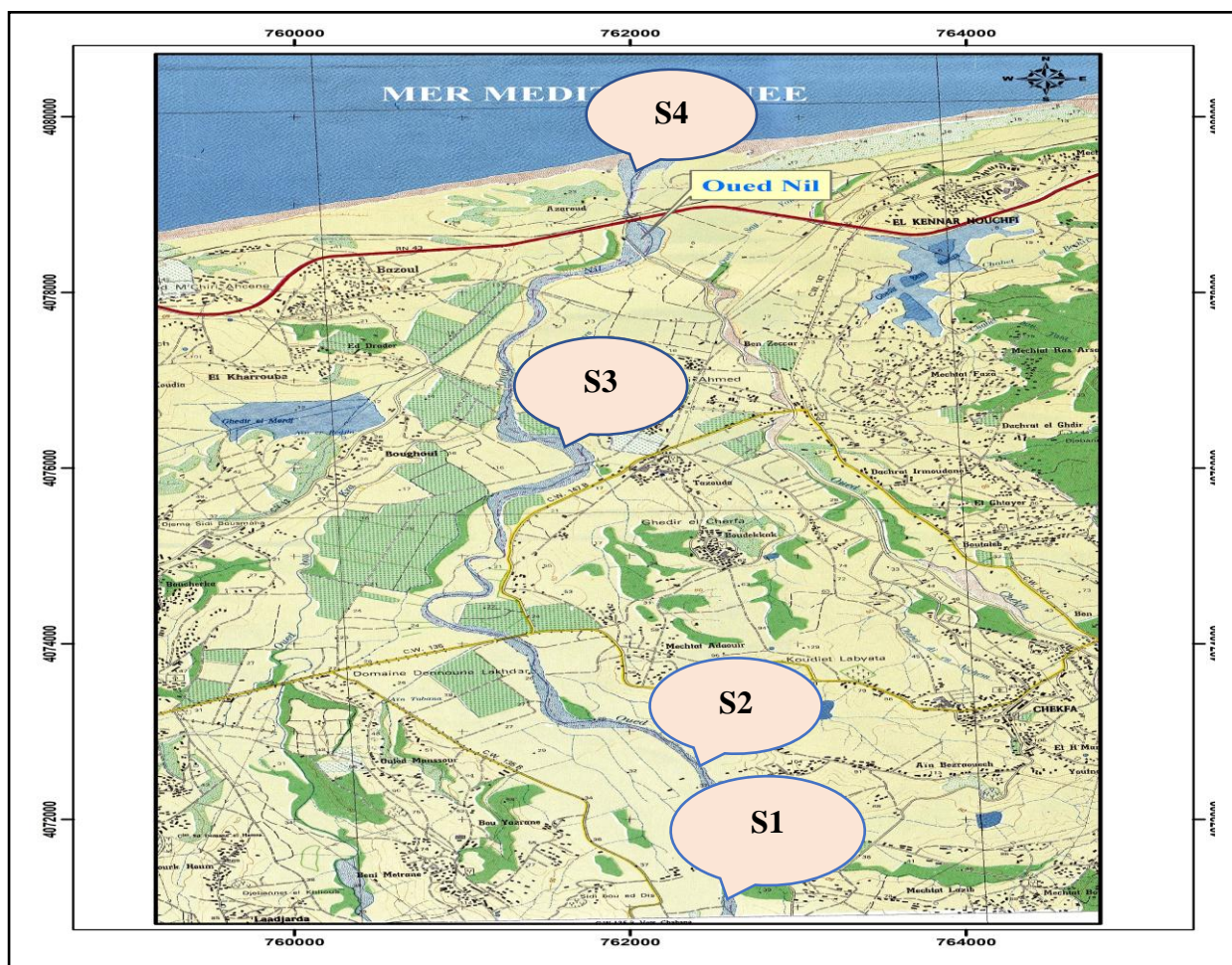
## II-2-Description de la zone d'étude

### II-2-1-Choix des stations

La station d'étude sera retenue en se basant sur des critères de représentativité des conditions que l'on veut étudier et sur des aspects pratiques tels que les facilités d'accès et d'échantillonnage. A l'intérieur d'une station de prélèvement, les sites de mesure peuvent éventuellement changer de localisation pour tenir compte de la variabilité des conditions de milieu ou du phénomène que l'on veut étudier (importance et répartition des polluants). La finalité globale de la station indique le but pour lequel elle a été choisie telle que l'impact d'un rejet identifié.

Au total quatre stations de prélèvement le long d'oued Nil ont été choisies afin d'évaluer la qualité physico-chimique (nitrate, nitrite, orthophosphates, ammonium, chlorure, OD, CE et le pH) et le degré de la contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des eaux superficielles. Les prélèvements ont été réalisés le 06 /06/2021.

Les différentes stations de prélèvement de la zone d'étude sont présentées dans la Figure 05.



**Fig 05:** La localisation géographique des stations de prélèvement sur Oued Nil

### II-2-2-Le couvert végétal

Le couvert végétal de la zone d'étude est constitué de 24 ordres, 42 familles et 134 espèces représenté par le tableau suivant :

**Tableau 08** : Couvert végétal de la zone d'étude

Ordres	Familles	Espèces
1-Lamiales	1-Lamiaceae	<u>1-Mentha Rotundifolia</u>
		<u>2-Mentha pulegium</u>
		<u>3-Mellissa officinalis</u>
		<u>4-Mentha arvensis</u>
		<u>5-Lycopus europaeus</u>
		<u>6-Stachys sp</u>
		<u>7-Calamintha sp</u>
<u>8-Lavandula stoechas</u>		
<u>9-Brumella vulgaris</u>		
<u>10Thymus glutinosus</u>		
1-Lamiales	2-Scrophulariaceae	<u>1-Verbascum thapsus</u>
		<u>2-Verbascum sinuatum</u>
		<u>3-Scrophularia tenuipes</u>
	3-Convolvulaceae	<u>1-Calystegia silvatica</u>
		<u>2-Cressa cretica</u>
	4-Plantaginaceae	<u>1-Plantago major</u>
		<u>2-Veronica anagallis-aquatica</u>
<u>3-Veronica beccabunga</u>		
<u>4-Chaenorhinum origanifolium</u>		
<u>5-Plantago media</u>		
5-Verbenaceae	<u>Verbena officinalis</u>	
	<u>Erythranthe guttata</u>	
6-Phrymaceae	<u>Erythranthe guttata</u>	
	<u>Parentucellia viscosa</u>	
7-Orobanchaceae	<u>Parentucellia viscosa</u>	
	<u>Parentucellia viscosa</u>	
2-Asterales	1-Campanulaceae	<u>Campanula muralis</u>

	2-Asteraceae	<u>1-Galactites tomentosa</u> <u>2-Achilea leguistuca</u> <u>3-Carthamus Lanatus</u> <u>4-Tolpis Barbata</u> <u>5-Conyza sumatrensis</u> <u>6-Centaurea fragilis</u> <u>7-Cladanthus arabicus</u> <u>8-Eupatorium fortunei</u> <u>9-Ditrichia viscosa</u> <u>10-Andryala arenaria</u> <u>11-Andryala integrifolia</u> <u>12-Xanthium strumarium</u> <u>13-Artemisia dracunculus</u> <u>14-Erechtites hieraciifolius</u> <u>15-Crepis capillaris</u> <u>16-Pentanema britannicum</u> <u>17-Centauea calcitrapa</u> <u>18-Andryala</u> <u>19-Inula viscosa</u> <u>20-Scollymus hispanicus</u> <u>21-Vergritte du canada</u> <u>22-Bellis annua</u> <u>23-Centauea stoebe</u> <u>24-Andryala aestivalis</u> <u>25-Glebionis segetum</u> <u>26-Symphotrichum subulatum</u> <u>27-Cichorium intybus</u> <u>28-Scollymus maculatus</u> <u>29-Centaurea diluta</u>
3-Geraniales	1- Geraniaceae	<u>1-Geranium Robertianum</u> <u>2-Erodium cicutarium</u> <u>3-Geranium pusillum</u>
4-Boraginales	1-Boraginaceae	<u>1-Echium creticum</u>

	2-Heliotropaceae	<u>2-Cerinth major</u> <u>3-Echium italicum</u> 4- <u>Pulmonaria affinis</u> 5- <u>Pulmonaria angustifolia</u> 6- <u>Pulmonaria australis</u>  <u>Héliotrope commun</u>
5-Rosales	1-Rosaceae  2-Urticaceae  3-Moraceae	<u>1-Rubus Ulmifolius</u> <u>2-Potentilla reptans</u> <u>3-Geum macrophyllum</u>  <u>Urtica dioica</u>  <u>Ficus carica</u>
6-Gentianales	1-Apocynacea  2-Rubiaceae   3-Gentianaceae	<u>Nerium Oleander</u>   <u>1-Sherardia arvensis</u> <u>2-Galium trifolium</u>   <u>1-Centaurium erythraea Rafn</u> <u>2-Centaurium pulchellum</u>
7-Caryophyllales	1-Polygonaceae    2-Caryophyllaceae	<u>1-Rumex maritimus</u> <u>2-Rumex plulcher</u> <u>3-Rumex obtusifoliu</u> <u>4-Rumex conglomeratus</u> <u>5-Persicaria lapathifolia</u> <u>6-Persicaria hydropiper</u> <u>7-Persicaria pennsylvanica</u>  <u>Polycarpon tetraphyllum</u>

	3-Amaranthaceae	<u>1-Chenopodium album</u> <u>2-Amaranthus viridis</u> <u>3-Amaranthus blitoides</u> <u>4-Chenopodium album</u> <u>5-Dysphania ambrosioides</u>
8-Fabales	Fabaceae	<u>1-Trifolium bifidum</u> <u>2-Trifolium striatum</u> <u>3-Trigonella caerulea</u> <u>4-Vicia hirsuta</u> <u>5-Securigera Varia</u> <u>6-Calycoton spinosa</u> <u>7-Cytusus triflorus</u> <u>8-Trèfle couché</u> <u>9-Trifolium campestre</u> <u>10-Ononis spinosa</u> <u>11-Trifolium hybridum</u> <u>12- Vicia sativa</u>
9-Malvales	Malvaceae	<u>Malva nicaeensis</u>
10-Poales	1-Poaceae  2-Cyperaceae	<u>1-Dactylis glomerata</u> <u>2-Polypogon monspeliensis</u> <u>3-Arundo donax</u>  <u>1-Cyperus rotundus</u> <u>2-Cyperus eragrostis</u>
11-Apiales	1-Apiaceae	<u>1-Oenanthe sarmentosa</u> <u>2-Helosciadium crassipes</u> <u>3-Heracleum sphondylium</u> <u>4-Daucus carota</u>
12-Brassicales	1-Brassicaceae	<u>1-Barbarea verna</u> <u>2-Cardamine pensylvanica</u> <u>3-Cardamine amara</u> <u>4-Brassica</u> <u>5-Cardamine flexuosa</u>



13-Fagales	1-Betulaceae	<u>1-Alnus glutinosa</u> <u>2-Quercus suber</u>
14-violales	1-Tamaricaceae	<u>Tamarix kabylica</u>
15-Dipscales	1-Adoxaceae	<u>Viburnum tinus</u>
16-Solanales	1-Solanaceae	<u>1-Solanum nigrum</u> <u>2-Solanum ptychanthum</u> <u>3-Datura stramonium</u> <u>4-Cressa truxillensis</u>
	2-Convolvulaceae	<u>Calystegia silvatica</u>
17-Commelinales	1-Commelinaceae	<u>Tradescantia fluminensis Vell</u>
18-Malpighiales	1-Euphorbiaceae	<u>Ricinus communis</u>
	2-Salicaceae	<u>Salix alba</u>
19-Asparagales	Orchidaceae	<u>Orchis purpurea</u>
20-Myrtales	1-Lythraceae	<u>1-Lythrum portula</u> <u>2-Lythrum alatum</u>
	2-Myrtaceae	<u>Myrtus commun</u>
21-Vitales	Vitaceae	<u>Vitis vinifera</u>
22-Sapindales	Anacardiaceae	<u>Pistacia lentiscus</u>
23-Alismatales	Araceae	<u>Lemna minor</u>
24-Equisetales	Equisetaceae	<u>Equisetum hiemale</u>

**II-2-1-1-Station I : Aydelen**

Située en amont d'oued Nil, sur les hauteurs des montagnes de Chahna, elle constitue la source de la rivière, elle est considérée comme une stations de référence puisqu'elle est loin de toute source de pollution. Aucun signe d'eutrophisation ni présence de lentilles se trouve au niveau de cette station, l'eau de la station est claire avec un débit important avec un couvert végétal dense constitué de 16 ordres, 27 familles et 56 espèces.

**Figure 06 :** photo de la station I.**II-2-1-2-Station II : Azarez**

Située à environ 2 km d'Aydelen sous le pont reliant la commune de Chahna et la commune d'Ouled Askeur, les eaux de la station sont moins claires que celles de la première station néanmoins sont bien oxygénées. La station est dégagée est entourée par certains vergés d'arbres fruitiers. Aux bordures d'oued un couvert végétal dense constitué de 48 espèces appartient à 22 familles et 15 ordres.

**Figure 07 :** photo de la station II.

**II-2-1-3-Station III ; SEBET**

Située à 8 km de la seconde station, caractérisée par la présence d'élevage important à proximité du cours d'eau. Aux bordures de la rivière nous avons constaté la présence de dépôts qui peuvent provoqués des pollutions par leurs lixiviats. La station est caractérisée également par un couvert végétal dense constitué de 35 espèces appartiennent à 18 familles et 17 ordres.



**Figure 08** : photo de la station III.

**II-2-1-4-Station IV ; El-Kennar**

Située dans la pleine d'oued Nil à environ 12 km de l'amant, cette station est caractérisée par la présence de lentille d'eau sur la surface d'eau et par le développement de paquets de filaments gris blanchâtres qui correspond à une prolifération de bactéries filamenteuses qui sont le signe d'une pollution organique importante en amant comme les



**Figure 09** : photo de la station IV

rejets d'abattoirs des villes de Chekfa et Taher. Nous avons constaté des dépôts d'aux bordures de la rivière. Les eaux sont chargées par des teneurs élevées en matière d'ensuspension. Un couvert végétal dense caractérise la station constituée de 31 espèces appartiennent à 16 familles et 10 ordres.

### **II-3-Prélèvement des eaux et mesure des paramètres physico-chimiques**

Pour mieux caractériser la qualité des eaux de surface, un réseau d'échantillonnage a été choisi pour permettre d'acquérir des données représentatives sur la variabilité spatiale des éléments étudiés. Ce réseau couvre la totalité d'Oued de l'amont vers l'aval.

Les prélèvements d'eau ont été effectués pendant le mois de juin 2021 en une journée pluvieuse caractérisée par des chutes de pluie abondantes. La température ambiante est de 19°C et la température de l'eau est de 16°C.

#### **II-3-1-Méthode de prélèvement et conservation des échantillons :**

Les échantillons d'eau pour l'analyse physico-chimique ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse. Les flacons sont nettoyés par l'acide nitrique 10%, Puis rincés abondamment à l'eau distillée égouttés puis fermés (**Rodier et al, 2009**).

Les analyses physico-chimiques ont concerné les paramètres suivants : pH, Conductivité électrique (CE), l'Oxygène Dissous (OD), Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), Phosphate ( $\text{PO}_4^{-2}$ ), Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), Chlorures ( $\text{Cl}^-$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Les mesures des paramètres physiques (pH, Conductivité et l'oxygène dissous) ont été réalisées in situ par des appareils portatifs (multi paramètres de terrain de type HANNA HI 8733), alors que les analyses chimiques des échantillons ont été procédées au laboratoire université de la pédagogie de la faculté.

#### **II-3-2-Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau**

##### **II-3-2-1-Analyses au laboratoire**

###### **II-3-2-1-1- Dosages des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) (méthode de réactif de Zambelli selon Rodier 1971)**

###### **Principe**

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence des ions ammonium et du phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré jaune, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

###### **II-3-2-1-2-Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) (méthode par spectromètre d'absorption moléculaire selon Rodier et al 2009).**

###### **Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrie.

### **II-3-2-1-3- Dosage des phosphates (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) (méthode par spectromètre d'absorption moléculaire selon Rodier et al 2005).**

#### **Principe**

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ions orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, après réduction par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

### **II-3-2-1-4-Dosage des chlorures (Méthode de Mohr selon Rodier et al 2009).**

#### **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.

### **II-3-2-1-5-Dosage d'ammonium (méthode par spectrométrie A l'aide de salicylate de sodium selon Rodier 2005).**

#### **Principe**

Mesurage spectrométrique du composé bleu former par réaction de L'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichoroisocyanurate de sodium.

### **II-3-3- technique de dosage des Métaux lourds**

Les échantillons d'eau sont acidifiés par l'acide nitrique jusqu'à un pH inférieur à 2, ensuite stockés dans un réfrigérateur à 4 C° jusqu'au dosage (**Rodier et al, 2005**).

La mesure de Cd, Zn et Pb en utilisant le spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme A.A-6200 (Atomic-Absorption Flamme Cuission) de marque Shimadzu5.

### **II-3-4-Les analyses statistiques**

Afin de mieux illustrer les résultats obtenus nous avons calculé les moyennes et les 'écart types. L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de la variance (ANOVA) à un facteur. Tous ces calculs ont été effectués en utilisant le logiciel R.3.4.3.

# CHAPITRE III

### III-1-Les paramètres physico-chimiques

Les résultats des paramètres physico-chimiques sont enregistrés dans le tableau (09) et représentés graphiquement sur les figures (10) à (20).

**Tableau 09 : Résultats d'analyses physicochimiques des eaux de l'Oued Nil.**

Paramètre	Station 1	Station 2	Station 3	Station 4
Ph	8.67	9.2	8.6	7.69
CE (ms/cm)	291	306	352	712
OD (mg/l)	10.63	12.5	11.4	4.74
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.006±0.003	0.005±0.002	0.006±0.003	3.31±0.056
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	2.37±0.12	1.04±0.35	0.674±0.03	14.986±1.59
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (mg/l)	0	0	0	0.0003±0.0002
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	55.025±2.510	79.875±2.510	111.825±2.510	122.825±2.510
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	0.489±0.818	0.014±0.005	0.030±0.013	0.040±0.005

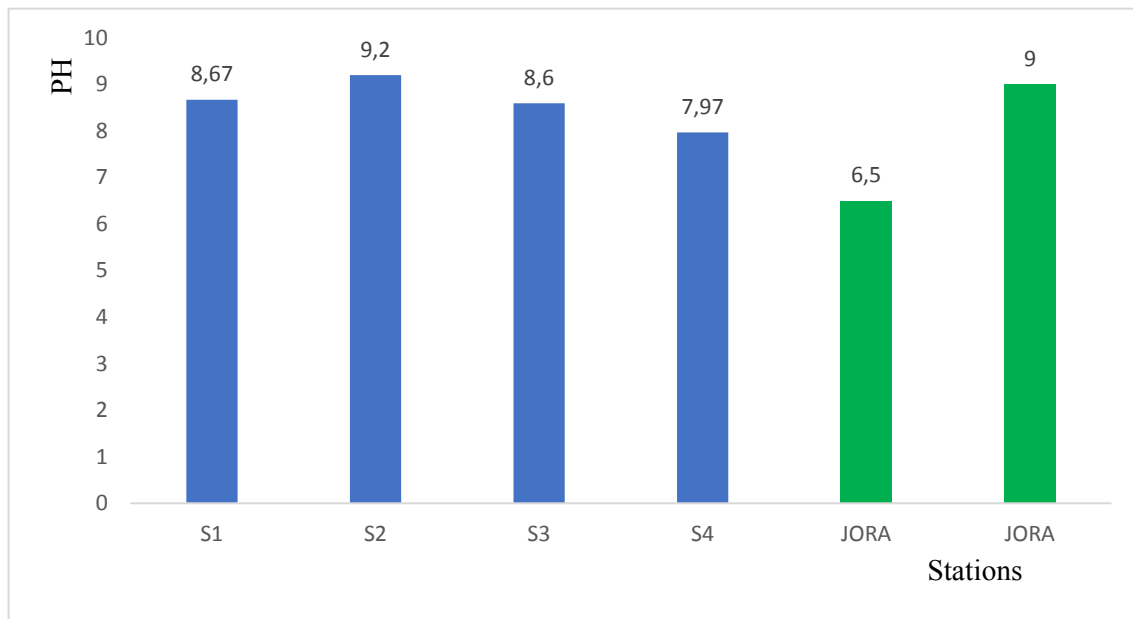
#### III-1-1-Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est une mesure de l'activité des ions hydrogènes (H<sup>+</sup>) dans une solution aqueuse exprimée en mol/L. Il exprime l'alcalinité ou l'acidité du milieu et renseigne sur le caractère agressif ou incrustant de l'eau. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés et dépend de l'équilibre calco-carbonique (**Kheliel et al 2018**). Ce paramètre peut être modifié par l'apport de substances humiques ou suite à un déséquilibre des teneurs en carbonates dues à la bio-activité ou aux sels hydrolysables (**Savary, 2003**).

Les résultats de mesures de l'ensemble des échantillons de l'oued Nil montrent que les valeurs sont comprises entre 7.97 au niveau de la station d'el-Kennar et 9.2 au niveau de la station Azarez (alcaline) (Fig 10). Ces valeurs restent inférieures aux normes Algériennes de la potabilité des eaux [6.5 et ≤ 9] (**JORA, 2011**). Une corrélation positive hautement significative entre le pH des eaux et OD (r= 0.92) a été enregistrée.

Selon les normes de classification des eaux superficielles (SEQ-EAU), la qualité des eaux des stations ; Iydeln, Sebet, et el-Kennar est très bonne et celle de la station d'Azarez est moyenne.





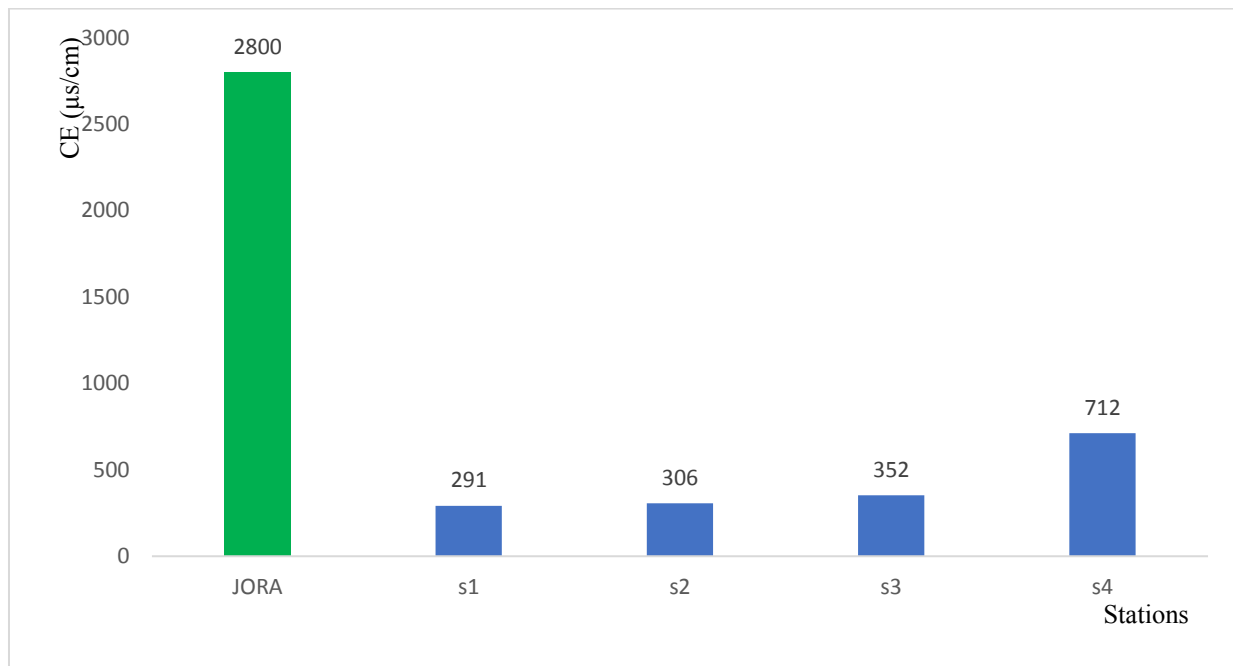
**Figure 10 :** Les variations du pH dans les eaux des 04 stations étudiées.

### III-1-2-La conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit en fonction de sa concentration et sa conductivité. La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale, et renseigne sur le taux de salinité (**Lakhili et al, 2015**). Ce paramètre dépend essentiellement de la présence des différents ions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,...) et aussi de leurs concentrations.

Les résultats de mesures de l'ensemble des échantillons de l'oued Nil montrent que les valeurs sont comprises entre 291  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au niveau de la station d'Iydeln et 712  $\mu\text{S}/\text{cm}$  au niveau de la station d'el-Kennar (Fig 11). Des corrélations positives hautement significatives entre CE et  $\text{NO}_2^-$  ( $r= 0.99$ ),  $\text{NO}_3^-$  ( $r= 0.97$ ),  $\text{Cl}^-$  ( $r= 0.72$ ),  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $r= 0.99$ ) ont été enregistrées. Ces valeurs restent inférieures aux normes Algériennes de la potabilité des eaux (2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (**JORA, 2011**), et aussi la norme Marocaine qui se fixe (2700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (**Lakhili et al, 2015**).

Nos résultats sont concordés avec ceux de **Lakhili et al (2015)**, une étude réalisée sur l'oued Beht (Maroc), (183,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$  et 565  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

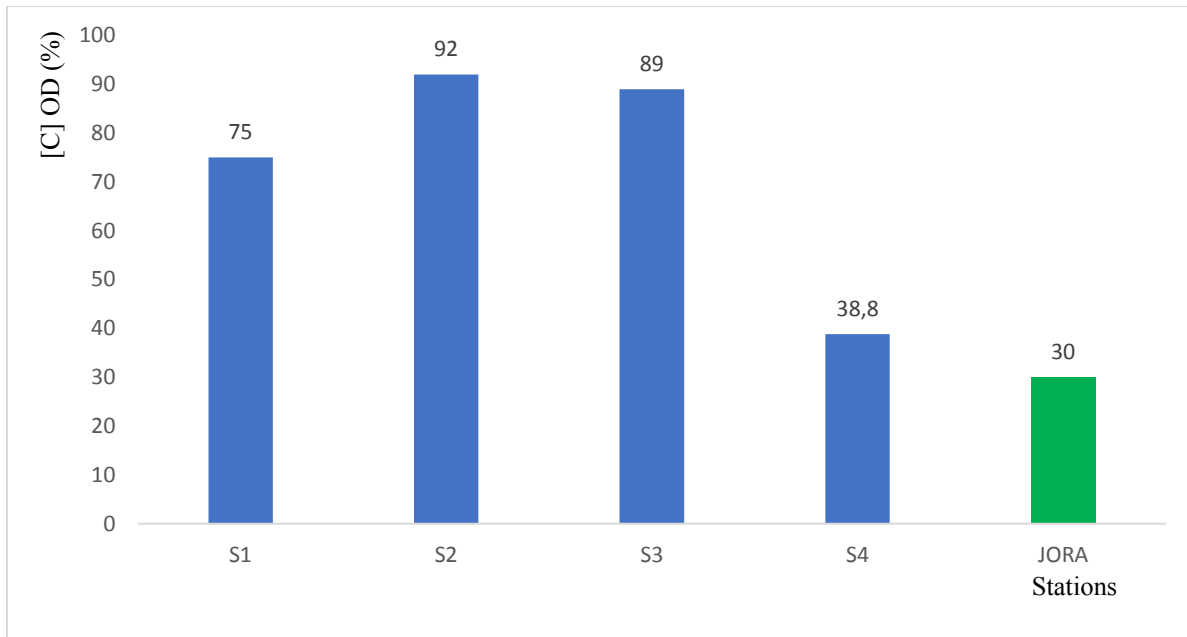


**Figure 11 :** Les variations de la conductivité dans les eaux des 04 stations étudiées.

### III-1-3-L'oxygène dissous

L'oxygène est l'un des paramètres particulièrement utiles pour l'eau et constitue un excellent indicateur de sa qualité. C'est un des paramètres les plus sensibles à la pollution. Sa valeur nous renseigne sur le degré de pollution et par conséquent sur le degré de l'autoépuration d'un cours d'eau. La teneur moyenne dans les eaux de surface non polluées est de 8 mg/l et ne dépasse pas 10 mg/l (Akatumbila, 2016).

Nos résultats montrent que les eaux des quatre stations sont bien oxygénées ce qui peut être expliqué par le contact direct avec l'atmosphère. Ceci est essentiellement dû à la diminution de la température de l'eau ; car une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude. Et aux fortes vitesses des vents qui engendrent un brassage continué de la masse d'eau et par conséquent un enrichissement de la phase dissoute en oxygène dissous pendant la journée pluvieuse lors du prélèvement. Le débit important enregistré durant la période de pluie peut aussi augmenter l'échange de l'oxygène avec l'atmosphère et faciliter ainsi la circulation de l'air et par la suite influencer la concentration en oxygène dissous (Makhokh et al, 2001).



**Figure 12 :** Les variations de l'OD dans les eaux des 04 stations étudiées.

Une corrélation positive entre OD et pH ( $r= 0.92$ ),  $\text{NH}_4^{3+}$  ( $r= 0.16$ ), Cd ( $r= 0.27$ ), Pb ( $r= 0.41$ ), Zn ( $r= 0.23$ ).

Les résultats obtenus varient entre 4.74 mg/l enregistré au niveau de la station d'el-Kennar et 12.5 mg/l enregistré au niveau de la station d'Azarez (Fig 12), preuve que l'eau d'Oued Nil est d'une excellente qualité dans son ensemble. Cependant les valeurs moyennes de ce paramètre sont dans la norme de l'eau potable en Algérie fixée à 30% (**JORA, 2011**).

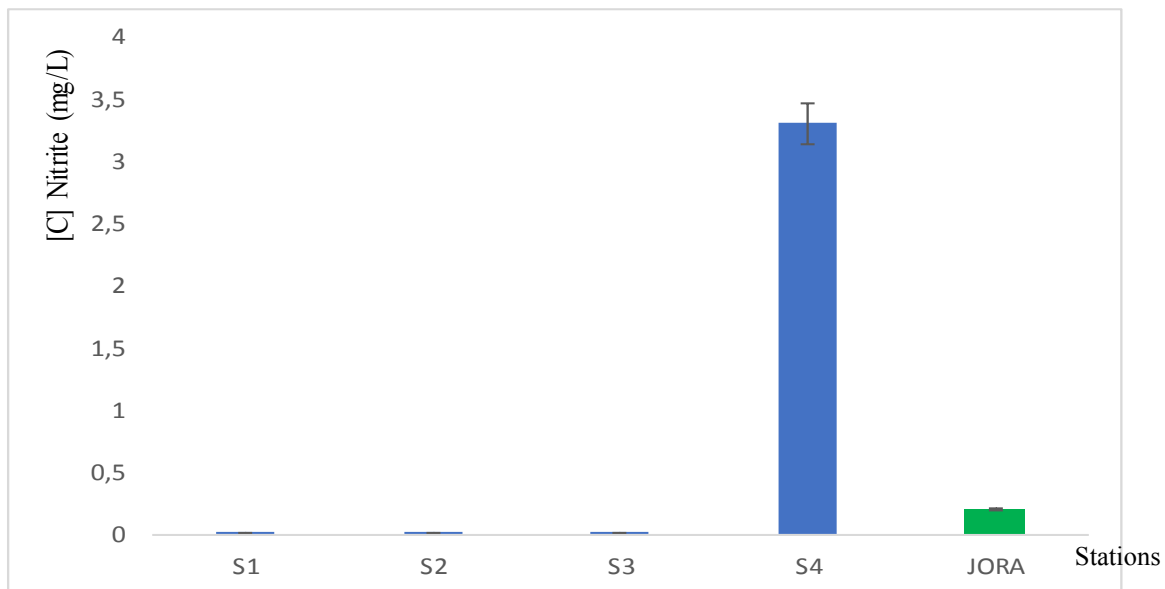
#### III-1-4- Les nitrites

Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfite-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac. La présence des nitrites en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine Ces nitrites demeurent instables et se transforment facilement en nitrates (**Belghiti et al, 2013**).

Les nitrites dans l'eau proviennent essentiellement soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant des bactéries (**Rodier et al, 2009**).

Les teneurs en nitrites (fig 13) sont semblables dans les stations d'Iydeln, Azeraz et Sbet, elles sont de 0.005 mg/l, au contraire, nous avons constaté une grande augmentation dans la station d'el Kennar, cette teneur est de 3.31 mg/l durant la période d'étude.

Des corrélations positives hautement significatives entre  $\text{NO}_2^-$  et CE ( $r= 0.99$ ),  $\text{Cl}^-$  ( $r= 0.79$ ),  $\text{NO}_3^-$  ( $r= 0.99$ ),  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $r= 0.99$ ) ont été enregistrés. Des différences très hautement significatives de la teneur des eaux en nitrites entre les stations ont été enregistrés (ANOVA,  $F = 10515$  ;  $p < 0.001$ ).



**Figure 13** : Les variations des nitrites dans les eaux des 04 stations étudiées.

Le taux normal dans les eaux potables en nitrites est fixé à 0,1mg/l selon l'OMS. La présence des nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative.

De faibles teneurs en nitrites dans les eaux des stations d'Iydeln, d'Azeraz et de Sebet, ont été enregistrés, cependant ces teneurs sont en dessous du seuil de 0,2 mg/L fixé par la norme algérienne (**JORA, 2011**). Dans la station d'el-Kennar nous avons constaté des concentrations importantes qui dépassent largement cette norme à cause des infiltrations des engrais et des pesticides utilisés en agriculture au voisinage du cours d'eau et aussi à cause des rejets urbains des agglomérations de Chahna, Chekfa, Oudjana et Taher.

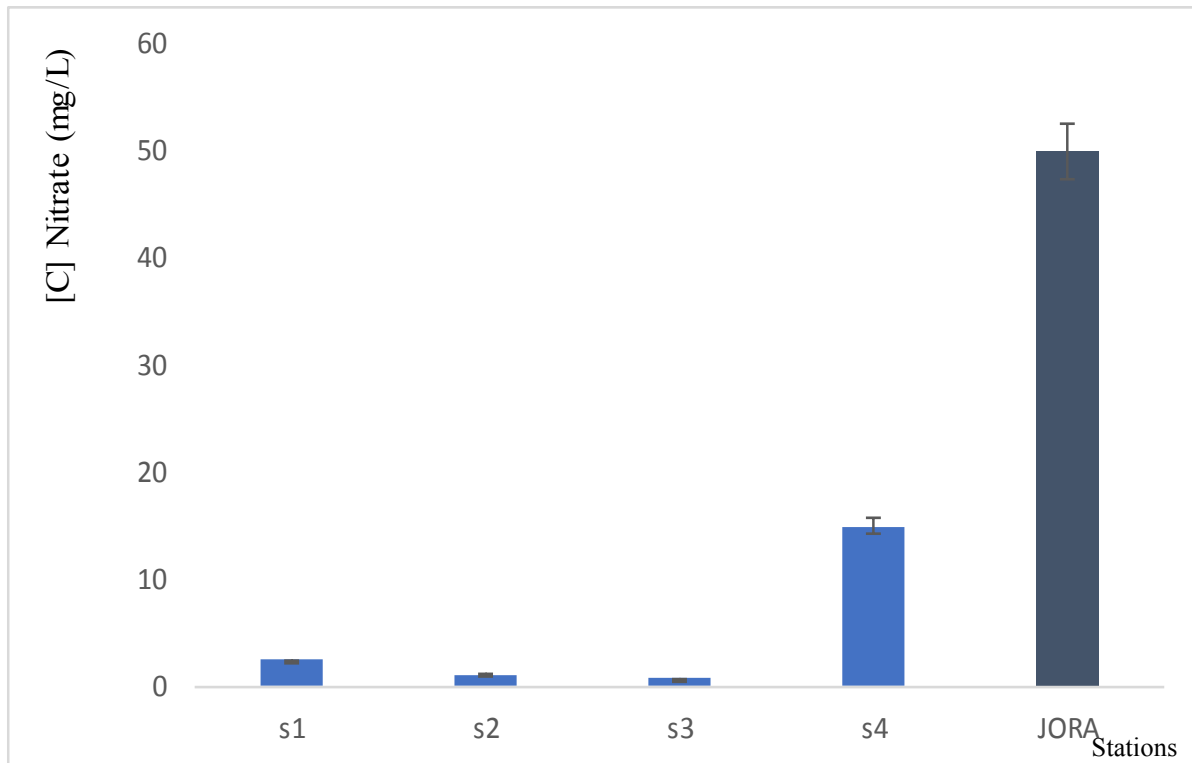
Selon les normes de classification des eaux superficielles (SEQ-EAU), les eaux des stations Iydeln, Azarez et de Sebet sont appartiennent la classe de qualité "très bonne et les eaux de la station d'el-Kennar sont appartiennent à la classe de qualité « Très mauvaise ».

### **III-1-5- Les nitrates**

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique, leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'autoépuration est déjà entamé. L'activité humaine accélère le processus d'enrichissement en cet élément sur les sols subissant l'érosion, ce qui provoque l'infiltration des eaux usées, par les rejets des industries minérales et d'engrais azotés. Les nitrates constituent, avec les phosphates, des nutriments dont l'accumulation au fond des lacs, des étangs ou des rivières, forme le dépôt organique qui conduit à la dégradation de la qualité de l'eau (**Akatumbila, 2011**). Les nitrates proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification (**Abboudi et al, 2014**).

La présence de nitrates dans l'eau est principalement attribuable aux activités humaines, l'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers, associée aux cultures et à l'élevage intensifs, favorise l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être une source de nitrates dans l'eau. Le risque de contamination est plus important si le sol recouvrant la nappe d'eau est vulnérable et si la nappe est peu profonde (**Groupe scientifique sur l'eau, 2003**).

La valeur moyenne de la teneur des nitrates la plus élevée a été enregistrée à la station d'el-Kennaar avec 14.986 mg/l et la valeur la plus faible, à la station de Sebet avec 0.674 mg/l. Les résultats obtenus représentées graphiquement par la figure 14.



**Figure 14 :** Les variations des nitrates dans les eaux des 04 stations étudiées.

Des corrélations positives et hautement significatives entre  $\text{NO}_3^-$  et CE ( $r= 0.97$ ),  $\text{NO}_2^-$  ( $r=0.99$ ),  $\text{Cl}^-$  ( $r= 0.81$ ),  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $r= 0.99$ ) ont été enregistrées. Ainsi des différences très hautement significatives entre les stations ont été enregistrées (ANOVA,  $F=209.2$ ,  $p < 0.001$ ).

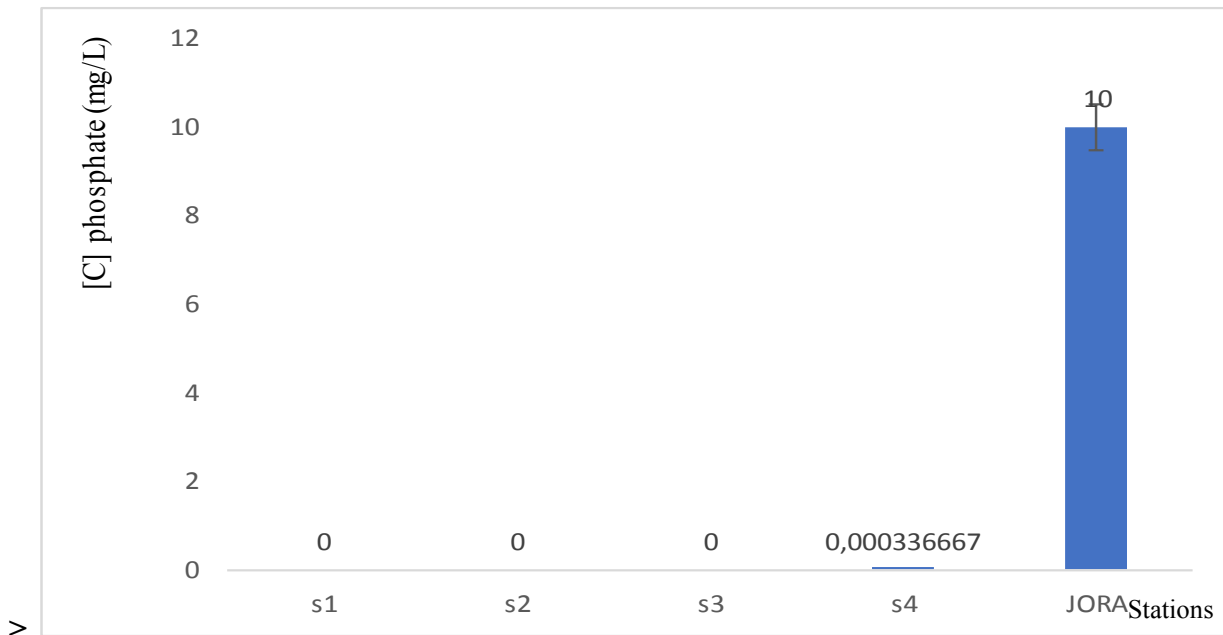
Les teneurs enregistrées au niveau des quatre stations prospectées sont faibles et inférieures au seuil de 50 mg/L fixé par la norme Algérienne (JORA, 2011) et Marocaine ; 30 mg/l (Abboudi et al, 2014). Selon les normes de classification des eaux superficielles (SEQ-EAU), la concentration en nitrates dans les eaux Oued Nil varie entre la qualité très bonne (Iydeln, Azeraz, Sbet) et la qualité moyenne (Kanar).

### III-1-6- Les phosphates

Les orthophosphates constituent la forme prédominante du phosphore disponible dans l'eau. En combinaison avec l'azote, le phosphore est utilisé dans les engrais chimiques et naturels pour enrichir les sols agricoles. Au cours des dernières décennies, une attention particulière a été apportée à cet élément afin de mieux contrôler la fertilisation agricole (Polan et al, 1990). Les phosphates peuvent avoir pour origine le lessivage des terres cultivées enrichies en

engrais phosphatés ou traitées par certains pesticides et surtout la présence de lessives dans les eaux usées domestiques et urbaines (Rodier et al, 2009).

Dans notre investigation nous avons constaté la présence de faibles concentrations des phosphates seulement dans les eaux la station d'el Kennar, cette teneur est inférieure à la valeur maximale admissible fixée à 10 mg/L par la norme Algérien (JORA, 2011).



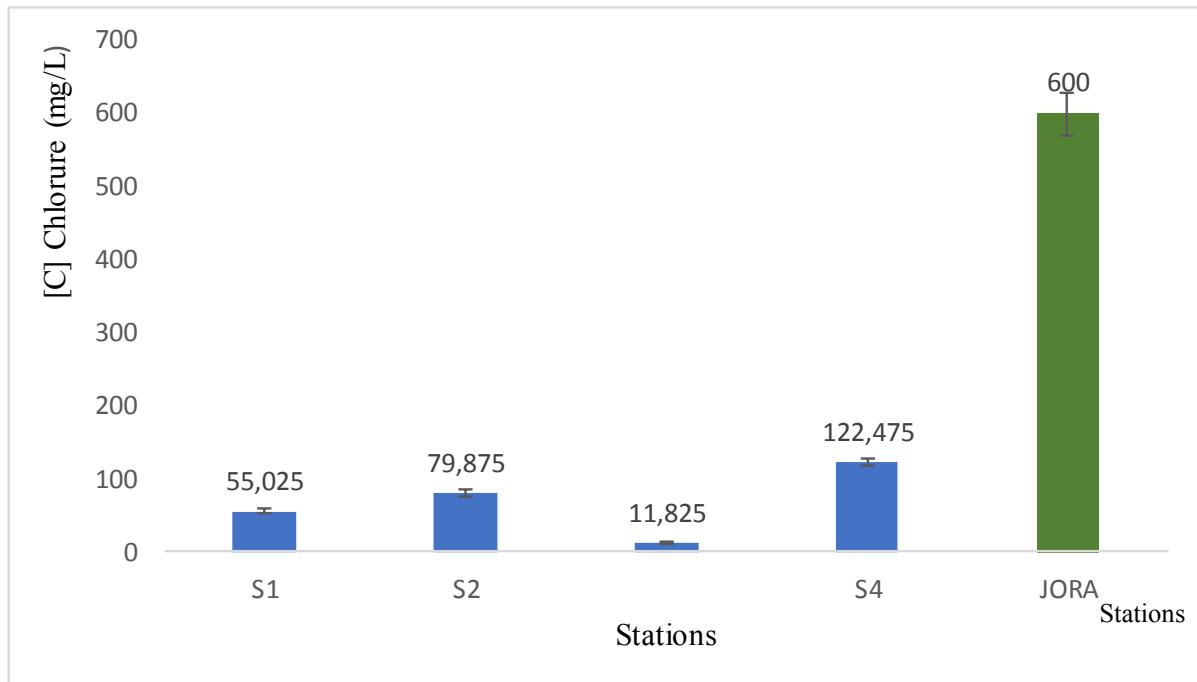
**Figure 15 :** Les variations des phosphates dans les eaux des 04 stations étudiées.

Des différences significatives entre les stations ont été enregistrées (Student,  $p = 0.0250$ ).

### III-1-7- les Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables. L'origine peut être naturelle :

- ❖ Percolation à travers des terrains salés.
- ❖ Infiltration des eaux marines dans les nappes phréatiques et profondes.
- ❖ Effet de l'activité humaine.
- ❖ Industries extractives et dérivées (soudières, salines, mines potasse, industries pétrolières...) (Nouayti et al, 2015).



**Figure 16 :** Les variations des chlorures dans les eaux des 04 stations étudiées.

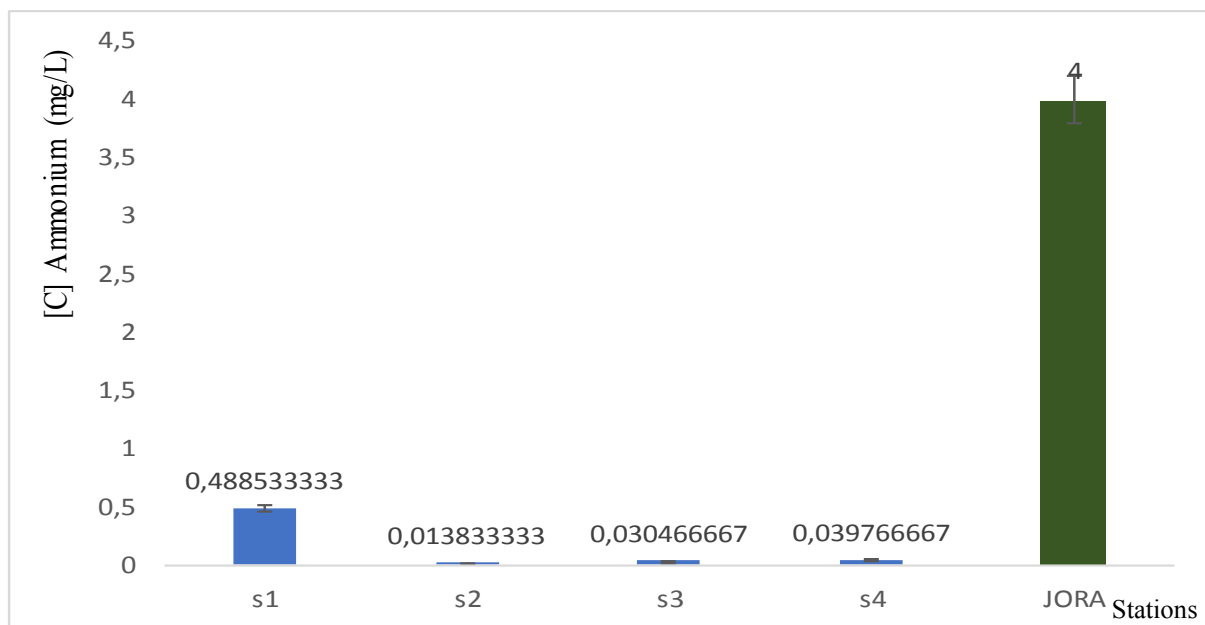
Les teneurs en chlorures des échantillons d'eau analysés (Fig 16.) affichaient des valeurs oscillantes entre 11.825 mg/L et 122.475mg/l. Néanmoins les concentrations en chlorures sont inférieures à celles recommandée par les normes Algériens pour les eaux potables et qui sont de l'ordre de 600mg/l (**JORA, 2011**). Des corrélations positives hautement significatives entre  $\text{Cl}^-$  et CE ( $r=0.72$ ),  $\text{NO}_2^-$  ( $r=0.79$ ),  $\text{NO}_3^-$  ( $r=0.81$ ),  $\text{PO}_4^{3-}$  ( $r=0.79$ ) ont été enregistrées. Des différences très hautement significatif de la teneur des eaux en chlorures entre les stations ont été enregistré (ANOVA,  $F=300$ ,  $p=0.00005 < 0.001$ ).

Selon les normes de classification de la qualité des eaux superficielles (SEQ-EAU), la concentration en chlorures dans les eaux oued Nil variant entre la qualité très bonne (Iydeln, Azeraz, Sebet) et la qualité moyenne (el-Kennar).



### III-1-8-L'ammonium

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole. Cet élément existe en faible proportion inférieure à 0,1 mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée, et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (Ghagali et Zaid, 2013).



**Figure 17 :** Les variations des ammoniums dans les eaux des 04 stations étudiées.

Les teneurs en azote ammoniacal oscillent entre une valeur minimale de 0.01mg/l, enregistrée dans la station d'Azeraz, et une valeur maximale de 0,48 mg/L, enregistrée dans la station Iydeln (Fig 17). Une corrélation positive hautement significative entre  $\text{NH}_4^+$  et la teneur des eaux en Zn (0.78) a été enregistrée. De faibles corrélations entre l'ammonium et le pH ( $r=0.03$ ), l'OD ( $r=0.16$ ), la teneur des eaux en Pb ( $r=0.13$ ) ont été également constatées. Il n'y a pas de différences significatives de la teneur des eaux en ammonium entre les stations (ANOVA,  $F=0,953$ ,  $p > 0.05$ ).

Globalement nous avons enregistré de faibles concentrations des eaux en ammonium, ces teneurs sont inférieures au seuil de 4 mg/L fixé par la norme Algérien (JORA, 2011) et les normes Marocaine (0.5mg/l) (Dimane et al, 2017).

### III-2-Les métaux lourds

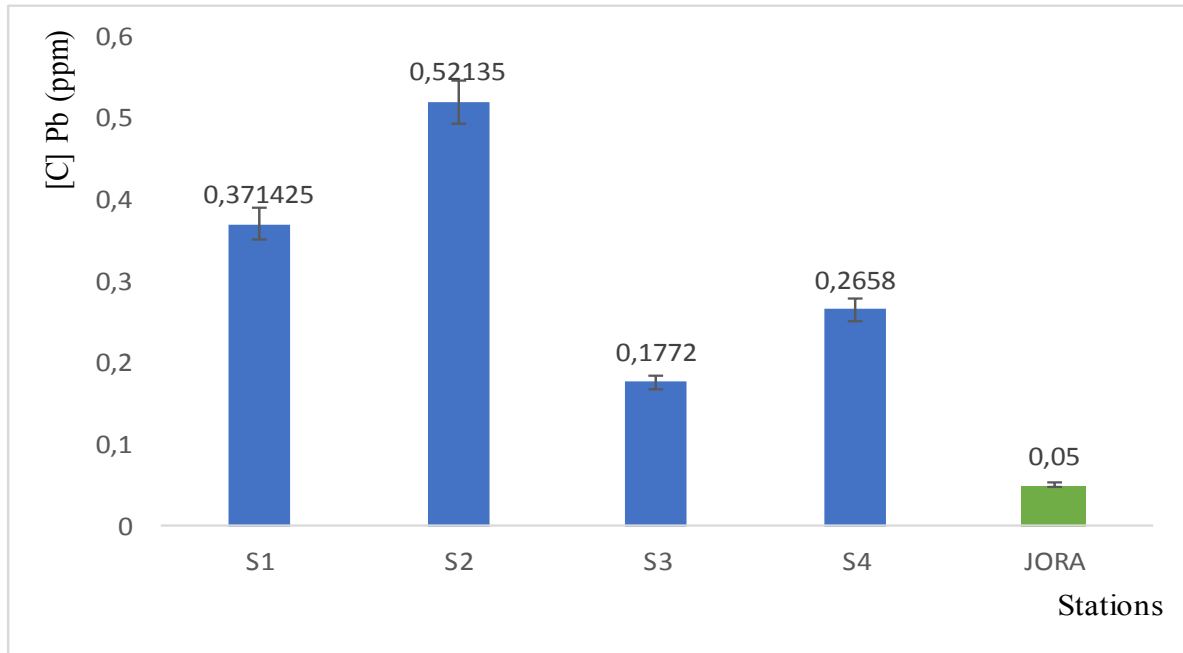
Dans notre étude, on s'est limité à la détermination de trois éléments Cd, Pb, et Zn qui sont les éléments les plus étudiés dans les eaux de surface. La présence de ces métaux même à des faibles concentrations dans les eaux de surface peut avoir des impacts écologiques et sanitaires importants (Lakhili et al, 2015). Les résultats obtenus sont comparés avec les normes Algériennes des eaux de surface destinées à la potabilisation et à la norme de classification des eaux de surface (SEQ-EAU).

**Tableau 10 :** Valeurs moyennes et écart type des métaux lourds (ppm).

Stations Paramètre	S1	S2	S3	S4
Cd	0.009±0.006	0.007±0.006	0.017±0.005	0.007±0.004
Pb	0.371±0.045	0.521±0.316	0.177±0.056	0.266±0.169
Zn	0.028±0.025	0.005±0.003	0.021±0.016	0.009±0.012

#### III-2-1-Plomb

Dans les eaux des quatre stations échantillonnées, les concentrations du Pb varient entre une valeur minimale de l'ordre de 0.177 ppm obtenue dans la station de Sebet, et une valeur maximale 0.521 ppm dans la station d'Azarez (Fig 18). Une corrélation positive entre : Pb et le pH ( $r= 0.70$ ) a été enregistrée. Ainsi que de faibles corrélations entre le Pb et OD ( $r= 0.41$ ),  $Cl^-$  ( $r= 0.33$ ),  $NH_4^+$  ( $r=0.13$ ) ont également constatées. Il n'y pas des différences entre les quatre stations (ANOVA,  $F=2.621$  ;  $P>0.05$ ).



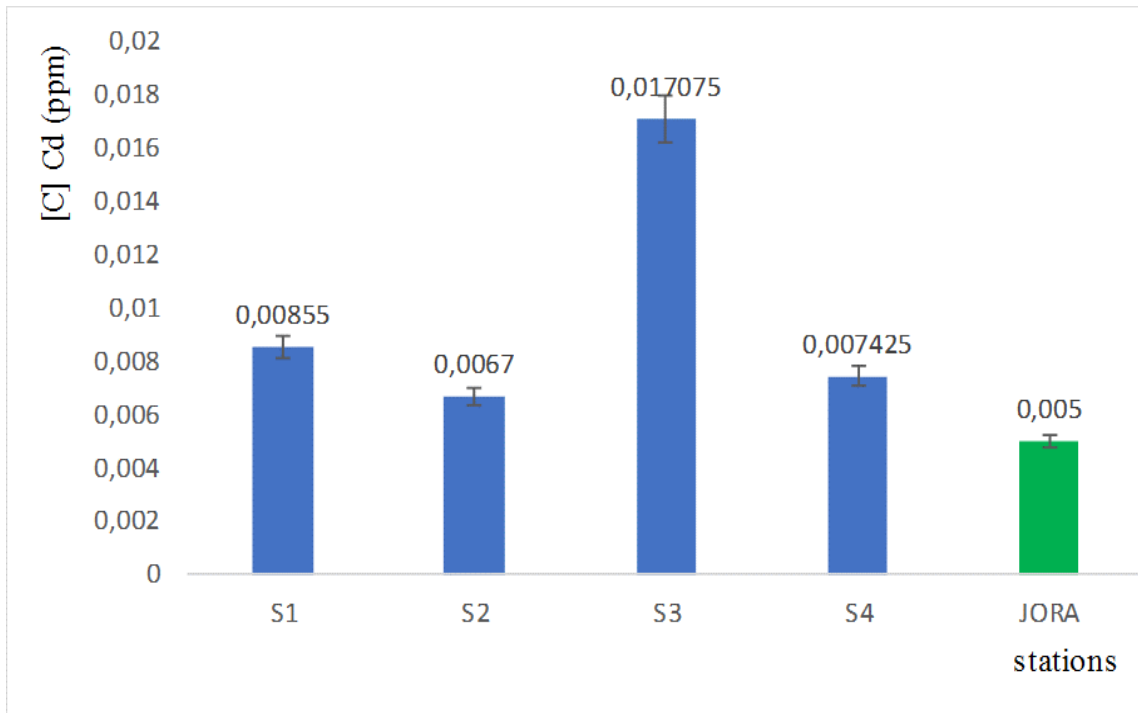
**Fig. 18 :** Variations des teneurs en Pb dans les eaux des quatre stations étudiées.

Selon la norme Algérien de la potabilité des eaux et la norme de classification des eaux de surface (SEQ-EAU), les eaux de l'Oued sont classées « très mauvaise » (**Zhaoyong et al., 2015**). Ont montré dans leurs travaux que la présence du Pb et Zn est attribuée à l'utilisation de pesticides tels que l'arsenate de zinc ( $Zn_3(AsO_4)_2$ ), l'arsenate de plomb ( $Pb_3(AsO_4)_2$ ) ainsi qu'aux apports d'engrais. Tous les rejets déversés le long de l'Oued influencent la qualité de l'eau de la zone étudiée. Les rejets des eaux usées non traitées des différentes agglomérations à savoir ceux de la commune de Chahna, Oudjana, Chekfa et Taher et de lixiviat des terres agricoles peut justifier ce résultat. En revanche, il semble en partie lié au trafic routier : le plomb utilisé dans les moteurs des véhicules est directement rejeté dans l'atmosphère et la pollution est causée par les sédiments atmosphériques directement ou indirectement après le lessivage des eaux de pluie sur la route.

### III-2--2-Cadmium

À partir des résultats obtenus par notre étude sur les eaux de surface des quatre stations d'oued Nil, nous avons enregistrées des concentrations faibles en Cd varient entre une valeur maximale de 0.017 ppm au niveau de la station de Sebet et une valeur minimale de 0.006 ppm au niveau de la station d'Azeraz (Fig 19). Il n'y pas des différences significatives de la teneur des eaux en Cd entre les différentes stations (ANOVA,  $F= 3.404$  ;  $P=0.05$ ).

La présence d'éléments traces en phase dissoute est probablement due au lessivage des sols en période humide (Bu et al., 2015).



**Fig. 19 :** Variations des teneurs des eaux en Cd dans les quatre stations étudiées.

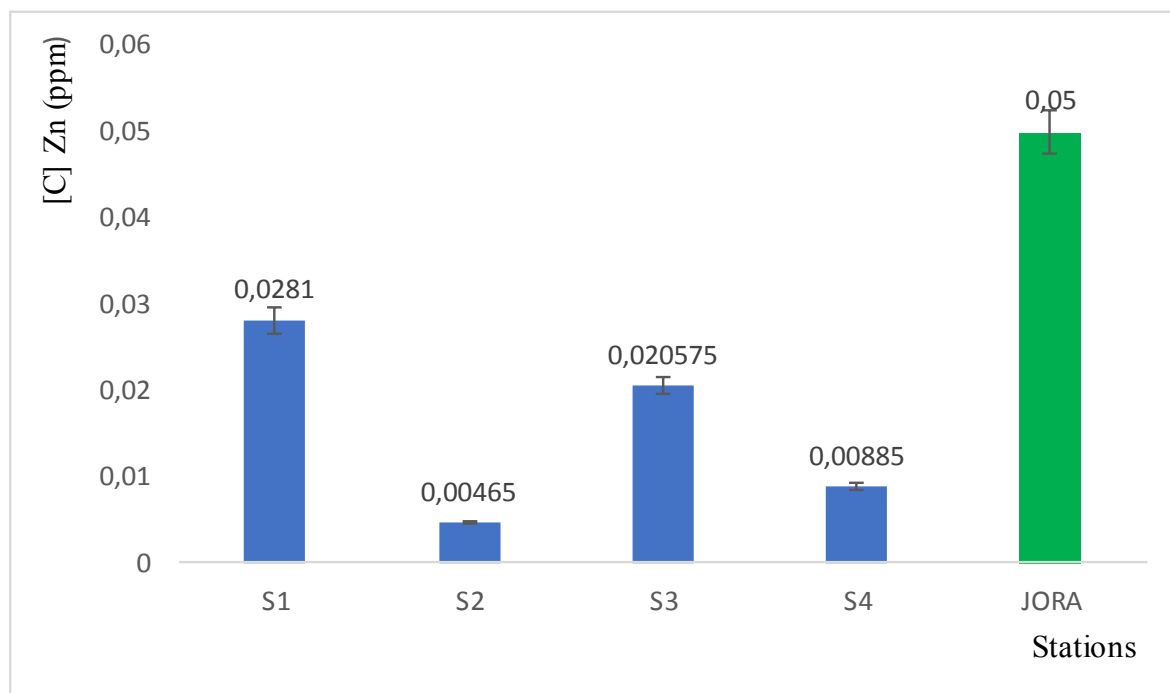
Selon la norme de classification Algérien des eaux de surface, la concentration en Cd dans les eaux d'Oued Nil des quatre stations est de qualité « très mauvaise » (supérieure à 0,005 ppm) (JORA, 2011).

Les sources possibles peuvent être attribuées aux différents rejets urbains déversés dans l'Oued d'un côté et d'autre part au lessivage des décharges et des sols fertilisés.

### III-2-3-Zinc

Sur la base des résultats obtenus de nos recherches sur les eaux de surface des quatre stations d'Oued Nile, nous n'avons enregistré que de faibles concentrations en Zn varient entre la valeur maximale de 0,028 ppm enregistrée au niveau de la station 01 et la valeur minimale de 0,004 ppm enregistrée au niveau de la station 02 (Fig 20). Une corrélation positive entre Zn et  $\text{NH}_4^+$  ( $r=0.78$ ) a été enregistrée.

Il n'y pas des différences significatives de la teneur des eaux en Zn entre les stations (ANOVA  $F=1.75$  ;  $P > 0.05$ ).



**Fig. 20 :** Variations des teneurs des eaux en Zn dans les eaux des quatre stations

Les résultats obtenus ont montré que les eaux des quatre stations d'oued Nil ne contenaient qu'une faible quantité de trace de Zn dans toutes les eaux analysées, ce qui était inférieur à la norme de classification des eaux de surface (SEQ EAU) fixée à 0,05 ppm. Donc la qualité de l'eau est très bonne.

# CONCLUSION

## **Conclusion**

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'évaluation de la qualité environnementale d'un oued intermittent ; Oued Nil. Il constitue un état des lieux de la pleine d'oued Nil, particulièrement dans sa partie aval. Le choix de notre zone d'étude a été porté ce dernier puisqu'il est parmi les plus grand fleuves de la wilaya, ses eaux sont notamment utilisées pour l'irrigation.

Oued Nil subit une forte pression anthropique dû à une croissance démographique importante, et aux activités agricoles intenses. Ces activités produisent des volumes importants d'eaux usées non traitées rejetées directement dans le milieu naturel, ce qui peut menacer les citoyens et leur environnement.

Ce mémoire s'inscrit dans la problématique de l'évaluation des risques écotoxicologiques liés aux rejets urbains et aux infiltrations des eaux contaminées par les engrais et les pesticides.

L'étude de ce milieu aquatique intègre à la fois les paramètres physico-chimiques et métalliques.

L'objectif de ce travail était d'évaluer le risque de contamination des eaux d'oued Nil par les composé azoté (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>-</sup>), phosphorés (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), les chloruré, et par les métaux lourds (Pb, Cu, Zn).

Pour cela nous avons suivi une méthodologie basée sur l'utilisation intégrée des analyses physico-chimiques. Dans laquelle nous avons effectué des mesures des paramètres physico-chimiques et des dosages des métaux lourds (Pb, Cd et Cr) dans les eaux.

À l'issue de cette étude, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Les eaux du cours d'eau d'Oued Nil, ont révélées une pollution organique principalement dans sa partie aval (station el-Kennar), cette pollution est traduite essentiellement par des teneurs importantes des nitrites. Les concentrations dépassent largement les normes Algériennes des eaux potable.

Les résultats d'analyse des métaux lourds dévoilent des concentrations en Pb et en Cd qui dépassent largement les normes Algériennes des eaux douces destinées à la consommation humaine, dans toutes les stations.

La présente étude a montré que les eaux usées non traitées combinées aux rejets agricoles provoquent la dégradation de la qualité de l'eau et des sédiments des cours d'eau d'Oued Nil. Ce qui rend les eaux des cours d'eau impropres à l'irrigation et à la production de l'eau potable surtout dans sa partie aval. Pour l'avenir, l'établissement d'un traitement des rejets urbains avant de rejoindre les cours d'eau devrait être envisagé pour améliorer la qualité de l'eau.

### **Perspectives**

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail ainsi que leurs interprétations sont souvent incomplets, prouvent les difficultés rencontrées lors de la réalisation de cette investigation. Ce qui permet d'envisager plusieurs perspectives de recherche qui peuvent être :

- Elargir la recherche aux sédiments et faire plus des prélèvements avec des répliqués pour les eaux et les sédiments afin d'obtenir des résultats représentatifs.
- Faire une étude spatio-temporelle, saisonnière au moins.
- Analyser d'autres métaux lourds dans les eaux et dans le sédiment afin d'étudier leur répartition entre les deux phases dissoute et particulaire. Ce qui nous permettrait par la suite de mieux comprendre le phénomène de transfert des métaux entre la colonne d'eau et le sédiment.
- Faire un suivi des paramètres microbiologiques serait intéressant pour confirmer l'impact des rejets urbains sur la qualité des eaux de l'Oued.
- Faire une évaluation plus poussée en étudiant d'autres polluants comme les HAP, PCB, pesticides pour compléter et mieux cerner le problème de pollution.
- Etudier l'impact de la pollution sur la santé humaine des citoyens limitrophe de la région et informer les autorités, afin de mettre en place un plan de gestion pour limiter le danger des maladies hydriques liées à la pollution.



### Les références bibliographiques :

**Abouhend A. S et El-moselhy K. M. 2015.** Spatial and Seasonal Variations of Heavy Metals in Water and Sediments at the Northern Red Sea Coast. *American Journal of Water Resources*, 3(3), p73- 85.

**Adriano D.C, 1986.** Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag, Second Edition, New-York, p 866.

**Adriano, D. C. 2001.** Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. 2nd, Springer- Verlag. New York, p833.

**Akatumbila L, Mabiala M, Lubini A, Pwema K, Musibono E, 2016.** Contribution à l'évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau : cas de la rivière urbaine GOMBE de Kinshasa/ République de démocratique du CONGO. *Larhyss Journal*, n°26, p7-29.

**Alain, A et Roger, K, 2004.** Hydrologie des écosystème marins : paramètre et analyses. 4<sup>ème</sup> édition, ISBN 1637-1844, P 340.

**ANRH, 2021.** L'Agence Nationale des Ressources Hydrologique.

**Arias J. A, Peralta-Videa J. R, Ellzey J. T, Ren M, Viveros M. N, et Gardea-Torresdey J. L. 2010.** Effects of *Glomus deserticola* inoculation on *Prosopis*: Enhancing chromium and lead uptake and translocation as confirmed by X-ray mapping, ICP-OES and TEM techniques. *Environnemental and Experimental, Botany*, 68(2), 139 -148.

**Arouya Kh, 2011.** Pollution des eaux: impact des uses sur la qualité des eaux du surface. Edition universitaires européennes is an imprint of the publishing house sudwestdeutscher verlag fur hochschulschriften gmbh & co, KG, 99 P 116.

**Arthingtona A, Bernardo M, Ilhéu, M, 2014.** Temporary Rivers: linking ecodyrology, ecological quality and reconciliation ecology. *River Research and Applications*, 30(10), 1209–1215.

**Balli N, Lahouel M, Chebab S, Tekouk M, Leghouchi E, 2010.** Stress Oxydant induit par la Co exposition au plomb et au cadmium : Deux contaminant des eaux souterraines d'oued Nil (Jijel-Algérie). *Revue des sciences de l'eau*, 23 :289-301.

**Bánfalvi G, 2011.** Heavy metals, trace elements and their cellular effects. *Cellular Effects of Heavy Metals*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0428-2-1>.

**Belghiti M.L, Chahlaoui A, Bengoumi D, El Moustaine R, 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe Plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *Lahyss journal* n° 14, pp 21-36.

**Bing H, Zhou J, Wu Y, Wang X, Sun H, Li R. 2016.** Current state, sources, and potential risk of heavy metals in sediments of Three Gorges Reservoir, China. *Environmental Pollution*, 214- 485.

**Bonada N, Arguelles C, Gallart F, Von Shiller D, Fortino P, Latron J, Llorens P, Murria C, Soraia M, Vinyoles D, Cid N, 2020.** Conservation and management of isolated pools in temporary rivers. *Revue des water*, 12, p28-70.

**Boudjadja A, 1996.** Aménagement des cours d'eau, *Algérie équipement. Revue hydraulique*, 26, p18-24.

**Bouras S, Maatoug M, Hellal B, et Ayad N, 2010.** Quantification de la pollution des sols par le plomb et le zinc émis par le trafic routier (cas de la ville de Sidi Bel Abbès, Algérie occidentale). *Les techniques de laboratoire*, v (5), n°20, p11-17.

**Bu H, Wang W, Song X, 2015.** Characteristics and source identification of dissolved trace elements in the Jinshui River of the South Qinling Mt., China. *Environ Sci Pollut Res* 22. ;14248–14257.

**Chazali D et Zaid A, 2013.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (région de Meknès-Maroc). *Lahyss journal* n° 12, p 25-36.

**Cid A, Herrero C, Torres, E, Abalde, J. 1995.** Copper toxicity on the marine microalga *Phaeodactylum tricorutum*: effects on photosynthesis and related parameters. *Aquatic Toxicology*, 31(2), 165–174.

**Comité fédéral-provincial-territorial sur l'eau potable, 2018,** Document technique pour consultation publique, *santé canada*.

**Coulibaly S, Monde S, Valérie A, Kouamé A, Monde S, 2011.** Analyse des éléments traces métalliques (ETM) dans les baies estuariennes d'Abidjan en Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 05(3) 77 – 96 ISSN 1813-548X

**Dana B, Richard Y, Wang, et Learning, 2007.** Biologic monitoring of exposure to environmental chemicals throughout the life stages: requirements and issues for consideration

for the National Children's Study. *Environmental health perspectives*, John Wiley, p345-381.

**Datry T, Beaufort A, Lamouroux N, Sauquet E, Cottet M, Robert A, Tranchère H, Graillot D, Paran F, 2021.** ZABR (Zone Atelier Bassin Du Rhone). Détermination et perception sociales des débits écologiques dans les rivières intermittentes.

**Davutluoglu O. I, Seckin G, Kalat D. G, Yilmaz T, Ersu C. B. 2010.** Speciation and implications of heavy metal content in surface sediments of Akyatan Lagoon-Turkey. *Desalination*, 260(1-3), 199-210.

**Desmet M, Grosbois C, 2016.** Contamination métallique des sédiments. *Laboratoire GéHCO*.

**Direction d'hydraulique Jijel, 2021.**

**Dixit R, Malaviya D, Pandiyan K, Singh U. B, Sahu A, Shukla R, Paul D, 2015.** Bioremediation of Heavy Metals from Soil and Aquatic Environment. *An Overview of Principles and Criteria of Fundamental Processes*, p2189-2212. <https://doi.org/10.3390/su7022189>.

**Dudgeon D, Arthington A. H, Gessner M. O, Kawabata Z.I, Knowler D. J, Lévêque C, Naiman R. J, Prieur-Richard A.H, Soto D, Stiassny R. J et Sullivan C. A, 2006.** Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol. Rev.* vol. 81, p 163-182.

**Fouad S, Hajjami K, Cohen N et Chlalida M, 2014.** Qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de l'Oued Hassar : impacts des eaux usées de la localité de Mediouna (Périurbain de Casablanca, Maroc). *Afrique Science*, 10 (1), p 91-102.

**Franck R, 2002.** Analyses des eaux : aspect réglementaire et technique, Canopé - CRDP de Bordeaux, p360.

**Friberg, L, 1988.** The GESAMP evaluation of potentially harmful substances in fish and other seafood with special reference to carcinogenic substances. *Aquatic Toxicology*, 11(3-4), p379 – 393.

**Genin B, Chauvin C, Ménard F. 2003.** Cours d'eau et indice biologique : pollution, Méthodes, IBGN. Educagri Edition, Dijon, p 221.

**Gérard Miquel M, 2001.** Les effets des métaux lourds sur environnement et la santé. Rapport d'information n° 261, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scient. Tech, déposé le 5 avril 2001.

**Groupe scientifique sur l'eau. 2003.** Nitrates / Nitrites. Coll. « Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine ». Institut national de santé publique du Québec, p 212.

**Khannous S, Bouzid S, Benomar M, Er-Raioui H, 2013.** Metallic contamination of occidental mediterranean coasts of morocco (coastal fringe \*kabila-oued laou\*), using callista chione, *journal environmental solution*.

**Lakhili F. Benabdelhadi M, Bouderkha N, 2015.** Etude de la qualité physico-chimique et de la contamination métallique des eaux d surface du bassin versant de Beht (Maroc). *European Scientific Journal*, Edition vol.11, No.11 ISSN: 1857 – 7881.

**Laurence Ch, 2006.** Guide technique qualité naturelle des eaux souterraines méthode de caractérisation des références des aquifères français. BRGM édition, France, p 238.

**Legier P et Talin G, 2010.** Comparaison des ruisseaux permanente et temporaire de la Provence calcaire. *Annls Limnol*, 9 (3), p 273 – 292.

**Lichtfouse E, 2020.** Water pollution And Remedation: Heavy Metals, Paris, p 591.

**Maertin Garine A, Simon O, 2004.** Fiche de radionucléide : cadmium 109 et environnement. Direction de l'environnement et d'intervention service des études du comportement des radionucléides dans l'écosystème.

**Malmqvist B et Rundle S, 2002.** Threats to the running waters ecosystems of the world. *Environmental Conservation*, vol. 29, n°2, p 134-153.

**Mclaughlin M, Singh, 1999.** Cadmium in Soils and plants, p271

**Mimeche L, Seghairi N, Debabeche M, Hamzaoui A, 2013.** Elimination du cuivre présent dans les eaux industrielles sur un filtre plante de tamarix. N°15, p.53-57.

**Morlot M, 1996.** Aspects analytiques du plomb dans l'environnement. 4<sup>ème</sup> édition, Lavoisier DOC paris, p482.

**Nouayti N, Khattach D, Hilali M, 2015.** Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du jurassique du haut bassin de Ziz (haut atlas central, Maroc). *J. Mater. Environ.Sci.* 6 (4), p1068-1081.

**Office international de l'eau (OiEau), 2021.** glossaire eau, milieux marins et biodiversité, glossaire d'eau et milieu aquatique.

**Olivier A, 2015.** Chimie et pollutions des eaux souterraines. Edition : Brigitte Peyrot, p430.

**Ramade F, 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience international, Paris, p786.

- Ramade F, 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions : les polluants de l'environnement à l'homme. Ediscience international, Paris.p777
- Ramade F, 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et de sciences de l'environnement. 2éd, DUNOD, Paris, p 1075.
- Remini, 2005.** La problématique de l'eau en Algérie. Ed, OPU, p162.
- Rodier, 1971.** L'analyse de l'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer. Edition Dunod, France, p 1135.
- Rodier, 1980.** L'analyse de l'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer. Edition Dunod, France, p 1824.
- Rodier J, 1984.** L'analyse de l'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer. Dunod, paris, p 1383.
- Rodier J, 2005.** L'analyse de l'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer. 8<sup>ème</sup>édition, Dunod, paris, p 1381.
- Rodier J, Legube B, Merlet N, 2009.** L'analyse de l'eau : Eaux Naturelles, Eaux Résiduaires, Eau de Mer. 9<sup>ème</sup>édition, Dunod, paris, p 1579.
- Roger P, 2011.** Les propriétés environnementales des éléments traces : Particularités et conséquences pour l'analyse de risques. P112.
- Savary P, 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau, groupe territorial - Techni. Cités, France, p283.
- Schnaiberg J, Riera J, Turner M. G et Voss P. R, 1993.** Explaining human settlement patterns in a recreational lake district: Vilas County, Wisconsin, USA. *Environmental Management*, vol. 30, n° 1, p 24-34.
- Sharaf H. M, et Shehata A. M. 2015.** Heavy metals and hydrocarbon concentrations in water, sediments and tissue of *Cyclope neritea* from two sites in Suez Canal, Egypt and histopathological effects. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(1),14.
- Singh R, Gautam N, Mishra, A, et Gupta R., 2011.** Heavy metals and living systems: An Overview. *Indian journal of pharmacology*, 43(3), 246.
- Soulaymani-Bencheikh R, 2014.** Les intoxications par les métaux lourds. In : Centre Anti Poison du Maroc Ministère de la santé, N°21. P 15.
- Suthar S, Nema A. K, Chabukdhara M, Gupta S. K. 2009.** Assessment of metals in water and sediments of Hindon River, India: Impact of industrial and urban discharges. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1), 1088-1095.

**Sylvain B, Monique D, Emmanuel G, Richard L, pierre G, 2003.** Les eaux courantes : géographie et environnement. Edition belin, paris, p240.

**Talhaoui A, El Hmaidi A, Jaddi H, Ousmana H, 2020.** Calcul de l'indice de qualité de l'eau (IQE) pour l'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya. *European Scientific Journal January*, Vol 16, No.2.

**Tampo L, Gnazou M, Akpataku V, Bawa L et Djaneyé-Boundjou, G, 2015.** Application des méthodes statistiques à l'étude Hydrochimique des eaux d'un hydrosystème tropical : Cas du bassin Versant de la rivière Zio (Togo). *European Scientific Journal*, 11(14), p 204 -225.

**Vatan A, 1967.** Manuel de sédimentologie. Edition Technip Paris, 224 p.

**Verniers G, 1995.** Aménagement écologique des berges des cours d'eau -techniques de stabilisation. Presses universitaires de Namur, Belgique.

**Waalkes M, Michael P, 2000.** Cadmium carcinogenesis in review, *journal of inorganic biochemistry*, 79(1-4), 241-244.

**Zhaoyong Z, Abuduwaili J, Jiang F. 2015.** Heavy metal contamination, sources, and pollution assessment of surface water in the Tianshan Mountains of China. *Environ Monit Assess.* 187: 33.

(1)<https://www.g3e-ewag.ca/ressources-interactives/capsules/cours-eau/rôles-importance.html> Sites internet, h 12: 33, date 23-05-2021.

# ANNEX

## Annexe I : Les protocoles de travail

### 1- Dosages des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) (méthode de réactif de Zambelli)

#### Principe

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique, en présence des ions ammonium et du phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré jaune, dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

#### Réactifs

Ammoniaque pure  $d= 0.925$

Réactif de Zambelli : (qsp :100ml)

Acide chlorhydrique .....	26 ml.
Acide sulfanilique .....	0.5 g.
Phénol cristallisé .....	0.75 g.
Chlorure d'ammonium .....	13.5 g.
Eau distillée .....	62.5 ml.

Nitrite de sodium

#### Mode opératoire

##### Préparation de réactif de ZAMBELLI

Introduire dans une fiole jaugée de 100 ml, l'acide chlorhydrique et l'eau distillée. Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie. Après dissolution complète jouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie. Après dissolution complète ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution.

Après refroidissement ajuster s'il y a lieu le volume de la solution à 100 ml avec l'eau distillée.

##### Préparation de la Solution mère étalon de $\text{NO}_2^-$ à 0,23 g/l :

Nitrite de sodium.....	0.0345g.
Eau distillée .....	100 ml.

##### Préparation de la Solution fille étalon d'ion $\text{NO}_2^-$ à 0,0023 g/l :

Amener 1ml de la solution mère à 100ml avec de l'eau distillée.

#### Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml introduire successivement en agitant après

Chaque addition :



Nombre des fioles Solution	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0.0023 g/l (ml).	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	50	45	45	40	35	30
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/L d'azote nitreux	0	0.046	0.23	0.64	0.69	0.92

Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

### Dosage de l'échantillon

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

### Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en  $\text{NO}_2^-$ , exprimée en mg/l d'eau.

## 2-Dosage des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

### Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro-salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrie.

### Réactifs

- ❖ Solution de salicylate de sodium à 1% (cette solution est renouvelable toutes les 24 heures).

Acide sulfurique concentré (d=1.84).

Acide acétique.

❖ Solution d'hydroxyde de sodium

Hydroxyde de sodium .....	20g.
Sel disodique de l'EDTA .....	5g.
Eau distillée .....	100ml.

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 80 ml d'eau distillée, ajouter le sel disodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 100 ml.

❖ Solution d'azoture de sodium

Azoture de potassium .....	50ml.
Eau distillée .....	100ml.

❖ Solution mère étalon d'azote nitrique à 100ml/l.

Nitrate de potassium anhydre .....	72.2mg.
Eau distillée .....	100ml.

❖ Solution fille étalon d'azote nitrique à 50mg/l

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

**Etablissement de la courbe d'étalonnage** Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement :

Numéro de capsules / Solution	T	1	2	3	3
Solution étalon d'azote nitrique à 0,005 g/l	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
Solution d'azoture de sodium (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Acide acétique (ml)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75- 80 C (ne pas surchauffer ni chauffer longtemps). Ajouter 1 ml de la solution de salicylate de sodium, mélangé puis évaporer, laisser refroidir. Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré en ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau permutée puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur

jaune. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée par le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

#### Essai

Introduire 10 ml d'eau dans un bécher de 50 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

#### Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligramme par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO<sub>3</sub>), multiplier ce résultat par 4.43.

### 3- Dosage des phosphates (PO<sub>4</sub>-)

#### Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ions orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, après réduction par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

#### Réactifs

- ❖ Solution d'acide sulfurique (d=1.84) à 15% environ en volume.
- ❖ Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/L filtrer si nécessaire. A conserver en flacon de polyéthylène à 4°C.
- ❖ Solution d'acide ascorbique à 20g/L :
 

Acide ascorbique .....	2 g.
Eau permutée.....	100ml.
- ❖ Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8g/L :
 

Tartrate double d'antimoine et de potassium .....	0.28g.
Eau permutée.....	100 ml.

#### Réactif combiné :

- ✓ Solution d'acide sulfurique ..... 50ml.
- ✓ Solution de tartrate a double d'antimoine et de potassium ..... 5ml.
- ✓ Solution de molybdate d'ammonium ..... 15 ml.
- ✓ Eau distillée ..... 100 ml.
- ❖ Solution mère étalon du phosphore à 50 ml

Dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve 100°C..... 219.7mg.  
 Eau permutée..... 100 ml.  
 Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

❖ Solution fille étalon du phosphore à 1 mg/L :

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.

#### **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Numéro des capsules Solution	T	1	2	3	4	5
Solution étalon de (P) à 1 mg/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée en (ml)	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg de phosphore	0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.020

Introduire dans chaque fiole 1ml de solution d'acide ascorbique, agiter puis ajouter 4 ml de réactif. Mélanger soigneusement, et compléter éventuellement le volume à 25 ml. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

#### **Dosage de l'échantillon**

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire.

Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouter 1 ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

#### **Expression des résultats :**

La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en mg pour la prise d'essai.

## 4-Dosage des chlorures : Méthode de Mohr

### 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.

### Réactifs

- ❖ Acide nitrique pur.
- ❖ Carbonate de calcium pur.
- ❖ Solution de chromate de potassium ( $K_2CrO_4$ ) à 10 %.
- ❖ Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

### Mode opératoire

Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire).

Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.

Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit  $V$  le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

### Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 100 mL :

$V \times 10 \times 3,55$  donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de  $Cl^-$  par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$  donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

## Dosage d'ammonium

### 1-Objet

Ce protocole spécifie une méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire pour le dosage d'ammonium dans les eaux potables, eaux brutes, et eaux résiduaires.

### 2- domaine d'application

Cette méthode est applicable à toutes les eaux sauf les eaux de mer. Les teneurs en ammonium peuvent être déterminées sans dilution pour des échantillons dont les concentrations se situent entre 0,02 et 1 mg/l d'ammonium ( $NH_4^+$ ).

### **3-Principe**

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. Les ions hypochlorite sont générés in situ par hydrolyse alcaline du sel de sodium du dichloroisocyanurate de sodium.

### **4. Echantillonnage**

Prélever les échantillons dans des flacons en verre ou en polyéthylène, conserver entre 1 et 5 °C et analyser dans les 24 h

### **5- Méthode de travail**

#### **5.1. Réactifs et matériels**

##### **a- Réactif coloré**

Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique di hydrate dans l'eau contenue dans une fiole de 1000ml, ajouter 0,97 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000ml avec de l'eau distillée, Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

b-Solution de Dichloroisocyanurate de sodium Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans 500ml d'eau et laisser refroidir à température ambiante, ajouter 2 g de Dichloroisocyanurate di-hydraté, compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

Cette solution est conservée dans un flacon en verre brun et est stable au moins deux semaines.

c-Solution mère étalon d'ammonium 100 mg/l Dissoudre 0,297g de chlorure d'ammonium (séché à 105°C pendant au moins 2h) dans 1000 ml d'eau distillée. Cette solution est conservée dans un flacon en verre et est stable au moins un mois.

d) Solution fille étalon d'ammonium 1 mg/l Prélever à l'aide une pipette 1ml de la solution étalon d'ammonium de 100mg/l. Verser dans une fiole de 100 ml et compléter au volume avec de l'eau distillée. Préparer cette solution le jour de l'emploi. La durée de conservation ne dépasse pas 24h.

##### **d-Solution de lavage**

Dissoudre 100 g d'hydroxyde de potassium dans 100 ml d'eau distillé.

Refroidir la solution et ajouter 900 ml d'éthanol-95%. Conserver dans un récipient en polyéthylène.

### ❖ Matériels

Matériel courant de laboratoire : verrerie ( fioles et pipettes).

Spectrophotomètre UV/VIS.

Partie expérimentale

### Nettoyage de la verrerie

Toute la verrerie doit-être soigneusement lavée par emploi de solution de lavage (e) puis rincée abondamment avec de l'eau distillée.

### Calibration

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire à l'aide d'une pipette, les volumes de la solution étalon fille d'ammonium 1 mg/l, indiqués dans le tableau ci-dessous, ajouter de l'eau distillée ay contenu de chaque fiole,

Prélever de chacune des solutions, ajouter ensuite 4 ml du réactif coloré et 4 ml de Dichloroisocyanurate de sodium et homogénéiser. A près au moins 60 mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655nm.

Solution fille 1 mg/L	0	1	2	3	4	5	25	50
Eau distillée (ml)	50	49	48	47	46	45	25	0
Réactif coloré (ml)	4	4	4	4	4	4	4	4
Réactif de Dichloroisocyanurate(ml)	4	4	4	4	4	4	4	4
Attendre au moins 60 mn								
[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ] en mg/l	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.1	0.5	1

### Essais

Prélever 40 ml d'échantillon à analyser, ajouter dans l'ordre :

4 ml du colorée homogénéisé.

4 ml du réactif de Dichloroisocyanurate de sodium, et homogénéiser.

Après au moins 60mn, attendre le développement de la couleur. Effectuer les mesures spectrophotométriques à la longueur d'onde de 655 nm comme nous avons procédé pour la gamme d'étalonnage.



## Annexe II : Courbes d'étalonnage

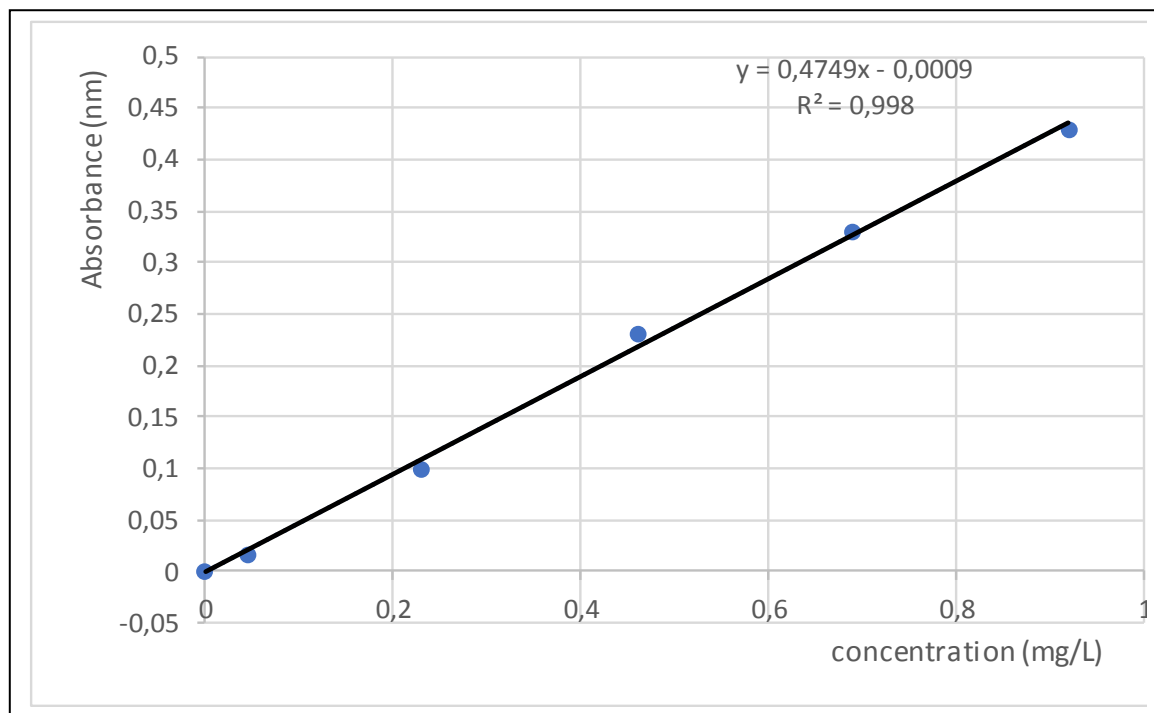


Fig :1 Courbe d'étalonnage des nitrites

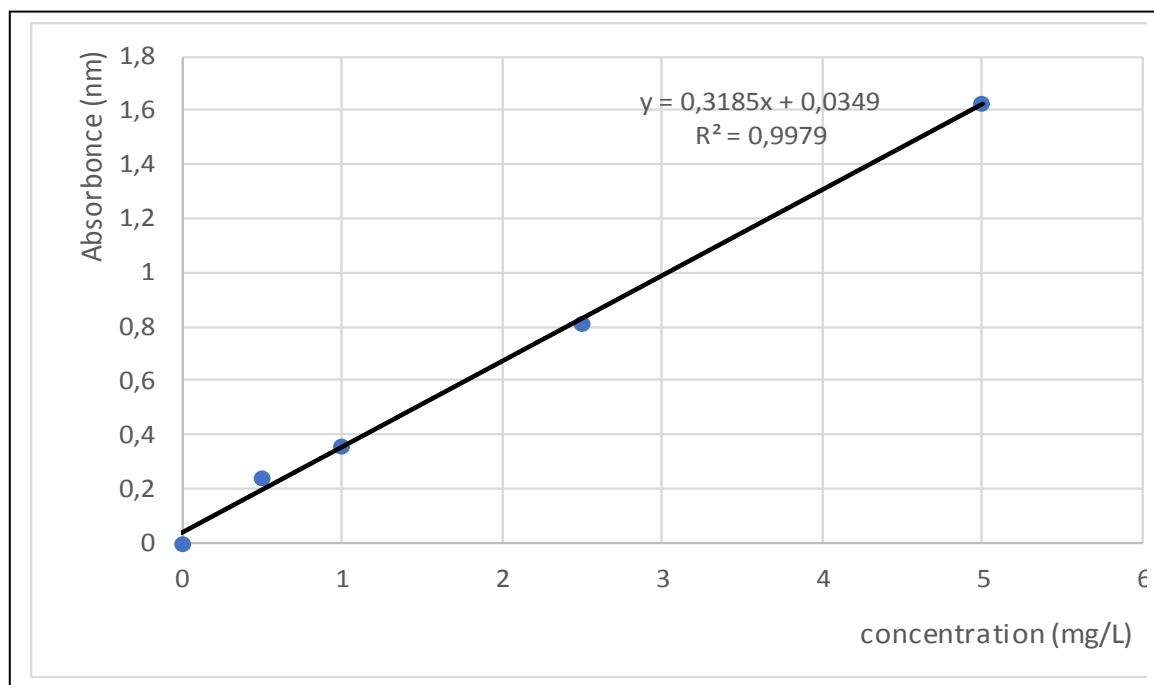
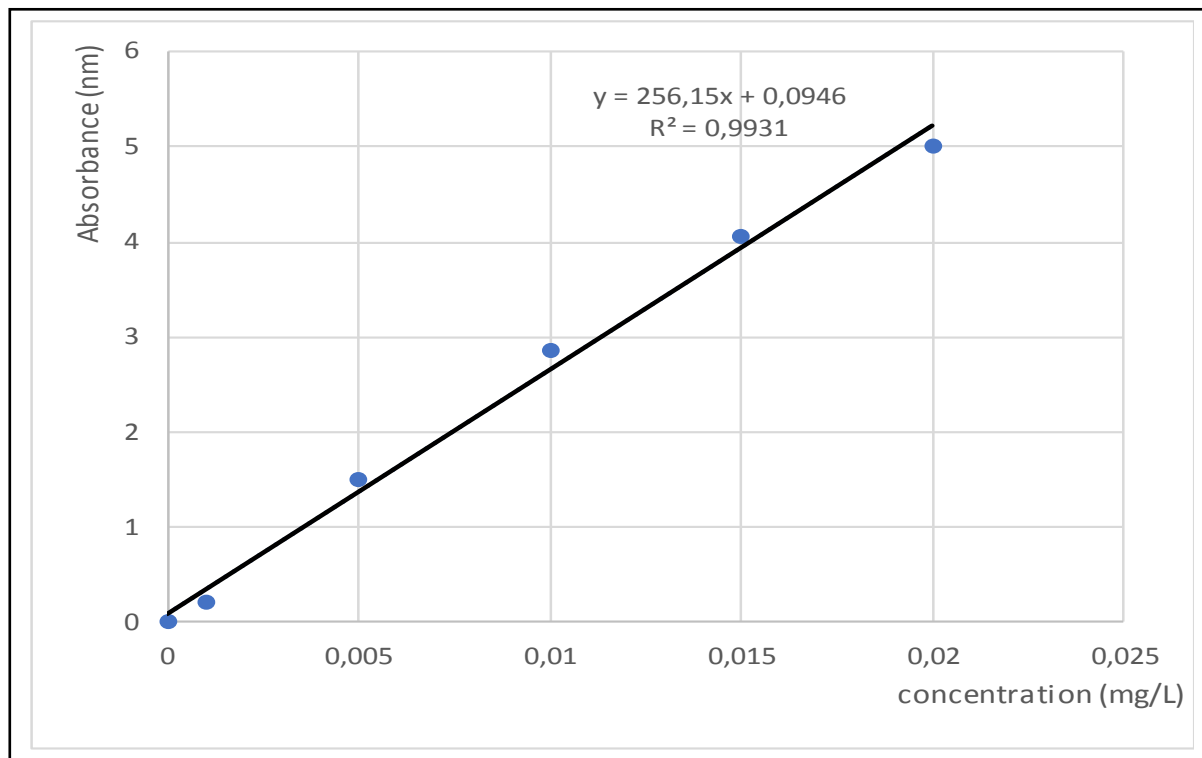
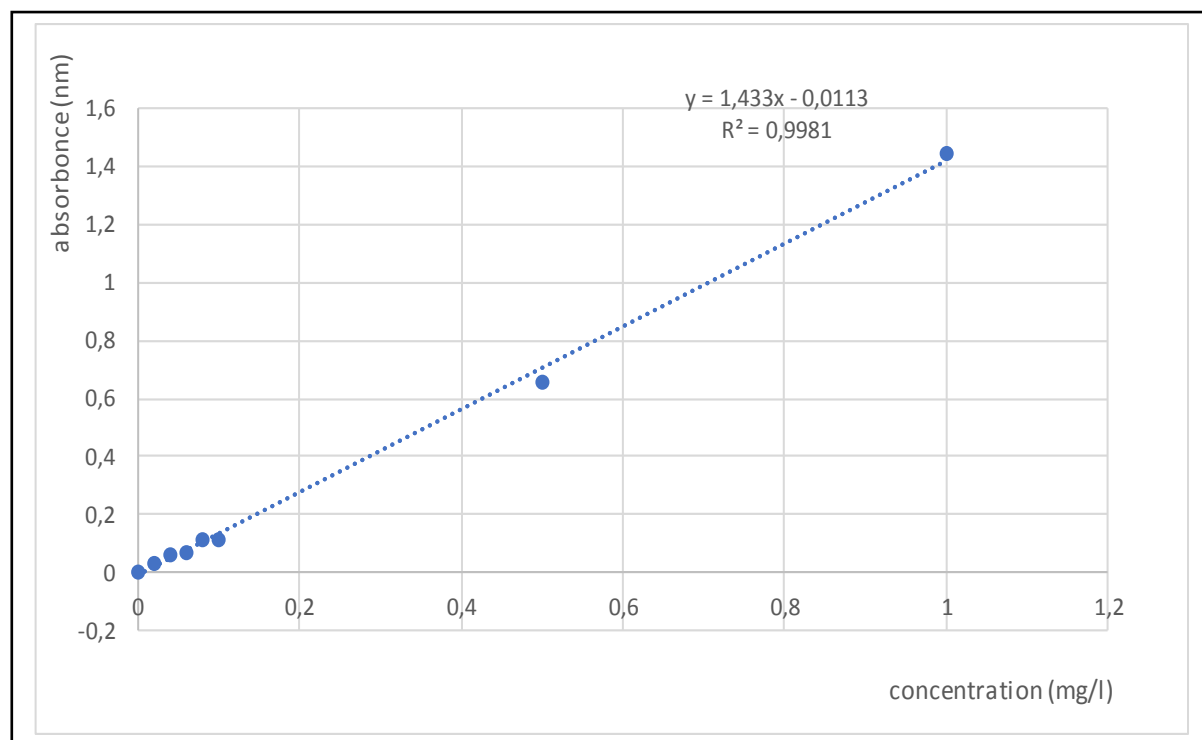


Fig :2 Courbe d'étalonnage des Nitrates



**Fig :3 Courbe d'étalonnage des phosphates**



**Fig :4 Courbe d'étalonnage d'ammonium**

**Annexe III : Résultats de l'analyse de la variance et la matrice de corrélation.****Tableau 1 : Résultats de l'analyse de la variance : Nitrate**

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
station	3	422.4	140.81	209.2	6.15e-08 ***
Residuals	8	5.4	0.67		

**Tableau 2 : Résultats de l'analyse de la variance : Nitrite**

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
station	3	24.570	8.190	10515	1.02e-14 ***
Residuals	8	0.006	0.001		

Tableau 3 : Résultats de l'analyse de la variance : Ammonium

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
station	3	0.4782	0.1594	0.953	0.46
Residuals	8	1.3385	0.1673		

Tableau 4 : Résultats de l'analyse de la variance : Chlorure

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
station	3	5671	1890.4	300	3.67e-05 ***
Residuals	4	25	6.3		

Tableau 5 : Résultats de test d'égalité des espérances : deux observations de variances

	S4	S3
Moyenne	0,000336667	0
Variance	2,80333E-08	0
Observations	3	3
Variance pondérée	1,40167E-08	
Différence hypothétique	0	
Degré de liberté	4	
Statistique t	3,482758621	
P(T<=t) unilatéral	0,012644265	
Valeur critique de t (unil	2,131846786	
P(T<=t) bilatéral	0,025288529	
Valeur critique de t (bilat	2,776445105	

	ph	CE	OD	NO2-	NO3-	Cl-	PO4-3	NH4+	Cd	Pb	Zn
ph	1										
CE	-0,8661665	1									
OD	0,92336861	-0,97449044	1								
NO2-	-0,84702155	0,99151157	-0,98276794	1							
NO3-	-0,8539122	0,97446972	-0,98823903	0,99432829	1						
Cl-	-0,40121865	0,722875	-0,71624429	0,79439782	0,81280615	1					
PO4-3	-0,84692101	0,99150462	-0,98273414	0,99999998	0,994322	0,79448779	1				
NH4+	0,03363703	-0,37932256	0,16289951	-0,29890935	-0,1986127	-0,16612999	-0,29900491	1			
Cd	-0,06271489	-0,23260296	0,27236011	-0,34748161	-0,39881479	-0,83408547	-0,34759535	-0,18158172	1		
Pb	0,70621431	-0,3999493	0,41395375	-0,30704247	-0,27708322	0,33229192	-0,30689284	0,13108018	-0,7506046	1	
Zn	-0,08867666	-0,41578256	0,2398961	-0,41509249	-0,35534914	-0,62946953	-0,41525676	0,78997777	0,45428583	-0,39884318	1

Schéma 1 : Matrice de corrélation

