

Popular Democratic Republic of Algeria  
Ministry of high Education and Scientific  
Research  
Abbes Laghrour university, Khenchela  
Faculty of Natural and life sciences  
Department of Ecology and Environment



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة عباس لغرور خنشلة  
كلية علوم الطبيعة و الحياة  
قسم البيئة و المحيط

## Mémoire Master Académique

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département : Ecologie et environnement

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

### Présenté et soutenu par

- Boutebba Ines Damia
- Boutebba Yasmine
- Guercif Selma

## Thème

**Aptitude à l'irrigation des eaux usées**

**Traitées par la station d'épuration de la commune de Kais  
(khenchela)**

Devant le jury :

|           |                         |     |                                     |
|-----------|-------------------------|-----|-------------------------------------|
| Président | : <i>Houha Belgacem</i> | Pr. | Université Abbés Laghrour-Khenchela |
| Promoteur | : <i>Ouanes Miyada.</i> | MCB | Université Abbés Laghrour-Khenchela |
| Examineur | : <i>Mezhoud Amel</i>   | MAA | Université Abbés Laghrour-Khenchela |

Année Universitaire : 2021/2022

# *Dédicaces*



*On dédie ce travail à notre chère*

*Grand-mère qui nous a soutenu tout au long de nos études, puisse dieu lui accorde une longue vie, santé et bonheur*

*A notre chère mère Malik Sabrina et notre père monsieur Boutebba Rezki à leur dévouement et à leur amour infini.*

*A nos chères sœurs Manel et Yousra qu'on aime*

*Je dédie également ce travail à ma meilleure amie Sameur Kamélia pour les fabuleux moments qu'on a passé ensemble et pour tout le soutien qu'elle m'a apporté depuis tant d'années.*

*A celle qu'on aime notre copine Selma Guerif tu es l'exemple de l'amitié et de la fidélité.*

*Ainsi qu'à toute notre famille paternelle et maternelle.*

*A Tous nos collègues de la promotion 2021-2022 écologie fondamentale et appliquée.*

*Ines & Yasmine.*

# *Dédicaces*



*Je dédie ce travail à mes très chers parents mon père Belgacem Guercif qui ma donné une meilleure éducation et à ma chère mère pour les précieux conseils et divers encouragements quelle n'a jamais cessé de me les donner depuis ma plus tendre enfance,*

*A mes chers frères Hichem ,El wardi ainsi qu'à tous mes nièces et mes neveux : Firas , Faib , Youcef , Adem ,Ghoufrne , Abrar , ilaf ,Makka , Madina que dieu vous garde .A mes chères sœurs Sara , Fatima El zohra , et Zineb que j' aime très fort .A mes cousins et cousines : Yahia , Boubaker , Okba , Sahraoui , Youcef ,Mouhamed , Amel et Aya .*

*Et Plus particulièrement à mes copines Ines et Yasmine vous étiez pour moi durant toutes ces années plus que des sœurs .*

*Sans oublier tous nos collègues de promotion 2021/2022 Ecologie fondamentale et appliquée.*

*Selma .*



# *Remerciements*

*Avant tout, Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la volonté, la patience et le courage pour mener à terme notre formation de Master et pouvoir réaliser ce travail de recherche.*

*Nous Remercions les Membres de Jury : Dr Houha .Belgacem professeur à l'université de Khenchela, qui nous a fait l'honneur de présider le jury. Mme Mezhoud Amel (Maître assistant classe A) à l'université de Khenchela, d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail*

*Nous tenons à exprimer nos profonds Remerciements à notre promotrice Mme Ouanes Miyada (Maître de conférences classe B) qui nous a guidé, de ses précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'elle nous a donné tout au long de ce travail. C'était un honneur pour nous de travailler avec une enseignante aussi émérite sans oublier Mr Badis .Z pour son aide apporté.*

*Nous adressons nos Remerciements à tout le personnel du laboratoire de l'ADE de Khenchela de nous avoir bien accueilli durant notre période de stage et plus précisément le chef de service Madame Kob Amel.*

*Un très grand Merci à Mme Chorfi Rafika l'ingénieur du laboratoire de l'université d'avoir été disponible durant notre séjour au laboratoire.*

*Un immense Merci à toute l'équipe de L'ONA et surtout à Monsieur Bouaali ingénieur du laboratoire de la STEP de Kais pour son aide précieux*

*On adresse également des remerciements à tous les enseignants de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université Abbes Laghrour Khenchela.*

*Enfinement, nous Remercions toute personne ayant contribué de prêt Ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

# SOMMAIRE

---

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Tableau des figures.....     | A |
| Liste des tableaux .....     | B |
| Liste des abréviations ..... | C |
| Introduction générale .....  | 1 |

## I. Partie bibliographique

### Chapitre 01 : Généralités sur les eaux usées

|   |   |
|---|---|
| 1. Les eaux usées.....                      | 5 |
| 1.1. Définition .....                       | 5 |
| 1.2. Origine et composition.....            | 5 |
| 1.2.1. Eaux usées domestiques .....         | 5 |
| 1.2.2. Eaux usées industrielles .....       | 6 |
| 1.2.3. Eaux de ruissellement .....          | 6 |
| 1.2.4. Eaux usées agricoles .....           | 7 |
| 1.3. Les propriétés des eaux usées .....    | 7 |
| 1.3.1. Les propriétés organoleptiques ..... | 7 |
| 1.3.1.1. La couleur.....                    | 7 |
| 1.3.1.2. Odeur.....                         | 7 |
| 1.3.2. Les paramètres physiques.....        | 7 |
| 1.3.2.1. Température .....                  | 7 |
| 1.3.2.2. Matières en suspension (MES).....  | 8 |
| 1.3.2.3. La turbidité.....                  | 8 |
| 1.3.2.4. Le potentiel hydrogène ( pH).....  | 8 |
| 1.3.2.5. La conductivité électrique .....   | 8 |

# SOMMAIRE

---

|  |    |
|--|----|
| 1.3.2.6. La salinité.....                              | 9  |
| 1.3.3. Les paramètres chimiques .....                  | 9  |
| 1.3.3.1. La demande biologique en oxygène (DBO5) ..... | 9  |
| 1.3.3.2. La demande chimique en oxygène (DCO).....     | 9  |
| 1.3.3.3. L'oxygène dissous.....                        | 9  |
| 1.3.3.4. RapportDCO/DBO5.....                          | 10 |
| 1.3.3.5. L'azote.....                                  | 11 |
| 1.3.3.6. Le phosphore .....                            | 11 |
| 1.4. La réutilisation des eaux usées .....             | 12 |
| a) Dans le monde .....                                 | 12 |
| b) En Algérie .....                                    | 14 |
| 1.4.1. Les modes de la réutilisation .....             | 15 |
| 1.4.2. Réutilisation agricole .....                    | 15 |
| 1.4.3. Les risques liés à la réutilisation.....        | 16 |
| A. Risques sanitaires .....                            | 16 |
| B. Risques environnementaux.....                       | 17 |

## *Chapitre 02 : l'irrigation*

|   |    |
|---|----|
| 2. L'irrigation.....                    | 19 |
| 1.1. L'irrigation dans le monde .....   | 19 |
| 1.2. L'importance de l'irrigation ..... | 20 |
| ➤ Les Avantages .....                   | 20 |
| ➤ Les inconvénients.....                | 20 |

# ***SOMMAIRE***

---

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Les critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation .....               | 21 |
| 3.2. Situation de la réutilisation des eaux brutes en irrigation en Algérie ..... | 25 |
| 3.3. Valorisation agricole des EUT.....   | 25 |
| 3.3.1. Appui à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture .....      | 26 |
| 3.3.2. Gestion des eaux usées épurées.....  | 27 |

## ***Chapitre 03 : Description de la zone d'étude***

|  |    |
|--|----|
| 4. Description de la zone d'étude .....                | 29 |
| 4.1. Généralités sur la région .....                   | 29 |
| 4.1.1. Situation géographique de la zone d'étude ..... | 30 |
| 4.1.2. Situation démographique .....                   | 31 |
| 4.1.3. Situation administrative .....                  | 31 |
| 4.2. Etude géologique .....                            | 31 |
| 4.3. Réseau hydrographique de la région d'étude .....  | 32 |
| 4.4. L'agriculture .....                               | 33 |

## ***Chapitre 04 : Etude climatique***

|   |    |
|---|----|
| 1. Etude climatique.....                                    | 36 |
| 1.1. Introduction.....                                      | 36 |
| 1.2. Climatologie de la zone d'étude.....                   | 36 |
| 1.3. Caractéristiques climatiques de la région d'étude..... | 37 |
| 1.4. Etude des paramètres climatiques .....                 | 38 |
| 1.4.1. Synthèse climatique .....                            | 44 |
| 1.5. Conclusion .....                                       | 48 |

# SOMMAIRE

---

## 2. *Partie Expérimentales*

### *Chapitre 05 : Matériels et méthodes*

|  |    |
|--|----|
| 1. L'office national de l'assainissement (ONA).....                          | 50 |
| 1.1. Définition.....   | 50 |
| 1.2. Rôles de l'office .....   | 50 |
| 1.3. Présentation de l'activité de l'unité de Khenchela .....                | 51 |
| 1.4. L'office national d'irrigation et de drainage (ONID).....               | 52 |
| 2. Présentation générale de la station d'épuration de la commune de Kai..... | 54 |
| 3. Mode de prélèvement .....   | 55 |
| 4. Matériels et méthodes .....   | 56 |
| 5. Méthodologie de mesure des paramètres physico-chimiques .....             | 57 |
| 5.1. Paramètres et méthodes de mesures.....                                  | 57 |
| 5.1.1. Paramètres physico-chimiques .....                                    | 57 |
| 5.1.2. Paramètres de pollution .....   | 62 |
| 5.1.3. Paramètres mesurés par le spectrophotomètre à flammes .....           | 67 |
| 6. Conclusion .....  | 77 |

### *Chapitre 06 : Résultats et discussions*

|   |    |
|---|----|
| Introduction .....                          | 79 |
| 1. Résultats des analyses effectuées.....   | 79 |
| 1.1. Les paramètres physico-chimiques ..... | 79 |
| 1.1.1. Le pH.....                           | 79 |
| 1.1.2. La température .....                 | 80 |
| 1.1.3. La conductivité électrique .....     | 80 |
| 1.1.4. Les matières en suspension .....     | 81 |

# *SOMMAIRE*

---

|   |            |
|---|------------|
| 1.1.5. La demande biochimique en oxygène (DBO5).....          | 82         |
| 1.1.6. La demande chimique en oxygène (DCO) .....             | 83         |
| 2. Les paramètres chimiques .....                             | 84         |
| 5.1. Les nitrates ( $\text{No}^{3-}$ ).....                   | 84         |
| 5.2. Les nitrites ( $\text{No}^{2-}$ ).....                   | 85         |
| 5.3. Les phosphates ( $\text{Po}^{4-3}$ ).....                | 86         |
| 5.4. Le sodium ( $\text{Na}^+$ ).....                         | 87         |
| 5.5. Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ).....                     | 87         |
| 5.6. Le potassium ( $\text{k}^+$ ).....                       | 87         |
| 5.7. Le Baryum ( Ba).....                                     | 87         |
| 5.8. Le Lithium ( Li) .....                                   | 87         |
| 3. Aptitude des eaux usées à l'irrigation .....               | 88         |
| 3.1. Classification des eaux par la méthode de Richards ..... | 91         |
| <b>Conclusion</b> .....                                       | <b>94</b>  |
| <b>Les Annexes</b> .....                                      | <b>95</b>  |
| <b>Références</b> .....                                       | <b>100</b> |
| <b>Résumé</b> .....   | <b>107</b> |



## TABLEAU DES FIGURES

| <i>Les figures</i> | <i>Titres</i>  | <i>Pages</i> |
|--------------------|--|--------------|
| <b>Figure 01</b>   | Schéma de la réutilisation directe et indirecte des eaux usées                               | 14           |
| <b>Figure 02</b>   | Réutilisation des eaux usées dans le monde   | 15           |
| <b>Figure 03</b>   | Répartition des eaux usées épurées par usage en %  | 14           |
| <b>Figure 04</b>   | Localisation de la commune de Kais dans la wilaya de Khenchela                               | 29           |
| <b>Figure 05</b>   | Visualisation de la région agricole de Kais sur image satellitaire Alsat-2A                  | 30           |
| <b>Figure 06</b>   | Réseau hydrographique de Kais  | 33           |
| <b>Figure 08</b>   | Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'est Algérien                                  | 37           |
| <b>Figure 09</b>   | Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est Algérien                                | 38           |
| <b>Figure 10</b>   | Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2010-2021)                   | 39           |
| <b>Figure 11</b>   | Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2010-2021)                     | 40           |
| <b>Figure 12</b>   | Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées du vent de la période (2010-2021) | 41           |
| <b>Figure 13</b>   | Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2010-2021)                 | 41           |
| <b>Figure 14</b>   | Diagramme des moyennes des durées totales d'insolation de la période de (2010-2021)          | 42           |
| <b>Figure 15</b>   | Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (2010-2021)               | 43           |
| <b>Figure 16</b>   | Diagramme des moyennes des nombres de jours de grêle de la période (2010-2021)               | 44           |
| <b>Figure 17</b>   | L'indice d'aridité annuel de Martonne  | 45           |
| <b>Figure 18</b>   | Diagramme ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls (station d'El Hamma 2010-2021)            | 46           |
| <b>Figure 19</b>   | Climagramme d'Emberger de la zone d'étude  | 47           |
| <b>Figure 20</b>   | L'office national de l'assainissement de Khenchela   | 51           |

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figure 21</b> | La station d'épuration de la commune de Kais   | 53 |
| <b>Figure 22</b> | Localisation de la STEP de Kais (Google maps 2022 )  | 54 |
| <b>Figure 23</b> | Appareils utilisés au laboratoire de la STEP   | 55 |
| <b>Figure 24</b> | Etapas de mesure du pH   | 58 |
| <b>Figure 25</b> | Etapas de mesure de la conductivité  | 59 |
| <b>Figure 26</b> | Etapas de mesure d'oxygène dissous   | 60 |
| <b>Figure 27</b> | Equipements utilisés pour la mesure de la DBO5   | 60 |
| <b>Figure 28</b> | Etapas de mesure de la DBO5  | 61 |
| <b>Figure 29</b> | Matériels utilisés pour la mesure de la DCO  | 62 |
| <b>Figure 30</b> | Expression des résultats de la DCO   | 62 |
| <b>Figure 31</b> | Expressions des résultats de Nitrites  | 63 |
| <b>Figure 32</b> | Expression des résultats de Nitrates   | 64 |
| <b>Figure 33</b> | Expression des résultats du Phosphore  | 65 |
| <b>Figure 34</b> | Expression des résultats d'ammonium  | 66 |
| <b>Figure 35</b> | Spectre d'émissions  | 68 |
| <b>Figure 36</b> | Etapas de filtration de l'eau à analyser   | 69 |
| <b>Figure 37</b> | Courbe d'étalonnage du potassium (k)   | 70 |
| <b>Figure 38</b> | Courbe d'étalonnage du sodium  | 71 |
| <b>Figure 39</b> | Résultats de transmittance du Na d'eau d'entrée et de sortie   | 72 |
| <b>Figure 40</b> | Courbe d'étalonnage du calcium (Ca)  | 73 |
| <b>Figure 41</b> | Expression des résultats de transmittance du calcium   | 73 |
| <b>Figure 42</b> | Dilution des solutions   | 74 |
| <b>Figure 43</b> | Courbe d'étalonnage du Baryum  | 75 |
| <b>Figure 44</b> | Courbe d'étalonnage du Lithium   | 76 |
| <b>Figure 45</b> | Les étalons préparés   | 76 |
| <b>Figure 46</b> | Variations du pH des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril | 79 |

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figure 47</b> | Variations mensuelles de la température des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais                        | 80 |
| <b>Figure 48</b> | Variations mensuelles de la conductivité des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais                       | 81 |
| <b>Figure 49</b> | Variations mensuelles des MES des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais                                  | 82 |
| <b>Figure 50</b> | Variations mensuelles de la DBO5 des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais                               | 83 |
| <b>Figure 51</b> | Variations mensuelles de la DCO des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais                                | 83 |
| <b>Figure 52</b> | Variations mensuelles de la concentration en $\text{No}^{3-}$ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais  | 84 |
| <b>Figure 53</b> | Variations mensuelles de la concentration en $\text{No}^{2-}$ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais  | 85 |
| <b>Figure 54</b> | Variations mensuelles de la concentration en $\text{Po}4^{-3}$ des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais | 86 |
| <b>Figure 55</b> | Variation des concentrations des K, NA, Ca , Ba ,Li des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais            | 88 |
| <b>Figure 56</b> | Diagramme de Richards  | 91 |

## LISTE DES TABLEAUX

| <i>Les tableaux</i> | <i>Les titres</i>   | <i>Les pages</i> |
|---------------------|---|------------------|
| <b>Tableau 01</b>   | Mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO)   | 10               |
| <b>Tableau 02</b>   | Répartition de l'eau utilisée par usages.   | 15               |
| <b>Tableau 03</b>   | Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO 1985)          | 22               |
| <b>Tableau 04</b>   | Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation. | 24               |
| <b>Tableau 05</b>   | Normes de rejet pour l'irrigation (Normes Algériennes)  | 27               |
| <b>Tableau 06</b>   | Principaux oueds de la wilaya et leurs exutoires  | 32               |
| <b>Tableau 07</b>   | Cordonnées de la station météorologique d'El Hamma  | 37               |
| <b>Tableau 08</b>   | Régimes saisonniers de précipitations de la région  | 56               |
| <b>Tableau 09</b>   | Réactifs et verreries   | 57               |
| <b>Tableau 10</b>   | Classification des eaux par degrés d'aptitude à l'irrigation ( Méthode de SAR) OMS 2009       | 91               |

# LISTE DES ABRÉVIATIONS

**Al** : aluminium

**Ca**: Calcium

**CE** : Conductivité électrique

**CEC** :Capacité d'échange cationique

**DBO5** : Demande Biochimique en Oxygène

**DCO** : Demande chimique en oxygène

**EU** : Eaux usées

**EUE** : Eaux usées épurées

**EUT** : Eau usée traité

**FAO** : Food and Agriculture Organization

**Fe**: Fer

**K** : potassium.

**Kg** : Kilogramme

**Km**: Kilomètre

**MRE** : Ministère des Ressources en Eau

**MES** : Matières en suspension

**MO** : Matière organique

**MS** : Matière séché

**MVS** : Matière volatile en suspension

**Na** : Sodium

**NO3-N** : Nitrate

**N P K** : Azote phosphore potassium

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

**ONA** : Office national de l'assainissement

**ONID** : Office National d'Irrigation et de Drainage

**PH**: Potential Hydrique

**USAID** United states agency of international development

**USEPA** : United states environnemental

**REUE** : Réutilisation des eaux usées épurées

**SAR** : Ratio du Sodium Absorbable

**STEP** : Station d'épuration

**%** : Pourcentage

**g/l** : Gramme sur litre

**ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

**CE** : Conductivité électrique ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )

**C/N** : Le rapport carbone sur azote

**DHWK** : La Direction d'Hydraulique de la Wilaya de Khenchela

**DTAWK** : Direction du Tourisme et de l'artisanat de la wilaya de khenchela

**I** : Indice de Martonne

**M** : moyenne des maximales du mois le plus chaud en degré

**m** : moyenne des minimales du mois le plus froid en degré

**OMS** : Organisation mondiale de la santé

**P** : Précipitation (mm)

**pH** : Le potentiel hydrogène

**Q** : Quotient pluviométrique

**T** : Température ( $^{\circ}\text{C}$ )

**JORAD** : Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire.

**ANRH** : Agence nationale des ressources hydrauliques

**SAU** : Surface agricole utile

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les eaux usées sont de plus en plus utilisées par l'agriculture des pays en développement et des pays industrialisés. Cette utilisation est motivée principalement par : la rareté grandissante des ressources en eau et les tensions de plus en plus fortes sur ces ressources ; la dégradation des sources d'eau douce résultant de l'élimination incorrecte des eaux usées ; la croissance démographique et l'augmentation résultante de la demande en nourriture et en fibres ; la prise de conscience grandissante de la valeur en tant que ressource des eaux usées et des nutriments qu'elles contiennent (**OMS.2012**)

Les déficiences dans la gestion des eaux usées restent l'un des principaux facteurs de transmission des maladies et de dégradation de l'environnement. En Algérie, peu d'importance est accordée à la couverture des services d'assainissement comparée à la couverture des services d'approvisionnement en eau et encore moins d'importance est accordée à l'épuration (**Hartani.1998**) En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seules 20 % des eaux usées collectées en Algérie sont traitées (**Medkour.2003**).

De plus, les ouvrages de traitement et d'épuration de l'eau comprenant essentiellement une station d'épuration et des lagunes sont exclusivement destinés au rejet dans le milieu sans objectif de réutilisation. Cette situation a longtemps été admise d'une part, par les gestionnaires de l'eau en raison du surcout provenant de la nécessité de traitement tertiaire de désinfection, du transport de l'eau vers l'utilisateur, du stockage de régulation, et, d'autre part, par la population en raison de l'idée que l'eau usée épurée peut être dangereuse pour la santé. (**Hartani.2004**)

En attendant l'achèvement de ces programmes, l'irrigation directe à partir des eaux usées brutes est interdite mais continue néanmoins d'être pratiquée. On estime à plus de 8 % le taux de superficies irriguées par ces eaux tant dans les Hauts-Plateaux qu'à la périphérie des grandes villes (**Hartani.1998**). Les difficultés de gestion des stations de traitement et d'épuration des eaux usées expliquent en partie cette situation.

L'épuration de l'eau usée et son utilisation en irrigation est une option attrayante, en particulier dans les zones arides et semi-arides, car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelables et fiables. (**FAO. 2003**).

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'utilisation de l'eau usée en irrigation a été pratiquée, bien que sans contrôle, dans beaucoup de pays. En 1997, on estimait à 1 200 millions de m<sup>3</sup> /an la quantité d'eau usée traitée, utilisée pour l'irrigation dans des pays du Proche-Orient (**Annexe 08**). Dans plusieurs pays de la région, l'approvisionnement adéquat en eau se trouve confronté à des problèmes croissants et de nouvelles approches, telles que le dessalement et la réutilisation d'eau usée, sont adoptées. Ceci aidera à résoudre partiellement le problème de la pénurie de l'eau et à faire face au problème environnemental impérieux du rejet des eaux usées (**FAO. 2003**).

Sur le bassin méditerranéen, La réutilisation des eaux usées traitées est largement développée. La Tunisie réutiliserait 75 % de ses eaux usées. Selon une étude de l'Afssa menée en novembre 2008, l'Espagne, qui recycle les eaux usées traitées depuis près de vingt ans, réutilise 408 millions de m<sup>3</sup> d'eaux usées traitées chaque année. Chypre caresserait même l'objectif de réutiliser 100% des eaux usées traitées. Aux Etats-Unis, 63 % et 13 % des eaux usées traitées de Californie et de Floride sont recyclées pour l'agriculture. Une réglementation de l'Agence de l'environnement américaine (EPA) prévoit même la réutilisation des eaux grises pour tous les usages (arrosage, construction, alimentation d'immeubles de bureaux, climatisation, remplissage de bassins d'agrément...). La ville d'Irvine (Californie) a développé un double réseau, comme le Japon, qui réutilise ces eaux grises pour alimenter les toilettes ou encore l'Allemagne ou la Corée du Sud. Dans les zones arides où la situation est extrême, ces eaux sont même réutilisées pour la production d'eau potable comme à Windhoek en Namibie et Chelmsford en Angleterre.

En Algérie, dans les conditions climatiques marquées par la faiblesse et la mauvaise répartition des apports pluviométriques selon les régions, l'irrigation est indispensable pour assurer une production agricole régulière en quantité suffisante. L'objectif principal de notre étude est de connaître la qualité des eaux usées traitées et leur réutilisation à l'irrigation à partir des analyses physico- chimiques effectuées.

Le programme d'action pour la réalisation de ce travail doit répondre aux préoccupations suivantes :

- Quel est l'état de la qualité chimique des eaux usées épurées de la STEP de kais ?
- Sont-elles apte à l'irrigation ou non ?

Afin de répondre à ces préoccupations, notre démarche a été fondée sur deux principaux axes: un axe théorique et un autre pratique.

L'axe théorique comprend 4 chapitres comme suit :

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

- Le premier chapitre est une revue de la littérature sur la problématique du thème traité qui présente des généralités sur les eaux usées et les risques de leurs réutilisation
- Le deuxième chapitre parle de l'irrigation avec les eaux usées traitées et son importance sur le secteur agricole en se basant sur les normes de l'organisation mondiale de la santé (**OMS**) et le journal officiel Algérien (**JORAD**) pour l'irrigation.
- Le troisième chapitre décrit la zone d'étude en donnant un aperçu sur la situation géographique démographique et climatologique.
- Et le 4ème chapitre représente l'étude hydro climatique de la région d'étude

Tandis que l'axe pratique englobe la partie expérimentale représentée par :

- Le 5ème chapitre expliquant les analyses effectuées au niveau du laboratoire
- Et le 6ème chapitre traite les résultats obtenus lors de notre étude une fois les résultats bruts donnés, des discussions et des conclusions sont tirées par comparaison des résultats obtenus à des normes nationales et universelles.

Enfin la conclusion rassemble les principaux résultats de ce travail et offre une perspective des travaux futurs.

*Chapitre 01 : Généralités sur les  
eaux usées*

## CHAPITRE 1

### 1. Les eaux usées

#### 1.1. Définition

Les eaux usées sont des eaux altérées par les activités humaines à la suite d'un usage domestique (eaux ménagères lessives, cuisine et bain ainsi que les eaux de vannes (WC)), industrielles, artisanales, agricoles ou autre. **(Marillys.2015)**.

Une personne consomme en moyenne 150 à 200 litres d'eau potable par jour. Une fois utilisée, elle devient de l'eau dite « eau usée »

#### 1.2. Origine et composition

Suivant l'origine des substances polluantes on distingue quatre catégories d'eaux usées :

##### 1.2.1. Eaux usées domestiques

Ce sont d'une part, les eaux-ménagères (ou eaux grises) que nous consommons chaque jour (principalement dans la salle de bain et la cuisine pour se laver, faire la vaisselle, nettoyer le linge etc.), et d'autre part les eaux-vannes (ou eaux noires) qui viennent des toilettes charriant l'urine et les matières fécales. **(Marillys.2015)**. Elles sont de plus en plus drainées par un réseau d'assainissement qui les dirige vers une station d'épuration **(Billault.1889)**.

Les eaux usées de provenance domestique se composent :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, protides), et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents
- Des eaux de salle de bains chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires, très chargées en matières organiques hydrocarbonées, et en composés azotés, phosphorés et en microorganismes

### 1.2.2. Eaux industrielles

Les caractéristiques des eaux usées industrielles subissent de grandes variations, elles dépendent à une multitude de paramètres type de l'industrie, production, nettoyage,...

Les différentes étapes du procédé industriel, l'état des appareils,... Par ailleurs, il existe des caractéristiques communes entre les effluents de la même industrie. En termes de volume et type de polluants, les effluents industriels présentent le plus souvent une charge importante et un risque de dysfonctionnement structurel et fonctionnel des réseaux d'assainissement et des dispositifs de traitement des eaux usées.

Ces risques sont d'autant plus grands que les industries sont localisées en amont du réseau d'assainissement.

La classification suivante permettra d'évoquer certaines caractéristiques de ces eaux :

- Eaux à charge minérale dominante (rejets d'installation minière ou usine de traitement des minéraux) dont la charge en matière en suspension est importante et le pH s'écarte de la neutralité ;
- Eaux à charge organique dominante (industries alimentaires) très chargées en matières organiques biodégradables ;
- Eaux toxiques (industries chimiques) pouvant inhiber les processus d'épuration biologique naturels ou provoqués ;
- Eaux chaudes (centrales électriques, nucléaires) qui peuvent être à l'origine de conséquences écologiques importantes. ( **Salghi , 2005** )

### 1.2.3. Eaux de ruissellement

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de pluie, par deux mécanismes :

- Le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisés. Les déchets solides ou liquides déposés par temps sec sur ces surfaces sont entraînés dans les réseaux d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent ;
- La remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt de matières

## CHAPITRE 1

décantables. Lors d'une précipitation ; le flux d'eau plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.

### 1.2.4. Eaux usées agricoles

Regroupent les eaux provenant de drainage ou d'animaux élevés entraînant une charge polluante. Parmi ces eaux, il faut distinguer :

- ❖ **Les eaux brunes** : eaux issues des aires non couvertes de parcours ou d'attente des animaux, souillées régulièrement par ces animaux.
- ❖ **Les eaux de cours** : eaux issues des aires en dur, souillées occasionnellement par les animaux lors de leur passage et par les engins agricoles lors de leur manœuvre, à l'exclusion de toute aire de stockage proprement dite( **Bechnab et al ,2015** ) .
- ❖ **Les eaux vertes** : eaux de lavage des sols de salles de traitement.
- ❖ **Les eaux blanches** : eaux usées issues de lavage des installations de traitement.

Ces eaux font l'objet d'un traitement particulier, et ne peuvent en aucun cas se retrouver à l'égout. Une exception existe toutefois pour les eaux blanches qui peuvent, exceptionnellement agréées. (**Des jardins, 1997**).

## 1.3. Les propriétés des eaux usées

### 1.3.1. Les propriétés organoleptiques

#### A. La couleur

La couleur des eaux résiduaires industrielles est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes (**Mizi , 2006**).

#### B. Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur intense. Toute odeur est liée à une pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition (**Mizi ,2006**).

### 1.3.2 Les Paramètres physiques

#### 1.3.2.1. Température

La température régit la qualité d'oxygène dissous dans l'eau : quand la température augmente, l'oxygène dissous diminue. Elle influe également sur la décomposition de la matière

organique le développement des parasites responsables de certaines maladies et la prolifération d'algues bleues qui libèrent des toxiques (**Slimani ,2003**).

### 1.3.2.2. Matières en suspension (MES)

Il s'agit de matière non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales (**Gaid , 1984**).

Dans une eau usée urbaine, près de 50% de la pollution organique se trouve sous forme de MES. Les résultats pour les eaux usées industrielles sont très variables, il est de même pour les eaux naturelles où la nature des MES est souvent minérale et leur taux est relativement bas. La composition de MES peut être appréciée par analyse directe ; plus souvent, elle est obtenue par différence des caractéristiques des eaux brutes et des eaux filtrées. Les erreurs sur les valeurs résultantes sont alors élevées (**BONTOUX, 1993**). Les MES sont exprimées en mg/l.

### 1.3.2.3. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisés : argile limons, grains de silice, matières organiques, etc. La mesure de turbidité a donc un grand intérêt dans le control de l'épuration des eaux brutes. (**RODIER, 1996**).

### 1.3.2.4. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH joue un rôle important dans le traitement biologique. Il exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité des eaux usées. Le pH d'une eau domestique ou urbaine se situe généralement entre 6.8 et 7.8, au-delà, c'est l'indice d'une pollution industrielle (**Dali et al, 2007**).

### 1.3.2.5. La conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples et des plus importants pour le contrôle de la qualité des eaux usées (**THOMAS, 1995**). Elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau (**Gaid, 1984**).

### 1.3.2.6. La Salinité

Le taux de salinité des eaux usées domestiques est lié essentiellement à la minéralisation de l'eau du réseau ; l'activité industrielle provoque au contraire très souvent une forte teneur en sels dissous des eaux du réseau. La minéralisation de l'eau entraîne selon les cas (variable selon la nature des sels présent) une accélération de la corrosion. Comme elle encourage des espèces et élimine d'autre. (Potelon, 1998).

## 1.3.3 Les paramètres chimiques

### 1.3.3.1. La demande biologique en oxygène (DBO5)

C'est la quantité d'oxygène que les bactéries utilisent pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement en CO<sub>2</sub> les substances organiques dans l'eau, en un temps donné, à l'aide de leur système enzymatique (Blifert, 2001). La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène en mg/l consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 °C et pendant 5 jours à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée (Taradat *et al*, 1992).

### 1.3.3.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydable dans des conditions opératoires bien définies (RODIER, 1996). Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables présents dans l'eau usée. La DCO est mesuré en mg d'O<sub>2</sub>/l (Taradat *et al*, 1992).

### 1.3.3.3. L'oxygène dissous

La présence d'oxygène dissous dans l'eau est indispensable, l'oxygène permet de maintenir plusieurs des qualités de l'eau, notamment son goût et son degré d'aseptise. Il est essentiel pour la survie de nombreux organismes aquatiques. L'oxygène dissous dans l'eau peut provenir :

- De la dissolution de l'oxygène de l'air par diffusion à travers la surface

**CHAPITRE 1**

De l'apport d'un affluent plus oxygéné, surtout dans le cas des rivières, et, parfois même, d'une aération artificielle.

- De la biosynthèse pour les plantes vertes aquatiques qui, sous l'effet de la lumière solaire, utilisent le CO<sub>2</sub> dissous dans l'eau grâce à leur fonction chlorophyllienne dans le cas du lagunage. (Beaudry, 1992).

**1.3.3.4. Rapport DCO/DBO5**

Le rapport DCO/DBO5 a une importance pour la définition de la chaîne d'épuration d'un effluent. En effet, une valeur faible du rapport DCO/DBO5 implique la présence d'une grande proportion de matières biodégradables et permet d'envisager un traitement biologique. Inversement, une valeur importante de ce rapport indique qu'une grande partie de la matière organique n'est pas biodégradable et, dans ce cas, il est préférable d'envisager un traitement physico-chimique.

Le tableau suivant présente le mode de traitement en fonction de rapport DCO/DBO5

**Tableau 01 : Mode de traitement en fonction du rapport (DCO/DBO)**

| Rapport DCO/ DBO5                 | Mode de traitement   |
|-----------------------------------|--|
| $1 < \text{DCO/DBO} < 2$          | Traitement biologique  |
| $2 < \text{DCO} / \text{DBO} < 3$ | Traitement biologique avec adaptation de la couche microbienne |
| $\text{DCO} / \text{DBO} > 3$     | Traitement physico-chimique.                                   |

**Source : Centre régionale pour l'eau potable et l'ars à faible coût. (2007)**

- De 1 à 2 : eaux usées provenant d'industries agroalimentaires, qui contiennent des éléments dont les bactéries raffolent, se traduisant par une DCO5 élevée.
- Entre 2 à 3 : eaux résiduaires urbaines.
- De 3 à 4 : Eaux usées moins facilement biodégradable.
- > 4 : Effluent difficilement biodégradable

## CHAPITRE 1

### 1.3.3.5. L'azote

L'azote des eaux usées se trouve sous formes organique et inorganique. Les formes inorganiques sont immédiatement disponibles pour la plante tandis que les formes organiques doivent être minéralisées par les microorganismes. Il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou inorganiques :

- azote ammoniacal ou  $N-NH_4^+$ ,
- azote nitreux ou  $N-NO_2^-$ ,
- azote nitrique ou  $N-NO_3^-$ ,

L'azote global(ou total) est alors défini par :  $NGL = N \text{ Total} = N \text{ organique} + N \text{ minéral} = N \text{ organique} + N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^-$  (**Rodier ,2009**).

### 1.3.3.6. Le phosphore

Le phosphore est un élément limitant pour la croissance et le développement des organismes dans le milieu aquatique. On mesure généralement 3 types de phosphore :

- le phosphore particulaire : comprenant le phosphore organique et le phosphore inorganique.
- Le phosphore soluble : constitué des polyphosphates, du phosphore colloïdal et des orthophosphates.

Les orthophosphates ( $PO_4$ ) sont les principaux éléments nutritifs dans les systèmes aquatiques continentaux. Ils jouent un rôle déterminant dans l'induction des phénomènes d'eutrophisation lorsqu'ils atteignent des concentrations élevées, les premières nuisances apparaissent à partir de 0,2 mg/l. Le dosage des orthophosphates est basé sur le développement de la coloration au bleu de molybdène.

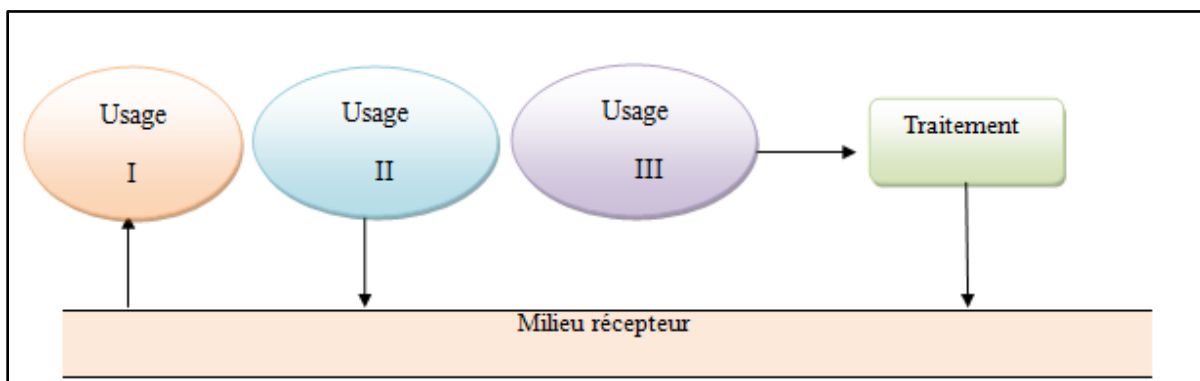
- Le phosphore total dissous : on estime qu'il y'a 90 % de phosphore particulaire et 10 % de phosphore soluble. Les eaux de surface ou de nappes peuvent être contaminées par des rejets industriels (Industries agro-alimentaires, ateliers de traitement des surfaces, laveries) et domestiques ou par lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par certains pesticides (**Rodier, 2009**)

#### 1.4. La réutilisation des eaux usées

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires. La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- ❖ La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel,
- ❖ La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau.

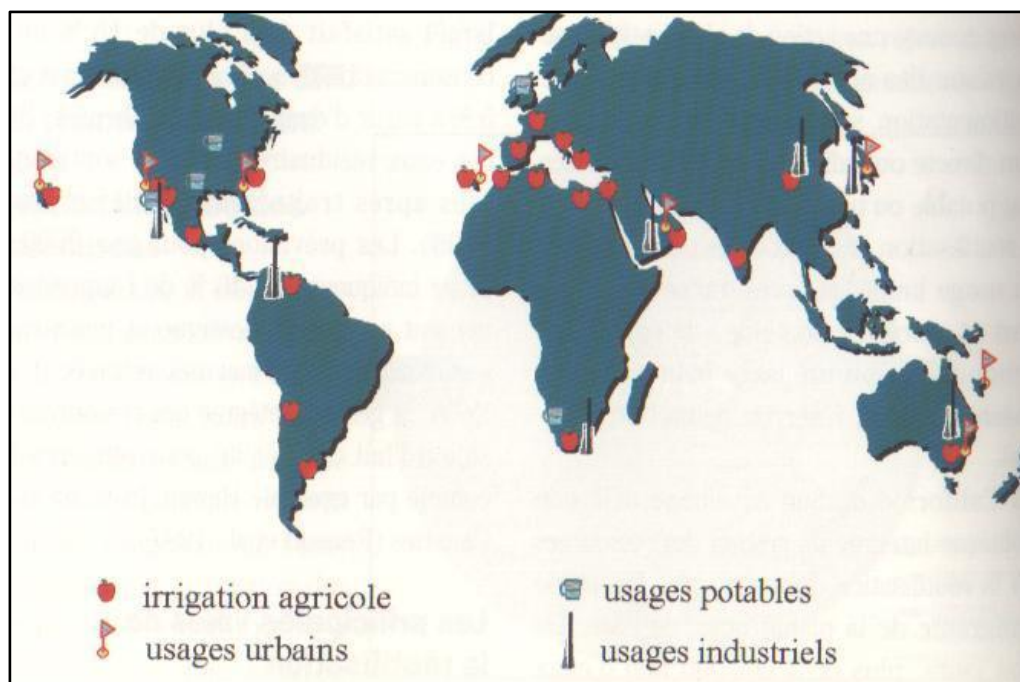


**Figure 01 : Schéma de la réutilisation directe et indirecte des eaux usées**

##### a) Dans le monde

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe, aux Etats Unis et en chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5 – 1,7 millions de m<sup>3</sup> par jour dans plusieurs pays comme par exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en chine (Lazarova et al ,2007).

L'Objectif de la réutilisation des eaux usées se présentent comme un enjeu politique et socioéconomique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement. Elle présente l'avantage d'assurer une ressource alternative, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau.



**Figure 02 : Réutilisation des eaux usées dans le monde (Ecosse, 2001)**

La réutilisation de l'eau est plus pratiquée dans les régions du monde où cette ressource est limitée, au Moyen-Orient par exemple, en Australie et dans le sud-ouest des États-Unis, ou dans les régions où s'appliquent des restrictions sévères concernant l'évacuation des eaux usées traitées, notamment en Floride, dans les régions côtières et insulaire de la France et de l'Italie et dans les pays très densément peuplés de l'Europe comme l'Angleterre et l'Allemagne (Figure 2). Dans les pays où il existe des disparités dans la répartition régionale des ressources en eau, le recyclage et la réutilisation de l'eau sont également très répandus.

Bien que les précipitations annuelles atteignent en moyenne 1714 mm et que les barrages et réservoirs soient nombreux au Japon, des régions de ce pays connaissent des sécheresses fréquentes; c'est pourquoi la réutilisation des eaux usées urbaines est devenue une pratique courante dans de nombreuses régions du Japon (Bouzidi,2020).

La réutilisation des eaux usées est non seulement fournir des quantités supplémentaires d'eau mais assurer la protection du milieu naturel. On peut dégager cinq classes de réutilisation des eaux épurées :

- la production d'eau potable
- la réutilisation industrielle
- la réutilisation en zone urbaine (arrosage, lavage, réservoirs anti-incendies.etc.)
- la recharge des nappes et la réutilisation agricole

#### b) En Algérie

La réutilisation des eaux usées non traitées est formellement interdite par la loi n° 83-03 du 5 février 1983, relative à la protection de l'environnement et la loi n° 83-17 du 16 juillet 1983, portant le code des eaux. Les valeurs maximales de rejets d'effluents liquides par les établissements industriels sont définies par le décret 93-160 du 10 juillet 1993 qui charge également les Inspections de l'Environnement des wilayas (IEW) d'effectuer les contrôles.

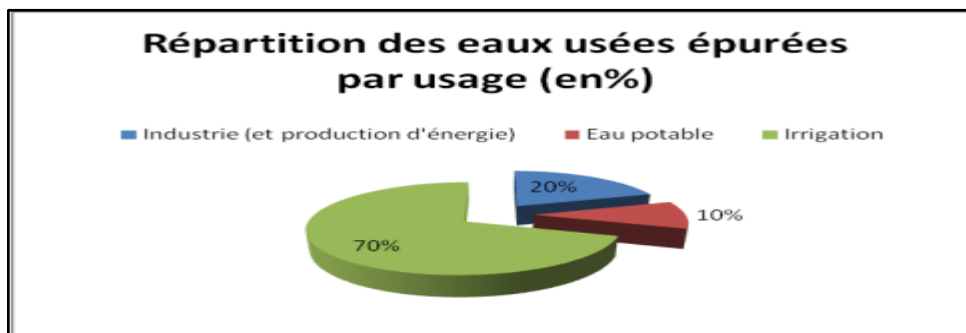


Figure 03 : Répartition des eaux usées épurées par usage en (%)

En Algérie la réutilisation des eaux usées brutes en agriculture, quoique interdite par la loi (Tamrabet, 2007) est devenue une réalité. Selon (Tijani,2008), 8% des terres irriguées, notamment en petite et moyenne hydraulique, reçoivent des eaux usées non traitées. Cette pratique ne cesse de se développer en aval des centres urbains, des grandes et petites 34 agglomérations (Tararbit et al, 2007). De ce fait de gros efforts sont à déployer à tous les niveaux aussi bien techniques, institutionnels, que règlementaires, pour améliorer le niveau d'utilisation avec le minimum de risques (AZRO ,Z 2017).

Selon les résultats de l'enquête, il se distingue deux types de réutilisations des eaux usées dont les réutilisations domestiques et industrielles (3,1 millions de m<sup>3</sup> /an) et les

## CHAPITRE 1

réutilisations pour irrigation des grands et petits périmètres agricoles (3,4 millions de m<sup>3</sup>/an)  
(Tableau 02)

**Tableau 02 : Répartition de l'eau utilisée par usages.**

| Usages                                   | Utilisation (2012)<br>(millions de m <sup>3</sup> /an) | 2030<br>(millions de m <sup>3</sup> /an) |
|--|--|--|
| Usage domestique et industriels.         | 3.1  | 4.2 – 4.6                                |
| Irrigation (grands et petits périmètres) | 3.4  | 7.8 – 8.2                                |
| Totale                                   | 6.5  | 12 – 12.8                                |

Source : (MRE, 2012)

#### 1.4.1. Les modes de la réutilisation

Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux usées (Bixio et al.2008).  
On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchers, céréales, prairies, etc.
- Réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc.
- Réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc.
- La production d'eau potable
- La recharge de la nappe phréatique (Baumont, 2005).

#### 1.3.2 Réutilisation agricole

La réutilisation agricole des eaux épurées comme moyen d'économiser la ressource a donc été une première voie de développement des projets de réutilisation des eaux usées épurées (REUE) (Baumont et al ,2005).

La réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen et le

Sud des états unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud (**Lazarova V, 1998**).

### 1.4.3 Les risques liés à la réutilisation agricole

#### A. Risques sanitaires

D'après Cauchi (1996), les populations humaines exposés à une pathologie, associée de manière certaine à une réutilisation agricole d'effluents bruts ou traités sont de quatre ordres :

- Les consommateurs des légumes crus : le risque est statistiquement plus élevé pour les helminthes (par rapport à la population générale), par contre il ne l'est pas pour le risque bactériologique.
- Les consommateurs de viande bovine insuffisamment cuite : par la contamination par le ver solitaire (*tænia*) est possible car les bovins sont des hôtes intermédiaires de cet helminthe.
- Les travailleurs agricoles : le risque est plus élevé pour les helminthes. En laboratoire, il a été mis en évidence que l'exposition aux entérovirus est plus élevée, même si sur le terrain il n'y pas eu d'augmentation de cas cliniques. Des études listées par Devaux (1999) montrent que les travailleurs agricoles sont légèrement plus exposés que la population normale ou que les personnels de station d'épuration et les égoutiers.
- Les populations avoisinantes, surtout dans le cas d'irrigation par aspersion qui forme des aérosols. Le risque est légèrement plus élevé pour les helminthes et *Shigella* (**Cauchi et al. ,1996**).

Actuellement, en Algérie, il y a des agriculteurs qui utilisent les eaux usées sans traitement au préalable et sans aucune autorisation des services concernés, pour irriguer particulièrement la pomme de terre, la salade, la tomate, etc.... à partir des bassins de décantation qui se trouvent juste à côté de leurs champs. Ces bassins sont remplis par les eaux des réseaux d'assainissement. Ils utilisent aussi des bassins de stockage de ces eaux polluées et hautement nocives pour la santé des agriculteurs. Les eaux usées véhiculent des éléments polluants qui posent des problèmes sur la santé publique et des risques de contaminer les sols, les plantes, les ouvriers agricoles et les consommateurs.

Pour cela, les eaux usées brutes ne doivent pas être directement réutilisées, un traitement est toujours nécessaire. Cependant, il existe depuis quelques années déjà, des stations d'épuration des eaux usées qui ont été réalisées pour permettre à de nombreux fellahs et producteurs d'en utiliser ces eaux pour l'irrigation de leurs périmètres (PA ,2012).

### **B. Risques environnementaux**

#### ❖ La salinisation du sol

La salinisation du sol par une eau d'irrigation résulte des effets combinés de plusieurs facteurs (climat, caractéristiques du sol, topographie du terrain, techniques culturales, conduite des irrigations...etc.). En effet, chaque facteur va contribuer, selon son état, à l'accentuation ou à l'atténuation de la salinisation du sol.

Ces impacts sont d'importance particulière pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit rester à un bon niveau de fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- la salinisation,
- l'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- l'accumulation des éléments potentiellement toxiques,
- l'accumulation de nutriments

## *Chapitre 02 : L'irrigation*



### 2. L'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides et semi-arides (**El-Asslouj *et al* , 2007**).

Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ont pour objectif de :

- ✓protéger les consommateurs des produits agricoles et les ouvriers.
- ✓Protéger les ressources en eau superficielle et souterraine et les sols.
- ✓Protéger le matériel d'irrigation.

#### 2.1. L'irrigation dans le monde

La consommation d'eau agricole est très variable d'un pays à l'autre. Elle n'intéresse que 273 millions d'hectares dans le monde éparpillés très irrégulièrement sur tous les continents. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, les pays qui irriguent le plus ne sont pas les pays au climat aride ou semi-aride. Dans ces régions, en effet, il ne peut y avoir de culture sans irrigation. Aussi, toutes les surfaces cultivées sont-elles irriguées. Mais, comme il ne peut y avoir d'irrigation sans eau, les surfaces cultivées demeurent réduites en superficie, limitées par la faiblesse des ressources en eau, et localisées là où ces ressources sont disponibles. C'est le cas de pays comme l'Égypte par exemple où l'agriculture s'est développée sur les bords du Nil, ou de certains pays de l'Amérique latine comme le Mexique.

À l'inverse, dans les régions qui reçoivent suffisamment d'eau de pluie, la superficie des terres cultivées peut être très importante, surtout si le relief le permet. Bien que l'irrigation n'y soit pas indispensable, elle est néanmoins utilisée, et ce d'autant plus facilement que l'eau est disponible, afin de diversifier et d'améliorer les cultures, d'obtenir des récoltes multiples, ou encore d'augmenter les rendements. Même si elle n'est pas systématique, l'irrigation peut donc être conséquente. C'est ce qui se passe au Japon, en Chine, en Inde et au Pakistan (**Milos, 1971**).

Des facteurs autres que la situation géographique interviennent également, qui doivent être pris en compte pour expliquer la répartition mondiale de l'irrigation. Par exemple, l'irrigation nécessitant des infrastructures parfois très onéreuses, la richesse des pays considérés est un élément important. Il explique notamment qu'en Afrique ou au Brésil l'irrigation soit moins développée. En conséquence, les pays qui irriguent le plus sont ceux situés dans le sud-ouest asiatique, lesquels rassemblent plus de 60 % des terres irriguées de la planète, et certains pays du pourtour méditerranéen, comme l'Italie ou la Grèce.

### 2.2. Importance de l'irrigation

#### ➤ Les avantages

L'irrigation restera le seul moyen d'augmenter les rendements et de les régulariser dans bien des régions du monde. En effet, selon les espèces et variétés cultivées, selon les terres, et selon les techniques utilisées,

L'irrigation peut permettre d'obtenir de deux à cinq fois plus (et même dix en zone aride) de production (**Plauchu, 2003**). L'irrigation n'est pas uniquement un apport d'eau sur une terre cultivée en vue de compenser l'insuffisance des précipitations et de permettre le plein développement des cultures. Elle est considérée plutôt comme un ensemble d'actions de développement intégré des milieux agricole et rural qui doit se traduire non seulement par l'augmentation de la production et l'amélioration du niveau de vie de l'agriculteur, mais doit se traduire également par la préservation du milieu, notamment des terres agricoles, et par une économie de l'eau d'irrigation qui elle-même se traduit par une économie dans l'utilisation de l'énergie (électricité, fuel, etc.).

#### ➤ Les inconvénients

L'irrigation présente deux inconvénients majeurs pour les milieux aquatiques. Elle est grande consommatrice d'eau et peut accélérer la désertification de certaines régions.

L'agriculture irriguée rencontre de nos jours de nouveaux problèmes tels que le risque de salification qui peut être apprécié par la conductivité électrique (CE) et celui de l'alcalinisation des sols. Cette dernière, due aux échanges ioniques, concerne surtout le sodium, le calcium et le magnésium, entre l'eau et les argiles du sol; il est évalué par le coefficient d'absorption du sodium (SAR). Mal conduite, elle peut être néfaste pour les sols. Lorsqu'ils sont trop secs, l'infiltration de l'eau se fait mal et si l'apport est trop important, une

grande partie de l'eau stagne ou ruisselle le long des pentes. En s'évaporant, l'eau stagnante laisse en dépôt les sels qu'elle contient, favorisant une salinisation des sols qui deviennent progressivement incultes et doivent être abandonnés; c'est un phénomène que l'on observe surtout dans les régions arides et semi- arides. Quant au ruissellement de l'eau, il favorise l'érosion des sols, surtout lorsqu'ils sont secs. À l'inverse, des sols trop imbibés sont néfastes pour la plupart des végétaux dont ils asphyxient les racines. Les sols doivent donc être convenablement drainés afin de permettre à l'eau en excès de s'évacuer. L'irrigation est l'activité qui consomme le plus d'eau, elle absorbe plus de 85 % de l'eau maîtrisée par l'homme (**Plauchu *et al*, 2004**).

D'importantes quantités d'eau sont en effet nécessaires pour compenser les pertes des plantes et des sols par évapotranspiration. En outre une majeure partie de l'eau d'irrigation retourne directement dans l'atmosphère, où elle est momentanément perdue pour d'autres usages. Cela est d'autant plus vrai que plus une plante dispose d'eau, plus son évaporation est importante. Il existe cependant une limite à ce phénomène au-delà de laquelle un apport supplémentaire d'eau n'augmentera pas la transpiration végétale. Pour éviter d'utiliser trop d'eau, les quantités justes nécessaires aux cultures doivent donc être soigneusement estimées et l'irrigation contrôlée.

Au niveau mondial, les prélèvements en eau de l'irrigation représentent aujourd'hui environ 70 % des prélèvements totaux, ce qui est énorme (**Plauchu, 2004**). À l'échelle locale, la consommation immodérée d'eau d'irrigation peut même parfois conduire à une réduction considérable des volumes disponibles.

Les agriculteurs des pays limitrophes puisent en effet toujours plus d'eau pour irriguer leurs champs et lutter contre la sécheresse grandissante de cette région du globe. En outre, toute cette eau ne parvient pas aux plantes car les pertes sont importantes, surtout lorsqu'il s'agit de techniques d'irrigation traditionnelles. Or, celles-ci sont employées sur les deux tiers des surfaces irriguées du globe. Ces pertes sont dues soit à des fuites sur canalisations, soit à l'évaporation de l'eau qui stagne sur les sols.

### **2.3. les critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation**

Les caractéristiques de qualité chimique et physique sont identiques pour n'importe quelle eau d'irrigation. À cet égard, les directives générales présentées dans le tableau 3 peuvent être employées pour évaluer l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de

constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques. La procédure demeure la même qu'avec les autres types d'eaux.

### 2.3.1. Salinité

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité disponible et elle est habituellement de faible salinité. Cependant, en conditions de pénurie en eau, la salinité peut être un problème. La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation. Des problèmes potentiels sont liés à la teneur en sels totaux, au type de sel ou à la concentration excessive d'un ou plusieurs éléments (Ayers *et al*, 1985).

**Tableau 03 : Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation (FAO 1985)**

| Problèmes potentiels en irrigation   | Unité   | Restriction pour l'irrigation |                  |       |
|--|---------|-------------------------------|------------------|-------|
|  |         | Aucune                        | Légère à modérée | Forte |
| Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)  |         |                               |                  |       |
| CEi  | dS/m    | <0.7                          | 0.7-3.0          | >3.0  |
| TDS  | mg/l    | <450                          | 450-2000         | >2000 |
| Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CEi et SAR) |         |                               |                  |       |
| SAR = 0-3 et CEi =   | >0.7    | 0.7-0.2                       | <0.2             |       |
| SAR = 3-6 et CEi =   | >1.2    | 1.2-0.3                       | <0.3             |       |
| SAR = 6-12 et CEi =  | >1.9    | 1.9-0.5                       | <0.5             |       |
| SAR = 12-20 et CEi =   | >2.9    | 2.9-1.3                       | <1.3             |       |
| SAR = 20-40 et CEi =   | >5.0    | 5.0-2.9                       | <2.9             |       |
| Toxicité de certains ions (affectent les cultures sensibles)   |         |                               |                  |       |
| Sodium   | : SAR   | <3                            | 3-9              | >9    |
| Irrigation de surface  | méq/l   | <3                            | >3               | –     |
| Irrigation par aspersion   |         |                               |                  |       |
| Chlore   | : méq/l | <4                            | 4-10             | >10   |
| Irrigation de surface  | méq/l   | <3                            | >3               |       |
| Irrigation par aspersion   |         |                               |                  |       |
| Bore   | mg/l    | <0.7                          | 0.7-3.0          | >3.0  |

| Effets divers (affecte les cultures sensibles)                  |       |                        |         |      |
|---|-------|------------------------|---------|------|
| Azote (NO <sub>3</sub> -N)                                      | mg/l  | <5                     |         | >30  |
|   |       | 5-30                   |         |      |
| Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> ) (pour aspersion sur frondaison) | még/l | <1.5                   | 1.5-8.5 | >8.5 |
| pH  |       | Zone normale : 6.5-8.4 |         |      |

- 1 EC<sub>w</sub> signifie la conductivité électrique en deciSiemens par mètre à 25°C.
- 2 SAR signifie le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio).
- 3 NO<sub>3</sub> -N signifie l'azote sous forme de nitrate rapporté en terme d'azote élémentaire. NH<sub>4</sub>-N et N-organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

### 2.3.2. Alcalinité

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation. L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu. Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR – Sodium Adsorptio Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité. Par conséquent, le SAR et EC<sub>w</sub> (salinité) devraient être employés en association pour évaluer les problèmes potentiels éventuels (Rhoades, 1977).

### 2.3.3. Toxicité spécifique des ions

Les ions les plus toxiques rencontrés généralement dans l'eau usée traitée sont le sodium (Na), le chlorure (Cl) et le bore (B) qui cause la plupart des cas courant de toxicité. Le bore est un des éléments essentiels aux cultures; cependant, les concentrations de B excédant 0,5 mg/l peuvent être toxiques aux cultures sensibles.

### 2.3.4. Éléments traces et métaux lourds

C'est le problème principal avec la réutilisation des eaux usées traitées dans les pays ayant une industrie lourde. Les métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires {cadmium (Cd), cuivre (Cu), molybdène (Mo), nickel (Ni) et zinc (Zn)} peuvent constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux et peuvent également affecter les cultures irriguées. Ces métaux, dans la plupart des cas, s'accumulent dans la plante et peuvent affecter de façon défavorable les humains ou les animaux domestiques se nourrissant de ces plantes. Pour cette raison, beaucoup de pays développés ont établi des charges maximum admissibles en métaux lourds sur les terres agricoles. Le problème des métaux lourds est discuté plus en détail en liaison avec les boues résiduaires.

**Tableau 04 : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation.**

| Constituent      | Utilisation a long terme <sup>b</sup><br>(mg/l) | Court terme <sup>c</sup><br>(mg/l) |
|------------------|---|------------------------------------|
| <b>Aluminium</b> | <b>5.0</b>                                      | <b>20.0</b>                        |
| <b>Arsenic</b>   | <b>0.10</b>                                     | <b>2.0</b>                         |
| <b>Béryllium</b> | <b>0.10</b>                                     | <b>0.5</b>                         |
| <b>Bore</b>      | <b>0.75</b>                                     | <b>2.0</b>                         |
| <b>Cadmium</b>   | <b>0.01</b>                                     | <b>0.05</b>                        |
| <b>Chrome</b>    | <b>0.1</b>                                      | <b>1.0</b>                         |
| <b>Cobalt</b>    | <b>0.05</b>                                     | <b>5.0</b>                         |
| <b>Cuivre</b>    | <b>0.2</b>                                      | <b>5.0</b>                         |
| <b>Fluor</b>     | <b>1.0</b>                                      | <b>15.0</b>                        |
| <b>Fer</b>       | <b>5.0</b>                                      | <b>20.0</b>                        |
| <b>Plomb</b>     | <b>5.0</b>                                      | <b>10.0</b>                        |
| <b>Lithium</b>   | <b>2.5</b>                                      | <b>2.5</b>                         |
| <b>Manganèse</b> | <b>0.2</b>                                      | <b>10.0</b>                        |
| <b>Molybdène</b> | <b>0.01</b>                                     | <b>0.05</b>                        |
| <b>Nickel</b>    | <b>0.2</b>                                      | <b>2.0</b>                         |
| <b>Sélénium</b>  | <b>0.02</b>                                     | <b>0.02</b>                        |
| <b>Vanadium</b>  | <b>0.1</b>                                      | <b>1.0</b>                         |
| <b>Zinc</b>      | <b>2.0</b>                                      | <b>10.0</b>                        |

( journal officiel de la république algérienne, 2012)..

### 2.4. Situation de la réutilisation des eaux usées brutes en irrigation en Algérie

Dans le territoire algérien la gestion des zones irriguées ; le contrôle sanitaire et technique ainsi que la qualité de l'eau épurée et les produits agricoles sont assurées par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : Agriculture, Santé, Environnement et commerce, Ressources en eau, (**Hannachi *et al*, 2014**).

Une réglementation a été mise en œuvre dans le Journal Officiel de la République Algérienne, c'est l'arrêté interministériel du 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. Ce texte est annoncé par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. L'irrigation avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture (**JORADP, 2012**).

### 2.5. Valorisation Agricole des EUT

Face à la rareté et la mauvaise répartition de l'eau, la réutilisation des eaux usées apparaît comme la solution la plus adaptée. Elle permet d'une part, de fournir des quantités d'eau supplémentaires, d'autre part d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et la protection de l'environnement.

Les eaux usées traitées présentent l'avantage de la stabilité par rapport à celles liées à la pluviométrie. Dans les nombreuses régions à climat aride et semi-aride comme l'Algérie, la réutilisation des eaux usées traitées, notamment dans l'agriculture, constitue une alternative intéressante pour la préservation des ressources conventionnelles destinées en priorité à l'Alimentation en Eau Potable (AEP). La réutilisation des eaux usées en agriculture permet d'augmenter le rendement des cultures et d'améliorer l'efficacité des systèmes d'irrigation (**eurojournals, 2012**).

En effet, une lame d'eau épurée de 100 mm (1000 m<sup>3</sup>/ha) peut apporter aux cultures à l'hectare :

- ❖ de 16 a 62 kg d'azote,
- ❖ de 2 à 69 kg de potassium,

- ❖ de 4 à 24 kg de phosphore,
- ❖ de 18 à 208 kg de calcium,
- ❖ de 9 à 100 kg de magnésium,
- ❖ de 27 à 182 kg de sodium.

### 2.5.1. Appui à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture

Le gouvernement d'Algérie connaît la nécessité des ressources hydriques additionnelles dans la mesure où le pays se caractérise par un climat aride et semi-aride. Parmi elles, la réutilisation des eaux usées traitées relève d'une exceptionnelle pertinence, d'autant que des investissements importants ont été faits dans les eaux résiduaires en sortie des stations d'épuration. Avec un traitement additionnel, elles peuvent servir à plusieurs usages, et en particulier à l'arrosage en agriculture.

Néanmoins et au-delà des avantages clairs de la réutilisation, les contraintes sont multiples, en termes de législation et surtout de qualité. S'il est évident que la réutilisation des eaux usées possède un grand avenir

La réutilisation des eaux usées épurées « REUE » est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages telles que les utilisations agricoles. L'irrigation est la plus répandue, permettant d'exploiter la matière fertilisante contenue dans ces eaux réalisant ainsi une économie d'engrais. Quelques exemples de périmètres d'irrigation projetée où existant utilisant les eaux usées épurées :

- Tlemcen : la mise en service du périmètre irrigué de Hennaya sur 912 ha à partir des eaux usées épurées de la station d'épuration d'Ain El Hout (Tlemcen).
- Constantine : Le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de Hamma Bouziane sur une superficie de 327 ha.
- Tiaret : périmètre de Dahmouni, à partir de la STEP de la ville, sur une superficie de 1214 ha.
- Bordj Bou Arreridj : périmètre d'irrigation, à partir de la STEP de la ville, sur une superficie de 350 ha.
- Oran : périmètre d'irrigation de M'leta à partir de la STEP de la ville sur une superficie de 8100 ha

### 2.5.2. Gestion des eaux usées épurées

Dans le cadre de la gestion des eaux usées épurées, un arsenal juridique pour protéger utilisateurs et gestionnaires a été mis en place. Pour une meilleure protection de l'environnement aquatique, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet ; qui sont données dans le tableau 3 par rapport aux respects des normes d'utilisation des eaux épurées et aux risques de contamination par ces eaux épurées en Algérie, il est aussi impératif de créer les conditions nécessaires à son développement.

**Tableau 05 : Normes de rejet pour l'irrigation (Normes Algériennes)**

| Paramètres      | Unité   | Seuil     |
|-----------------|---------|-----------|
| Température     | °C      | < 30      |
| Ph              | -       | 6.5 à 8.5 |
| Oxygène dissous | Mg O2/l | > 5       |
| MES             | Mg/l    | < 30      |
| DBO5            | Mg/l    | < 40      |
| DCO             | Mg/l    | < 90      |
| Azote Totale    | Mg/l    | < 50      |
| Phosphore (PO4) | Mg/l    | < 02      |

**Source :ANRH(Algérie)**

*Chapitre 03 : Description de la  
zone d'étude*

### 3. Description de la zone d'étude

#### 3.1. Généralités sur la zone d'étude

Kaïs, anciennement appelé Claudi puis Edgar-Quinet, est une commune de la wilaya de Khenchela en Algérie. Dans les coordonnées  $35^{\circ} 29' 41''$  nord,  $6^{\circ} 55' 27''$  est (Grégory vacher 2022).



**Figure 04 : localisation de la Commune de Kais dans la wilaya de Khenchela**

Elle est Située à une vingtaine de kilomètre au Nord-Ouest du Chef-lieu de la Wilaya de Khenchela, la région de Kaïs se caractérise par la plaine de Remila qui a connu ces dernières années des projets agricole du fait du programme de soutien à l'agriculture, Elle se constitue d'une plaine agricole caractérisée par de fortes potentialités hydriques et dominée par la céréaliculture, l'arboriculture fruitière ainsi que par l'élevage ovin et bovin malgré ça elle reste largement inexploitée en raison de la rareté des ressources en eau et de l'absence de culture d'investissement chez les habitants de la région.(ASAL.2016).



**Figure 05 : Visualisation de la région agricole de Kais sur image satellitaire Alsat-2A**

### **3.1.1. Situation géographique de la zone d'étude**

Sa superficie est estimée a 56 km<sup>2</sup> soit environ 5600 hectares ce qui représente 0.58% de la superficie totale de la wilaya. Elle est limitée par :

- Au Nord : commune de Remila
- A Est : commune d'El Hamma
- A Ouest : commune de Chelia
- Au Sud : commune de Tamza

Elle se localise entre 7 communes rurales et montagneuses ( Tamza , Remila , Chelia , Bouhmama ,El Hamma , Yabous , El Mesara ) .

Cette région est limitée au Nord-est par le a Sebkhah Guerrah El Tarf – Wilaya d'Oum El Bouaghi, alimentée par un réseau hydrographique dense de type endoréique, constitué de ruisseaux (Chaâbets) et d'oueds, Au Sud, la zone est traversée par la chaîne montagneuse des Aurès, avec son point culminant, le Djebel Chélia, 2328 m. Ces massifs sont recouverts

## Chapitre 3

d'espèces végétales forestières telles le Pin d'Alep, le Chêne ainsi que le Cèdre et sont enneigés en hiver.

### 3.1.2. Situation démographique

#### ❖ La Population

La population totale de la Wilaya est environ 469.510 habitants (31/12/2017) Et celle de la commune de Kais est de 150.000 Hab (**Grégory vacher 2022**).

### 3.1.3. Situation administrative

La zone d'étude est situé dans la wilaya de kenchela comprend également les communes administrative de kais ,Taouziant, Remila .

## 3.2. Etude géologique

La géologie est une partie très importante dans toute étude hydrologique et hydrochimique. Ainsi, la lithologie, la tectonique et la structure géologique jouent un rôle primordial sur la qualité des eaux suite à la dissolution des minéraux se trouvent dans la roche et sur la quantité d'eau qui ruissèle ou s'infiltré selon le type du terrain (perméable ou imperméable).

La géomorphologie est dominée par des hautes plaines parsemées des dépressions constituant le chott (Garaet El Tarf), avec une altitude d'environ 830 m ce dernier s'étend sur 20 km de long et 15 km de large dont seulement le 1/4 est inondé.

Tout autour, on trouve des petits chotts qui fusionnent avec celui de Garaet el Tarf lors des grandes crues. Les périmètres de ce lac salé sont caractérisés par un niveau plat. Les massifs qui encadrent le bassin dépassent les 2000 m. Les bordures Sud et nord de la zone sont marquées par des inclinaisons relativement importantes ; conséquence d'une activité tectonique ayant affectée ces régions, permettant un écoulement superficiel plus important. La zone d'étude est bordée :

- Au Nord, par des massifs de Sidi Reghis et Aamamet el Kebir.
- A l'Est, des massifs de Fedjidjet, Bou tokhma, Tafrennt et Chettaia.
- Au Sud, des djebels Feraoun, Aurès, el Aoud

## Chapitre 3

### 3.3. Réseau hydrographique de la région d'étude

D'après la D.E.W. (2009). La wilaya de Khenchela s'inscrit dans les limites géographiques de trois bassins versants :

- Le bassin versant des hautes Plaines Constantinoises, qui correspond à la partie Nord de la wilaya (piémonts Nord des Aurès et zone des dépressions) ;
- Le bassin versant de la Médjerdah, pour la partie Nord-est correspondant aux versants Sud des Djebels : Chettaia, Tafrennt et Bou Tokhma et aux versants Nord des Djebels : Tadilist et Tadjinnart ;
- Le bassin versant du Chott Melghir, pour les parties médiane et Sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Nemenchas, aux vallées des Oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présaharienne du sud. Contrairement aux deux premiers bassins précités, qui ne touchent qu'une petite partie de la wilaya, ce bassin couvre plus des trois quarts du territoire.

Concernant le réseau hydrographique, la wilaya est drainée par quelques Oueds d'une importance relative et à caractère endoréique, alimentés par un chevelu très dense. Les cours les plus importants sont présentés ci-après par bassin versant (**Tableau 06**)

**Tableau 06 : Principaux Oueds de la wilaya et leurs exutoires**

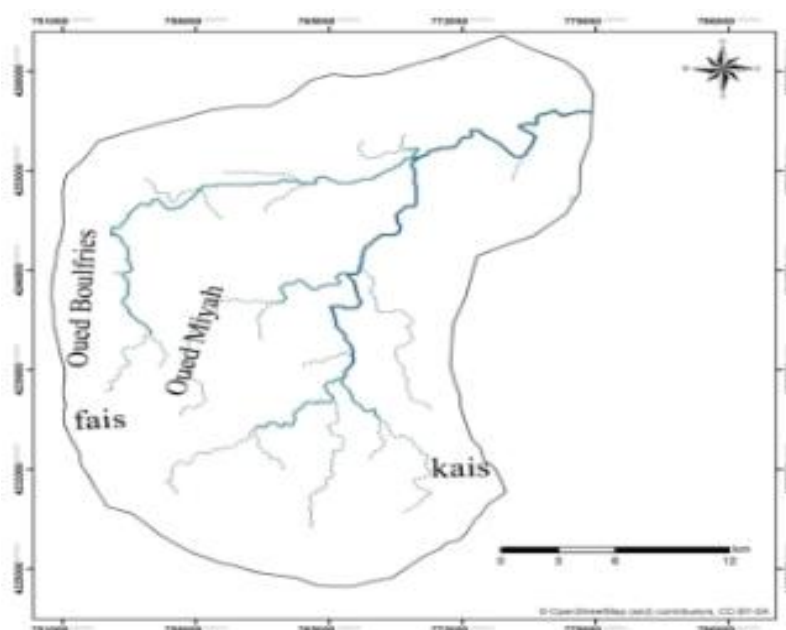
| Dénomination  | Principaux affluents                                | Exutoire         |
|---|---|------------------|
| Oued Sbikha   | O. Guergoub   | Bassin de Sbikha |
| Oued Bou Djeran, Oued Zoui                                    |   |                  |
| Oued Boulefreis   | O. Martoum, O. El Melah, O. Taouztennt, O. Meroui   | Gareat et Tarf   |
| Oued Gueis  | O. Issouel  |                  |
| Oued El Hamma   | O El Kissan   |                  |
| Oued Baghai, Oued Aimer                                       |   |                  |
| Oued El Arab  | O. Mellagou, O. El Abiodh, O. Tamagra, O. El Hatiba | Chott Melghir    |
| Oued El Hazz  | O. Aleb El Khezil                                   |                  |
| Oued Meghder El Beggour, Oued Bidjer, Oued Rharhar, O El Mita |   |                  |

Source : DEW, 2009.

La région étudiée est caractérisée par un réseau hydrographique bien développé où la majorité des Oueds sont caractérisés par un écoulement temporaire :

Oued Boulefraï à l'Ouest, Oued Baghai au centre-est qui aboutissent dans la dépression salée, et à l'intérieur l'Oued Marouf qui est le prolongement de l'Oued Gueis vient se jeter dans les petites garât situées à l'extrême est de la zone d'étude (D.H.W.K, 1984).

Les Oueds de la commune sont essentiellement de type endoréique et déversent leurs eaux dans les dépressions salées de la région (D.E.W., 2009) (figure 6).



**Figure 06 : Réseau hydrographique de la commune de Kais**

### 3.4. Agriculture

L'agriculture et l'élevage ovin et bovin ainsi que l'exploitation forestière sont les activités traditionnelles de la wilaya de kenchela.

Kais est connue par sa grande activité agricole et pastorale. Elle est située sur la route principale qui relie les hauts plateaux aux basses plaines steppiques, passage obligé de l'axe

Commercial Sahara-Tell. Elle s'étend sur l'essentiel du potentiel en superficie agricole utile (SAU).

L'agriculture est essentiellement tournée vers la céréaliculture. On y pratique aussi de l'élevage ovin et bovin compte tenu des potentialités fourragères dont dispose cette région. Les pratiques arboricoles sont éparses et sont pratiquement à caractère familial. C'est le cas aussi des pratiques maraichères qui ont pris toutefois un essor de développement important local et régional passant du stade familial limité vers une production plus large occupant les marchés avoisinants.

L'élevage intensif, avicole, ovin, et bovin, tient une place prépondérante dans le tissu socio-économique de Kais .

Il faut noter toute fois que compte tenu des conditions climatiques aléatoires et contraignantes, car les quantités pluviales sont faibles, les rendements sont conséquemment faibles et ne dépassent pas les 10 qtx/ha (**Zouooui 2008**).

# *Chapitre 04 : Etude climatique*



## 1. Etude climatique

### 1.1. Introduction

La climatologie constitue un facteur important pour la connaissance du devenir des précipitations. Elle repose sur l'interprétation des données, des paramètres climatiques mesurés durant une période bien définie permettant ainsi d'estimer les différentes composantes du bilan hydrique, ce dernier est nécessaire pour comprendre le fonctionnement d'un système hydraulique de surface, impliquant la connaissance des paramètres suivants : (Les précipitations, la température, l'évapotranspiration, la neige et la grêle), qui conditionnent ce bilan. **(Reminiéras, 1986)**

Le climat algérien est un climat de transition. Il varie du type méditerranéen et semi-aride dans le Nord au type désertique dans le Sahara. Du fait de son appartenance géographique à la zone aride et semi-aride, l'Algérie du Nord est soumise à des conditions hydro climatiques défavorables, caractérisées par :

- Des précipitations irrégulières avec des variations interannuelles importantes
- Une forte irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements

### 1.2. Climatologie de la zone d'étude

La région d'étude se spécifie par un climat continental, chaud et sec en été , froid et pluvieux en hiver. La moyenne de la pluviométrie se situe entre 400 et 600 mm/an. Les régions montagneuses sont couvertes de neige en hiver. Il se dégage cinq sous-étages bioclimatiques :

- Semi-aride inférieur : de 350 mm à 450 mm, est composé d'une zone naturelle au nord-ouest montagneux.
- Aride supérieur : à partir de 250 mm à 350 mm, représentés par les hautes plaines du nord de fèves habituellement occupé avec un faible rendement, avec des inclinés d'adaptation des systèmes de production.
- Aride moyen : de 200 mm à 300 mm dans la région montagneuse, représentée par centrale (monts des Nementcha), a vocation steppique.
- Aride inférieur : de 100 mm à 200 mm est composé de la région présaharienne ou dominant les parcours présahariens.

- Aride supérieur : moins de 100 mm et est compose d'une partie de l'Atlas saharien, qui représente la pierre angulaire de la remise en état des terres désertiques de la région.
- ✚ Pour étudier le climat de la zone d'étude, nous avons exploité des données recueillies au niveau de la station météorologique d'El Hamma gérée par l'office national de la météorologie, et dont la période d'observation de 2010 à 2021 pour la station d'El Hamma, a servi pour l'évaluation des facteurs du bilan. Cette station est située selon les coordonnées suivantes :

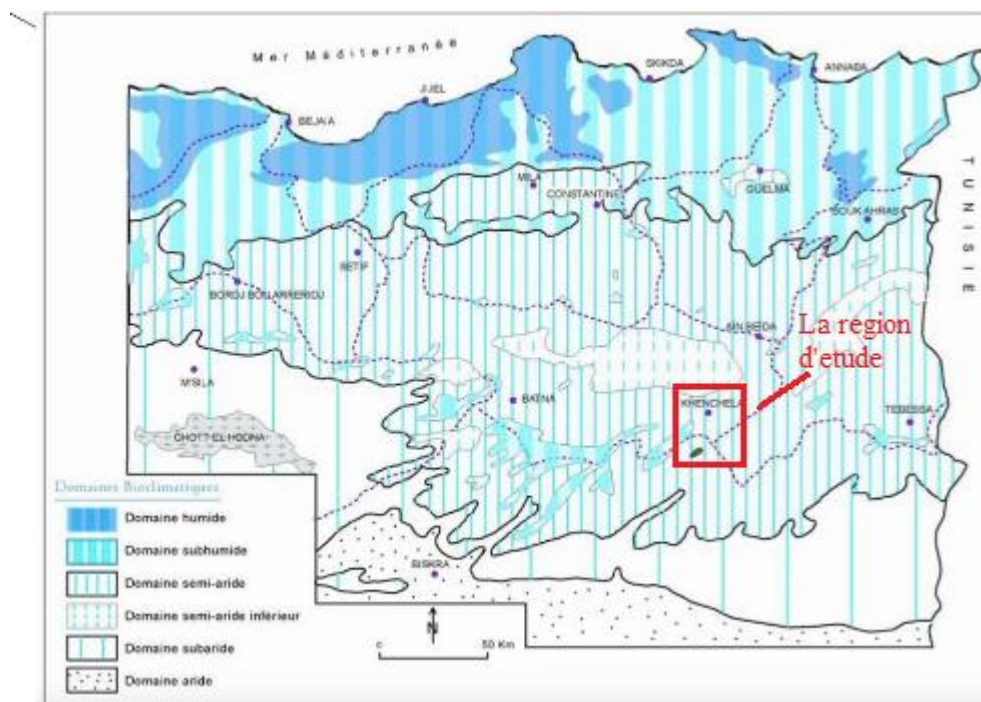
**Tableau 07 : Les coordonnées de la station météorologique D'Elhamma**

| Coordonnée | Latitude | Longitude | Altitude | Période d'observation |
|------------|----------|-----------|----------|-----------------------|
| D'Elhamma  | 7°05'E   | 35°28'N   | 928.5 m  | 2010-2021             |

Source : ( la station météorologique D'Elhamma )

### 1.3.Caractéristiques climatiques de la région d'étude

Selon la situation géographique de l'Algérie, on peut distinguer trois zones climatiques; la première à climat méditerranéen au Nord, la seconde à climat semi-aride vers l'intérieur du pays et enfin un climat aride qui caractérise le grand Sahara.



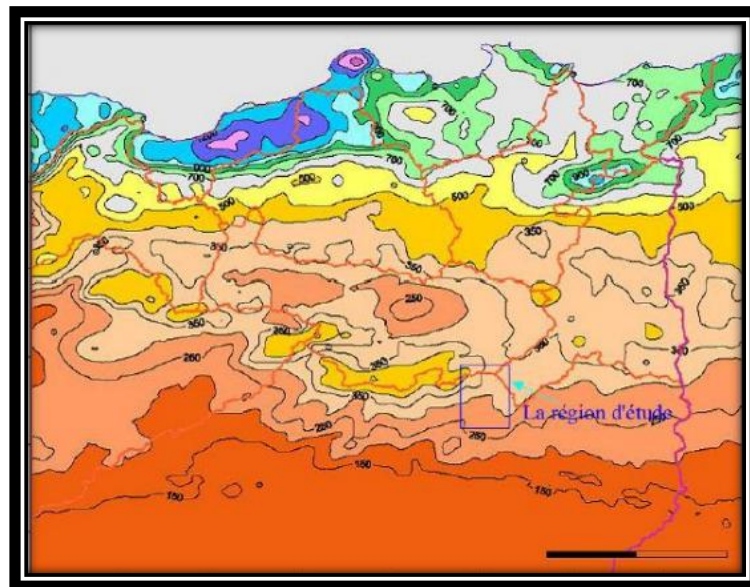
**Figure 08 : carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'est Algérien**

La région d'étude fait partie de la deuxième zone semi-aride, marquée par les risques et les aléas. Dans ce qui suit, nous pouvons voir un aperçu hydroclimatique qui est indispensable à la compréhension des processus de changement climatique. Ceci nous permettra d'avoir une vision générale sur la variation des paramètres climatiques influe sur l'évolution des concentrations des éléments chimiques, en fonction des saisons.

#### 1.4. Étude des paramètres climatiques

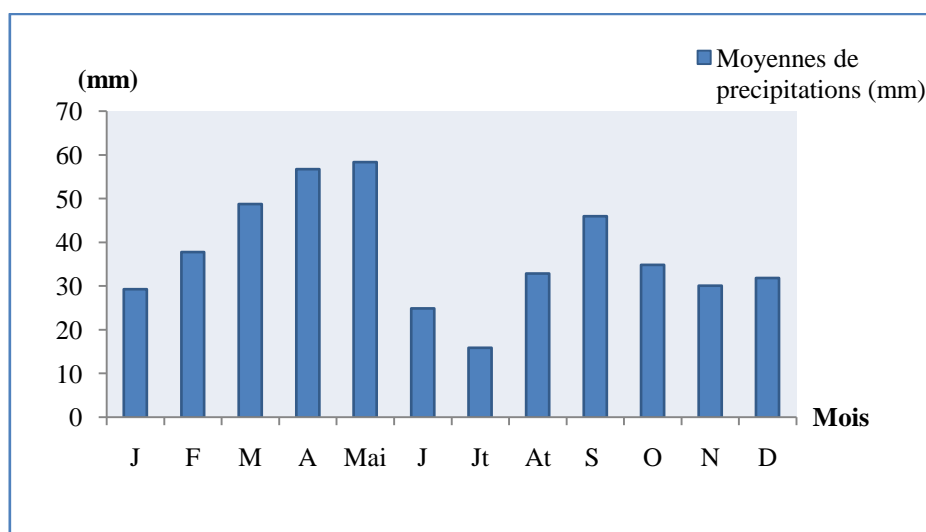
##### ✚ Les précipitations

La répartition spatiale des pluies obéit à deux paramètres, la répartition hypsométrique et la disposition du relief, Selon la carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien établie par l'i A.N.R.H (1993), l a été constaté que la région l'Ouest de Khenchela apparaît à un secteur sec dont les précipitations moyennes annuelles oscillent entre 250 et 400 ( mm ) selon un gradient Nord-Sud ( ANRH).



**Figure 09: Carte des précipitations annuelles moyennes de l'Est algérien. (A.N.R.H, 1993).**

Les précipitations constituent la principale « entrée » des principaux systèmes hydrologiques continentaux que sont les bassins versants. La pluie est un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, elle joue un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines (Musy,2005



**Figure 10 : Diagramme des précipitations moyennes mensuelles de la période (2010-2021).**

Le diagramme montre que les précipitations moyennes mensuelles de la période (2010/2021) sont de 447,48 mm. Le mois le plus pluvieux est le mois de Mai avec une moyenne de 58.30mm , par contre le mois le plus sec est celui de juillet avec une moyenne mensuelle de 15,93mm. ( figure 05) .

#### Le régime saisonnier

Le régime saisonnier est la somme des précipitations par saison en classant ces dernières par ordre de pluviosité croissante.

**Tableau 08 : Régime saisonnier de précipitations de la région**

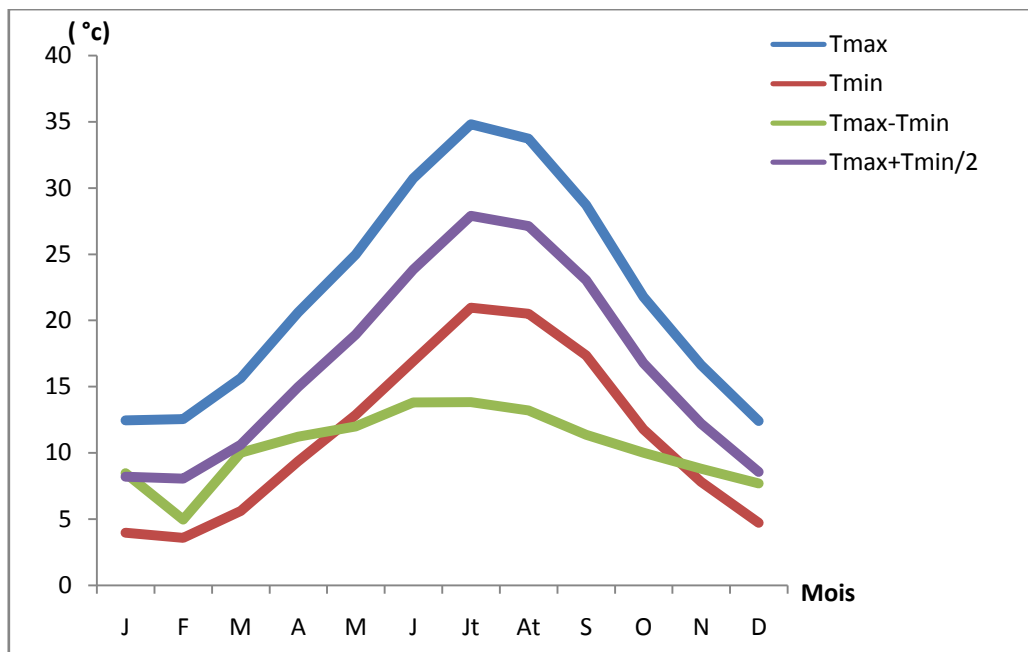
| Période      | Régime saisonnier |          |          |           | Type de Régime |
|--------------|-------------------|----------|----------|-----------|----------------|
|              | Eté               | Automne  | Hiver    | Printemps |                |
| ( 2010-2021) | 24.57 mm          | 36.99 mm | 32.97 mm | 54.60 mm  | PAHE           |

**PAHE : la valeur maximal par ordre croissant la plus grande valeur jusqu'au la plus moindre valeur de chaque saison.**

La saison la plus pluvieuse est le printemps avec une moyenne de 54.60 mm , alors que l'été est la saison la plus sèche avec une moyenne de 24.57 mm .

### ✚ La température

La température est un paramètre intéressant dans l'étude des eaux elle joue un rôle très important dans la solubilité des minéraux.( **Marillys,2015** ) .

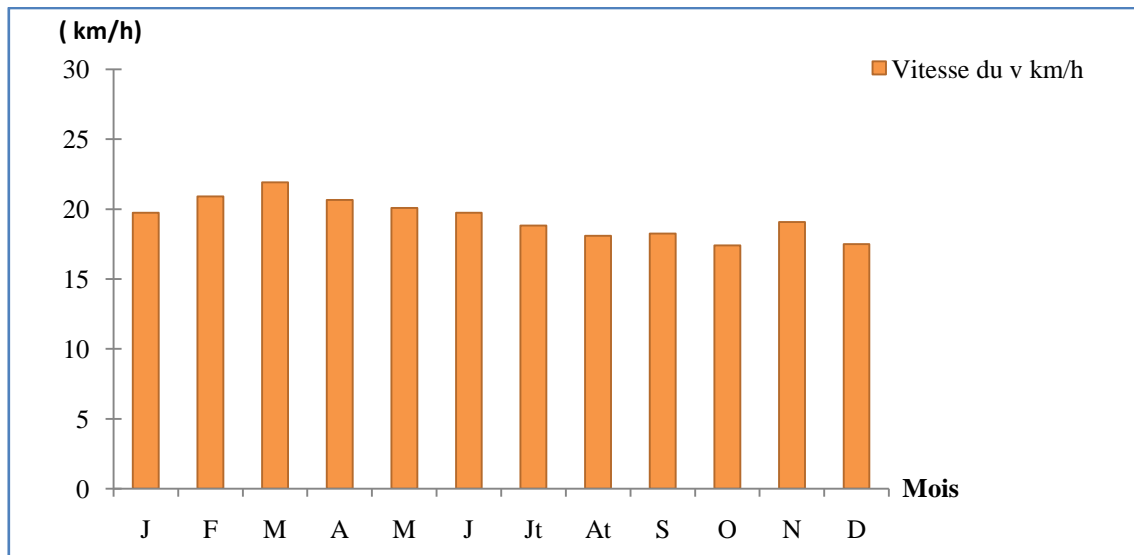


**Figure 11 : Diagramme des températures moyennes mensuelles de la période (2010-2021)**

En analysant les données de la période (2010-2021) , nous constatons que décembre est le mois le plus froid avec une température moyenne mensuelle de 3.5°C, alors que juillet est le mois le plus chaud avec une température moyenne mensuelle de 34.80°C. (**Figure 11**).

### ✚ Le vent

Le vent est un facteur important du climat, la connaissance de sa direction, son intensité et sa fréquence sont nécessaire pour la mise en valeur agricole d'une région notamment l'orientation des brises vents. Le vent assure le remplacement de l'air plus ou moins saturé au contact de la surface évaporant par des nouvelles couches ayant une température et une humidité généralement plus faibles. Il favorise donc l'évaporation, d'autant plus que sa vitesse et sa turbulence sont grandes (**Marillys,2015**).

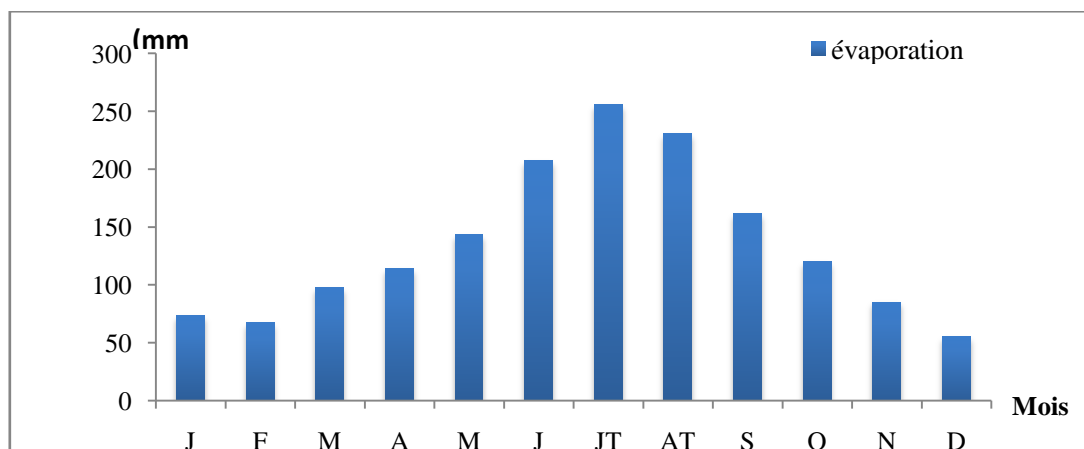


**Figure 12: Diagramme des moyennes des vitesses maximales instantanées des vents de la période (2010-2021)**

Le diagramme montre que la vitesse maximale du vent est observé au mois de mars avec une moyenne de vitesse de 21.91 km/h , et un minimum au mois d'octobre avec une moyenne de vitesse de 17.4 km/h . (Figure 12).

#### ✚ L'évaporation

C'est le passage de la phase liquide à la phase vapeur (Sublimation : passage direct de l'eau sous forme solide en vapeur). L'évaporation est une composante fondamentale du cycle hydrologique et son étude est essentielle pour connaître le potentiel hydrique d'une région ou d'un bassin versant.

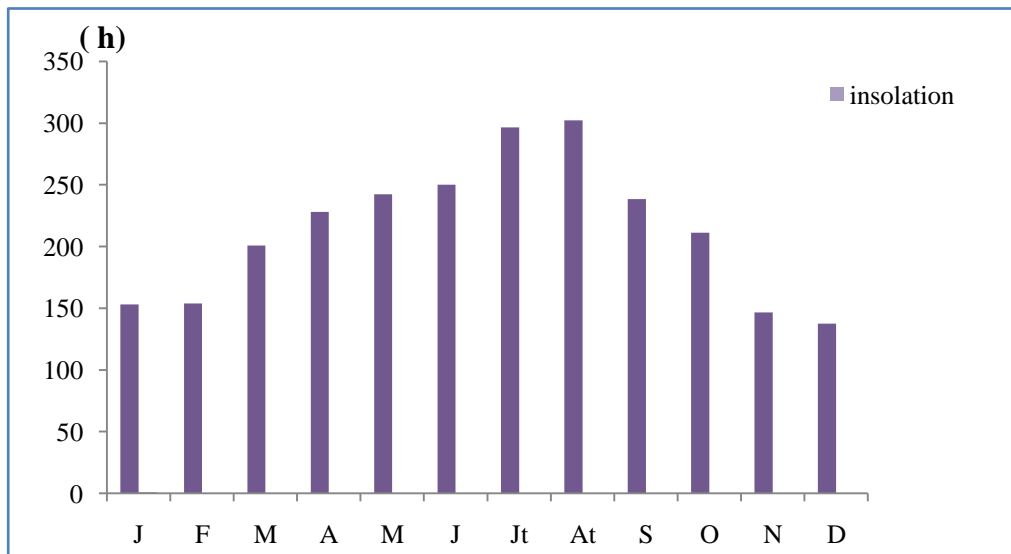


**Figure 13 : Diagramme des moyennes mensuelles de l'évaporation de la période (2009-2017)**

L'évaporation moyenne variée d'un mois à l'autre. La valeur maximale est enregistrée en juillet avec une moyenne de 255.9 mm et la valeur minimale est enregistrée en décembre avec une moyenne de 55.26 mm comme indique la figure 13 .

### ✚ L'ensoleillement

Aussi appelé insolation, est la mesure du rayonnement solaire que reçoit une surface au cours d'une période donnée.(Marillys,2015) .



**Figure 14 : Diagramme des moyennes des durées totales d'insolation de la période (2009- 2017)**

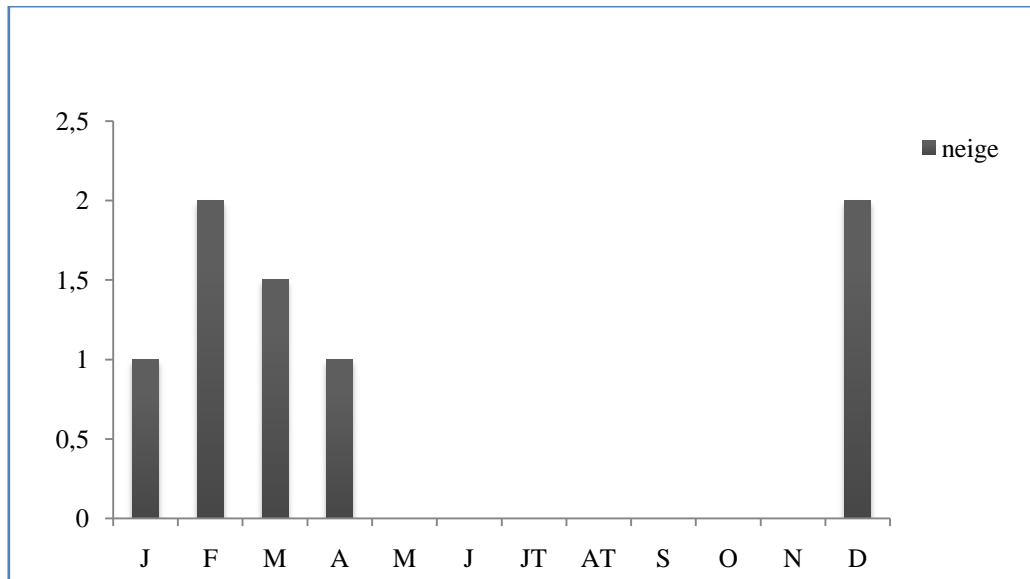
La répartition des moyennes mensuelles d'insolation nous permet de constater que la brillance du soleil est maximum au cours du mois d'août avec une moyenne de 302.3 heures, et le minimum est enregistré pendant le mois de décembre avec une moyenne de 137.41 heures.

Les durées d'insolation enregistrées sont plus longues en saison sèche qu'en saison pluvieuse. Les allures moyennes mensuelles de la figure présentent les mois de mai, juin, juillet et août comme étant les plus ensoleillés avec une moyenne de 283.1 h.

### ✚ La Neige

La neige aussi est un facteur écologique de toute première importance dans les milieux subpolaires et montagnards. Elle exerce des actions biologiques variées, de nature thermique et mécanique. La couverture neigeuse, par ses propriétés isolantes, protège

efficacement du froid la végétation et les animaux (rongeurs par exemple), enfouis sous cette dernière.

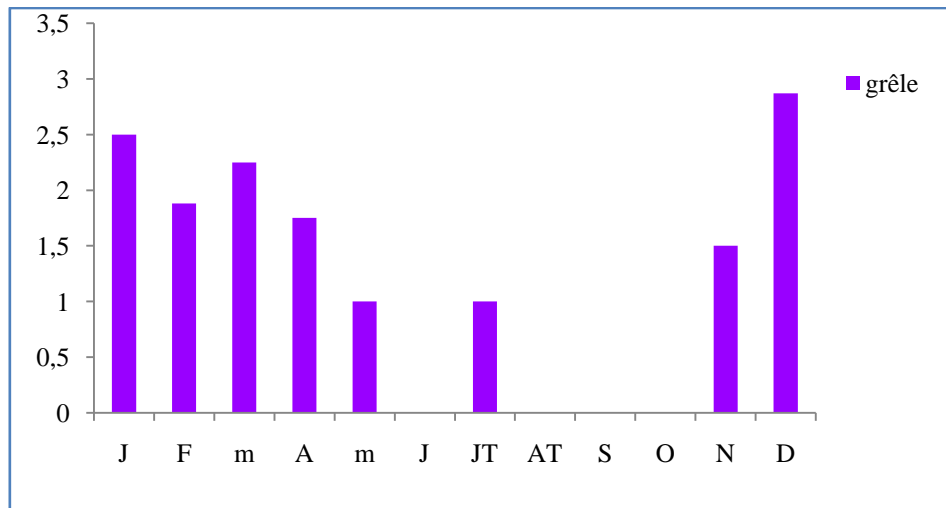


**Figure 15 : Diagramme des moyennes des nombres de jours de neige de la période (2010-2021).**

A partir de la figure on constate que l'enneigement s'étale sur une durée de 5 mois du Décembre jusqu'au mois d'Avril donc la plus grande partie de la neige tombe durant la période hivernal, le maximum étant au mois de mars avec une moyenne de 17 jours de neige. L'enneigement consiste une réserve d'eau cédée progressivement du sol (figure15)

#### ✚ La grêle

La grêle est un des types solides de précipitations atmosphériques. Elle est constituée de billes disjointes de glace (grêlons) dont le diamètre peut varier de quelques millimètres à une vingtaine de centimètres, mais il est en général de 5 à 50 millimètres.(Marillys,2015) .



**Figure 16 : Diagramme de moyennes de nombre de jours de grêle (2010-2021)**

La figure 16 montre que la grêle n'est pas fréquente dans la région, la valeur maximale est enregistrée au mois de Décembre avec une moyenne de 3 jours. (Figure 16).

#### 1.4.1. Synthèse climatique

##### ✚ Indice d'aridité

En 1925 Emmanuel De Martonne a proposé une formule climatologique permettant le calcul d'un indice dit indice d'aridité ( $I_a$ ). Cet indice est en fonction de la température (**T en °C**) et des précipitations (**P en mm**) et permet de déterminer le type de climat qui caractérise la zone d'étude (**Gaagai, 2009**).

Ce paramètre se calcule selon la formule suivante:

$$I_a = P / (T + 10)$$

Avec:

**I<sub>a</sub>**: indice d'aridité

**P**: précipitations moyennes annuelles (mm).

**T**: températures moyennes annuelles (°C).

Les valeurs de l'indice permettent de déterminer le climat selon le classement suivant:

#### Quand:

- $I_a < 5$  le climat est hyperaride.
- $5 < I_a < 7.5$  le climat est désertique.
- $7.5 < I_a < 10$  le climat est steppique.
- $10 < I_a < 20$  le climat est semi-aride.

- $20 < I_a < 30$  le climat est tempéré.
- $I_a > 30$  le climat est humide.

Pour le cas de notre zone d'étude,  $P = 447.48\text{mm}$  et la  $T = 16.68^\circ\text{C}$  donc cet indice est égal à :

$$I_a = 447.48 / 16.68 + 10$$

$$I_a = 16.77$$

Ce qui permet de dire que le climat est semi-aride avec un écoulement temporaire.

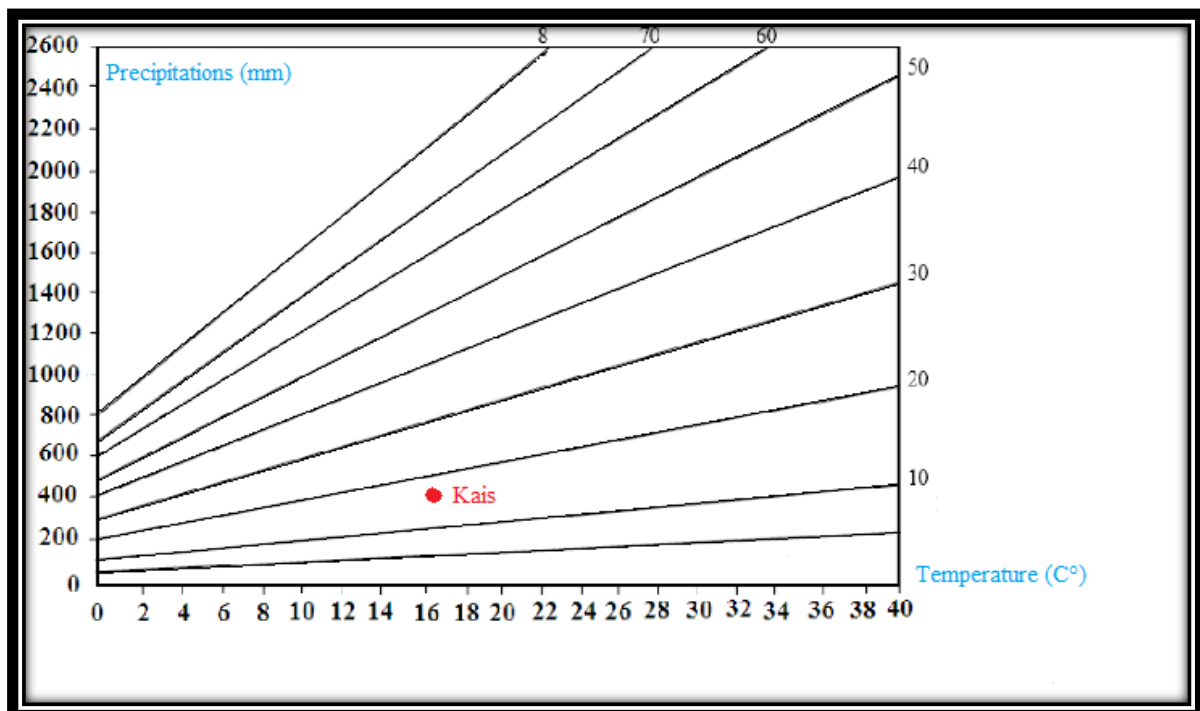


Figure 17: L'indice d'aridité annuel de Martonne.

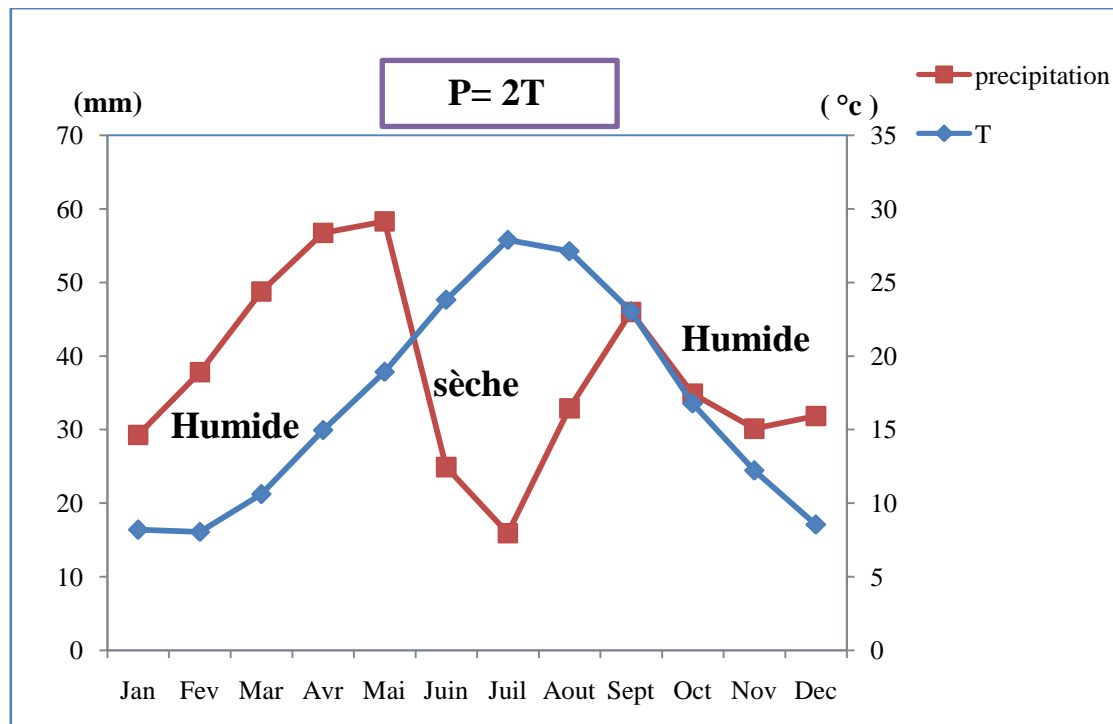
#### ✚ Diagramme pluviothermique de Gaussen

La combinaison des deux principaux facteurs climatiques, la température et les précipitations est intéressante dans la mesure où elle permet de déterminer les mois véritablement secs. Cette relation permet d'établir un graphe dit pluviothermique de Gaussen (Gaagai, 2009).

D'après Gaussen (1953), sur ce graphe les températures sont portées à l'échelle double des précipitations considère comme mois sec celui où le total mensuel des précipitations ( $P$ ) exprimé en millimètres, est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle

(T) exprimée en degrés Celsius.

$P < 2T$  (indice de Gaussen)



**Figure 18 : Diagramme ombrothermique de Gaussen et de Bagnouls  
(Station d'el Hamma 2010-2021).**

D'après le diagramme Ombrothermique de Gaussen de la station d'El-Hamma nous constatons que la période sèche dure environ 107 jours de juin jusqu'à la mi-septembre. La détermination de cette période est d'une grande importance pour l'hydrologie à fin de pouvoir estimer les besoins en eau.

Tandis que la saison humide et froide elle s'étale du début de septembre jusqu'au mois de Mai

#### ✚ Le diagramme de Quotient pluviothermique d'Emberger

Pour préciser le climat de la région, nous employons le Climagramme d'Emberger (figure 19) sur lequel nous avons reporté les données relatives à la station d'El Hamma où les valeurs de la moyenne de la température minimale (m) figurent en abscisse, et les valeurs Q2 en ordonnées selon la formule suivante:

$$Q_2 = 1000 P / [(M+m)/2(M+m)] \text{ soit : } Q_2 = 1000P / (M^2 - m^2)$$

$$= [1000 / (M+m)/2 * 273] * [P / (M+m)].$$

Ce quotient est par la suite simplifié par Stewart (1969) comme suit :

$$Q2=3,42 [P/ (M-m)]$$

Où :

Q2 : quotient pluviothermique annuel en (mm).

P : hauteur des précipitations moyennes annuelles en (mm).

M : moyenne des maximal du mois le plus chaud (°C).

m : moyenne des minimal du mois le plus froid (°C).

M-m : amplitude thermique extrême moyenne.

❖ Dans notre zone d'étude :

P = 447.48 ; M = 34.80°C ; m = 3.5°C Donc

$$Q2 = 3.42[447.48/ (34.80-3.5)] \longrightarrow Q2 = 48.87$$

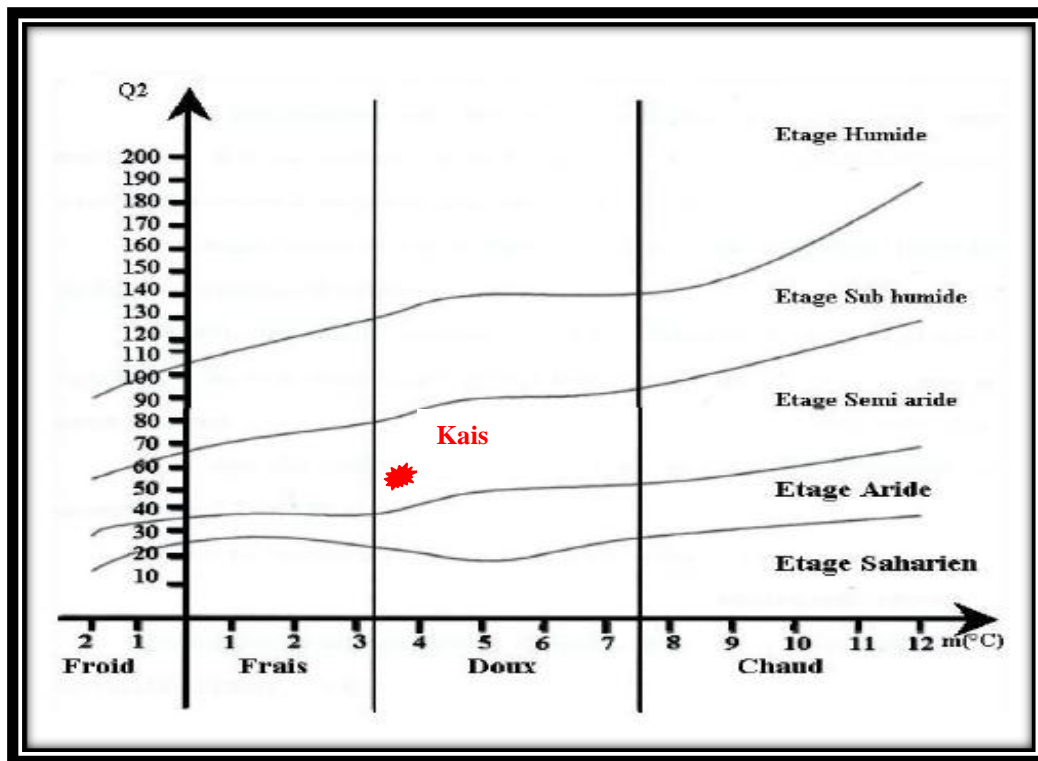


Figure 19 : Diagramme d'Emberger de la zone d'étude.

En utilisant ce diagramme avec la valeur obtenue ( $Q2=48.87$ ,  $m= 3.5^{\circ}\text{C}$ ), on constate que la région d'étude est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver doux.

**Conclusion**

La région d'étude est soumise à un climat semi-aride (environ de quatre mois secs), elle est caractérisée par un hiver froid et pluvieux et un été chaud et sec. Cette zone est caractérisée par l'irrégularité et le forte de ses précipitations. Les précipitations moyennes annuelles pour la période 2010-2021 sont de 447.48 mm.

La température moyenne est de 27.12. °C pour la période (2010-2021), avec un maximum de 34.80. °C au mois de juillet et un minimum au mois de Février de 3.5°C

# *Chapitre 05 : Matériels et méthodes*



## Chapitre 5

### L'Office National de l'Assainissement (ONA)

#### 1.1. Définition

L'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national, à caractère industriel et commercial. Il a été créé par le décret exécutif n° 01-102 du 27 Moharem 1422 correspondant au 21 Avril 2001. (**Journal officiel ,2001**)

L'Office est placé sous la tutelle du ministre des ressources en eau. L'Office National de l'Assainissement est chargé dans le cadre de la politique national de l'assainissement : de l'exploitation, de la maintenance, du renouvellement, de l'extension et de la construction de tout ouvrage destiné à l'assainissement des agglomérations (des infrastructures d'assainissement) et surtout, les réseaux de collecte des eaux usées, les stations de relevage, les stations d'épuration, dans les périmètres urbains et communaux. Il assure aussi:

- La protection de l'environnement hydrique et la sauvegarde des ressources en eau
- La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique.
- La préservation de la santé publique.
- L'élaboration et de la réalisation des projets en relation avec le traitement des eaux usées.

L'ONA assure également pour le compte de l'Etat, la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre déléguée concernant les projets d'études, de réalisation de réhabilitation, de diagnostics des stations d'épuration, des réseaux d'assainissement et de collecte de l'eau pluviale ainsi que des stations de relevage (**JORADP,2001**).

#### 1.2. Rôles de L'Office

L'office est également chargé de :

- Proposer au ministère de tutelle les mesures d'encouragement de l'état ou les incitations à caractère technique ou financier dans le domaine de l'assainissement.
- Entreprendre toutes actions de sensibilisation, d'éducation, de formation ou d'étude et de recherche dans le domaine de la lutte contre la pollution hydrique.

## Chapitre 5

- Prendre en charge, éventuellement, les installations d'évacuation des eaux pluviales dans ses zones d'intervention pour le compte des collectivités locales.
- Réaliser des projets nouveaux financés par l'état ou les collectivités locales.
- L'Office étudie et propose à l'autorité de tutelle la politique de tarification et de redevances dans le domaine de l'assainissement et veille à son application.

En fin, l'office est chargé des missions opérationnelles suivantes :

- Etablir le cadastre des infrastructures de l'assainissement et en assurer sa mise à jour.
- Elaborer les schémas directeurs de développement des infrastructures d'assainissement relevant de son domaine d'activité.
- Elaborer et mettre en œuvre la politique de promotion des sous produits de l'assainissement

### 1.3. Présentation de l'activité de l'unité de Khenchela

L'unité ONA de la wilaya de Khenchela a été créée en Janvier 2007 , est rattachée administrativement à la zone de Batna , elle assure la gestion du service public d'assainissement et l'exploitation des ouvrages et infrastructures de l'Assainissement existantes de **10 communes** sur les 21 que compte la wilaya .Soit un linéaire du réseau d'assainissement de **770 km** , le taux moyen de raccordement à l'égout de la wilaya est de l'ordre de 98 %.( **ONA , Khenchela.2022** ).



**Figure 20 : L'office national de l'assainissement de Khenchela**

## Chapitre 5

L'ONA assure également la gestion et l'exploitation de 07 stations d'épurations des eaux usées dont 02 de types boues activées ( STEP de Khenchela et de Kais ), 04 de types lagunage naturel ( Ain Djerboua , Remila , M'toussa , Tamza et une station de type lagunage aéré de Ain Touila

➤ Potentiel actuel de traitement :

Sur les 130 stations d'épuration exploitées par l'ONA (office national de l'assainissement) à travers les 44 wilayas, 17 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture. Le volume réutilisé, fin aout 2016, est estimé à 14,6 millions de m<sup>3</sup> afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles.

- utilisations municipales : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies et des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes ;
- utilisations industrielles : pour le refroidissement ;
- amélioration des ressources : recharge des nappes pour la lutte contre les rabattements des nappes et la protection contre l'intrusion des biseaux salés en bord de mer (**ona-dz.org**)

### 1.4. L'Office National d'Irrigation et de Drainage (ONID)

La nouvelle politique de l'eau mise en place par le ministère des ressources en eau est basée sur des principes nouveaux de gestion intégrée, participative, économique et écologique. Cette politique s'est concrétisée notamment par la création de l'Office national de l'irrigation et du drainage (ONID) en tant qu'outil privilégié du secteur pour la relance du programme de développement de l'hydraulique agricole et l'utilisation rationnelle du facteur d'eau comme un élément de base pour l'accroissement de la production agricole.

Pour obtenir une gestion optimale d'irrigation : l'adoption de procédés d'irrigation économiseurs d'eau et l'utilisation des eaux non conventionnelles (eaux usées traitées), contribueront à l'extension notable des superficies irriguées, l'objectif global de l'Algérie est d'atteindre une L'Office National pour l'Irrigation et le Drainage, C'est une structure chargée de l'ensemble de l'activité hydraulique agricole dans les Grands périmètres d'irrigations (GPI), créée en 18 mai 2005. Elle est subdivisée en 5 directions régionales selon le découpage hydrographique adopté par le secteur. Elle est présente dans l'ensemble des grands périmètres

d'irrigation, soit plus d'une vingtaine d'unités. Son potentiel humain dépasse les 2.000 personnes.

Devant le déficit hydrique accru que connaît le pays, L'ONID a lancé une nouvelle expérience dans un vaste programme qui permet d'augmenter sensiblement les superficies irriguées. Il consiste en la réutilisation des eaux usées épurées, produites par les stations d'épuration de l'ONA pour irriguer des périmètres à l'aval de chaque station d'épuration et lagune.

Particulièrement, dans les périmètres d'irrigation, l'ONID est chargé de :

- gérer, exploiter et entretenir les réseaux d'irrigation.
- diriger les irrigations.
- commercialiser l'eau agricole.
- Apporter assistance et conseils aux usagers de l'eau agricole.

Actuellement, l'office exploite et entretient 25 périmètres d'irrigation d'une superficie équipée globale de plus de 200.000 ha, dont plus de 162.000 ha sont irrigables.

### 2. Présentation générale de la Station d'épuration de La commune de Kais



**Figure 21 : La Station d'épuration de la commune de Kais**

- **Nom de l'établissement** : Station d'épuration des eaux usées de la ville de Kais
- **Commune** : Kais
- **Wilaya** : kenchela
- **Localités concernées par le traitement** : Ville de Kais
- **Statut juridique** : La station d'épuration de la ville de Kais est une unité filiale de l'office national de l'assainissement ( ONA) .
- **Date de mise en service** : 03/01/2018.
- **Capacité en (Eq/hab)** : 60. 000 Eq/H 7200 m<sup>3</sup>/j.
- **Procédé d'épuration** : boue Activée
- **Débit nominal en (m<sup>3</sup>/j)** : 12 000 m<sup>3</sup> /j
- **Lieu de rejet** : Oued Laadjardiya par une canalisation de rejet .
- **Impact final** : protection de la nappe.
- **Maitre d'ouvrage** : DHW de Khenchela
- **Entreprise retenue pour la partie équipements** : FOREMHYD .
- **Site de la station** : la station d'épuration occupe une superficie de 7.3 hectares, elle est délimitée au Nord par Remila ; à L'est par route de Remila ; à l'ouest par route d'Oueld Aïd et au Sud par la ville de Kais.

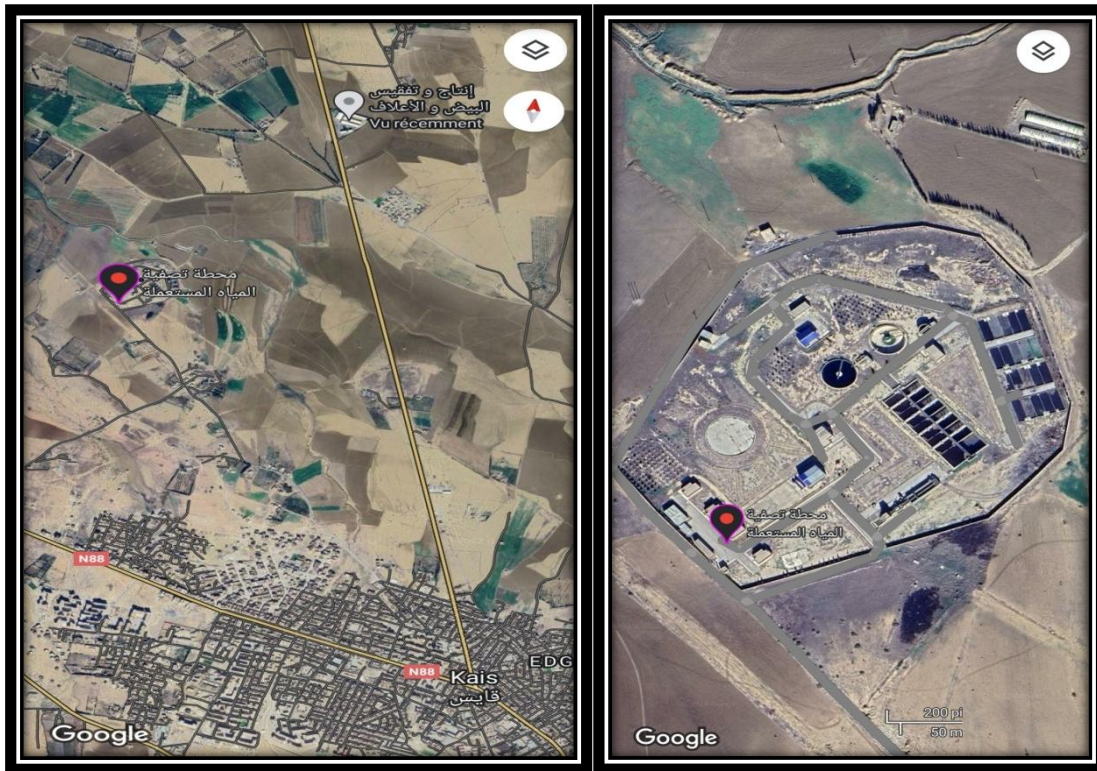


Figure 22 : Localisation de la STEP de Kais (Google maps 2022 )

- **Fonctionnement**

le système d’assainissement de la ville de Kais est de type Unitaire .Les eaux usées a traitées de la STEP sont constituées principalement par des effluents d’origine urbaines ; cette station comprend obligatoirement deux filières de traitement : la filière eau et la filière boue activées à faibles charges Les résidus générés de cette dernière, sont traités par épaissement gravitaire + déshydratation mécanique et lits de séchage secours avant leur évacuation ( **ONA Khenchela ,2022** ).

Concernant la filière eau, l’eau est débarrassée de différents polluants avant son rejet dans le milieu naturel (Oued L’aadjardiya) Cette filière comprend généralement.

- Un prétraitement (qui permet d’éliminer de l’eau les matières en suspension (déchets grossiers, sables...) et les huiles.
- Un traitement primaire qui permet aux matières en suspension de se déposer par simple gravité sous forme de boues.
- Un traitement secondaire (élimine les matières en solution dans l’eau (matières organiques, substances minérales...) La clarification (décantation secondaire)

## Chapitre 5

### 3. Mode de prélèvement

Dans ce travail, on a évalué la qualité des eaux épurées sortantes de la station d'épuration de Kais afin de déterminer son aptitude à l'irrigation et de évaluer le rendement épurateur de cette station .Pour atteindre cet objectif nous avons effectué des analyses de différents paramètres de pollution. Sachant que cette période d'analyse a duré 7 mois (du mois d'octobre jusqu'au mois d'Avril 2022).

Pour cela, deux points de prélèvement ont été choisis : un prélèvement d'eau brute après l'étape de dégrillage. Un deuxième prélèvement de l'eau épurée à la sortie du décanteur.

Les paramètres physico-chimique étudiés sont la température (T°C), la conductivité électrique (CE), le pH, l'oxygène dissout (OD) et la salinité ; ces derniers ont été mesurés à l'aide d'un multiparamètre de type HACH, tandis que les paramètres chimiques mesurés sont ( la demande chimique en oxygène (DCO) la demande biologique en oxygène (DBO5), les nitrates ,les nitrites, les ortho phosphates,le potassium,calcium , sodium , lithium et le baryum.

### 4. Matériels et méthodes

Pour la réalisation de notre travail nous avons utilisé le matériel suivant :



Figure 23 : appareils utilisés au laboratoire de la STEP

## Chapitre 5

Tableau 09 : Réactifs et verreries

| Réactifs   | Verreries   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inhibiteur de NAOH ( poudre , pastilles) .</li> <li>• Inhibiteur de bactéries nitrifiantes</li> <li>• Inhibiteur de nitrification .</li> <li>• AgNO<sup>3</sup>.</li> <li>• Hydroxyde de sodium</li> <li>• Eau distillée</li> <li>• Acide ascorbique</li> <li>• Silicate de sodium</li> <li>• Nitrate de potassium</li> <li>• Solution mixte</li> <li>• Solution de référence de potassium</li> <li>• Solution de référence de sodium</li> <li>• Solution de référence de calcium</li> <li>• Solution de référence de baryum</li> <li>• Solution de référence de lithium</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tube à essais</li> <li>• Béchers</li> <li>• Pipette pasteur</li> <li>• Pipettes multi volumes</li> <li>• Spatule</li> <li>• Fiole jaugée</li> <li>• Bouteilles à DBO</li> <li>• Tests DCO HACH .</li> <li>• Papiers filtres</li> </ul> |

## 5. Méthodologies de mesure des paramètres physico-chimiques au niveau du laboratoire

## 5.1 Paramètres et méthodes de mesure

## 5.1.1. Paramètres physico-chimique

- Le pH

-  Principe

La méthode est basée sur l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH-mètre est un voltmètre un peu particulier qui se caractérise par une très grande impédance d'entrée en raison de la forte résistance présentée par l'électrode de mesure ( **manuel du laboratoire de l'ONA**).

## Chapitre 5

### ✚ Mode opératoire

- ✓ On prend environ 800 ml d'eau d'entrée à analyser dans un bécher .
- ✓ On trempe l'électrode de pH dans le bécher .
- ✓ On laisse stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- ✓ Puis on note le pH ; on refait les mêmes étapes pour les eaux de sortie.



Figure 24: Etapes de mesure du pH

### Expression des résultats

Lecture directe des résultats .

- **La conductivité électrique ( s/cm)**

### ✚ Principe

Mesure de la conductivité électrique d'une colonne de liquide, délimitée par deux électrodes de platine maintenues parallèles, constituant l'une des branches d'un pont de Wheatstone. La conductivité varie avec la température. Elle est exprimée à 20 °C ( **manuel du laboratoire de l'ONA**).

### ✚ Mode opératoire

- ✓ D'abord, On rince plusieurs fois la cellule à conductivité avec l'eau distillée et on la plonge dans un récipient contenant de l'eau d'entrée.  
(en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.)
- ✓ On agite le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

## Chapitre 5

- ✓ On mentionne le résultat de la conductivité.
- ✓ On répète les mêmes étapes pour les eaux de sortie.

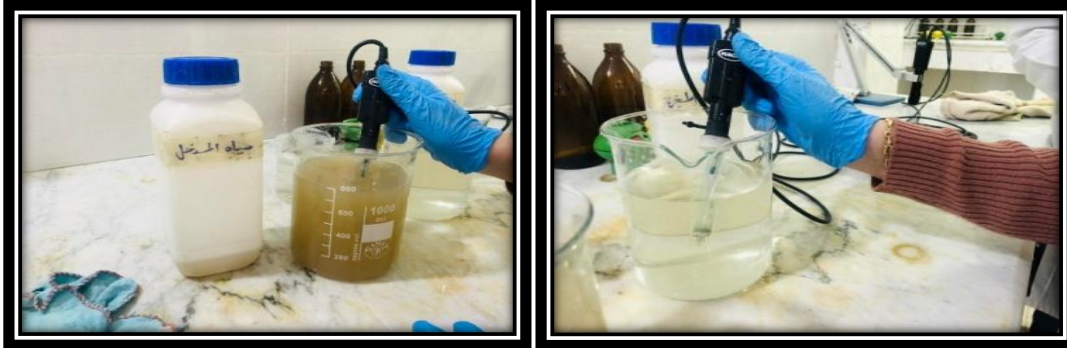


Figure 25 : Etapes de mesure de conductivité

### ❖ Expression des résultats :

Les résultats sont donnés directement en  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

- **La température**

- ✚ **Principe**

Permet de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau. La température doit être mesurée in situ par un multiparamètre (**manuel de l'ONA**).

- ✚ **Mode opératoire**

- ✓ A l'aide d'un multiparamètre on refait le même principe du pH et de la Conductivité.
- ✓ On note la température.

- **Oxygène dissous**

- ✚ **Principe**

La méthode utilisée pour le dosage de l'oxygène dissous est électrochimique. La réduction de l'oxygène, au niveau d'une cathode convenable, engendre un courant proportionnel à la pression partielle d'oxygène dans la solution. L'appareil de mesure utilisée est le multiparamètre.

## Chapitre 5

### ✚ Mode opératoire

- ✓ On effectue le dosage directement en plongeant les électrodes dans l'eau à analyser l'eau d'entrée et de sortie .
- ✓ Comme toute méthode instrumentale, le résultat est étroitement lié au mode opératoire et il est nécessaire de se reporter à la notice d'utilisation de l'appareil utilisé.



Figure 26 : Etapes de mesure d'oxygène dissous

- La DBO5

### ✚ Principe

Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours, représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder (dégrader). l'ensemble de la matière organique d'un échantillon d'eau maintenu à 20°C, à l'obscurité, pendant 5 jours.( **Rodier,2009** ).



Figure 27: équipements utilisés pour la mesure de la DBO5

### ✚ Mode opératoire

- ✓ Mesurer la quantité désirée avec le ballon jaugé de trop-plein et verser dans la bouteille propre.

## Chapitre 5

- ✓ On ajoute 100 ml d'eau distillée pour le blanc
- ✓ On introduit l'agitateur magnétique dans chaque bouteilles.
- ✓ On ajoute quelques gouttes d'inhibiteur de bactéries nitrifiantes.
- ✓ On rajoute 2 pastilles d'hydroxyde de sodium à l'aide d'une spatule dans chaque bouchon intérieur (noir) .
- ✓ Visser sans fermer hermétiquement le bouchon
- ✓ Mettre sur le système d'agitation à 20 °C
- ✓ On laisse s'établir l'équilibre pendant 30 mn et on ferme hermétiquement le bouchon.
- ✓ On met les 2 bouteilles dans l'armoire thermorégulatrice
- ✓ Relever les valeurs après 5 jours (système Oxitop).



Figures 28 : Etapes de mesure de la DBO5

### ❖ Expression des résultats

Les Résultats sont relevés après 5 jours

- La DCO

-  Principe

Determiner la quantité d'oxygene consommée pour l'oxydation de toute les matières organique dans l'eau usées (Rodier , 2009)



Figure 29 : matériels utilisés pour la mesure de la DCO

**Mode opératoire**

- ✓ On prend 2ml d'échantillon de sortie et 3ml d'échantillon d'entrée .qui contiennent du dichromate de potassium, de l'acide sulfurique et du sulfate d'argent (qui joue le rôle d'un catalyseur) pour une gamme de mesure entre 0 et 1500mgO<sub>2</sub>/L.
  - ✓ On chauffe La solution dans un réacteur à DCO pendant 2heures à 120 C°.
- ✓ Après le refroidissement on la mesure à l'aide d'un colorimètre à une longueur d'onde 620nm



Figure 30 : Expression des résultats de la DCO

**5.1.2. paramètres de pollution**

- **Dosages des nitrites (NO<sub>2</sub>-)**

**Principe**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ( PH=1,9) avec le réactif amino-4 benzène sulfonamid ( NH<sub>2</sub> C<sub>6</sub> H<sub>4</sub> SO<sub>2</sub> NH<sub>2</sub>) en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le di chlorhydrate de

## Chapitre 5

N(naphtyle-1) daïmio-1,2 éthane (  $C_{12} H_{16} Cl_2 N_2$ ) qui est mesuré spectromitriquement à la longueur d'onde  $\lambda=540nm$ .

### ✚ Mode opératoire

- ✓ On prend 50 ml d'eau à analyser.
- ✓ On ajoute 1 ml de réactif coloré.
- ✓ Homogénéiser immédiatement en faisant tourbillonner et compléter à 50 ml, le pH

doit être de 1,9, laisser reposer 20 min. (résultats positifs, changement de couleur : (transparent à rose)

- ✓ Effectuer les lectures à la spectrophotométrie à la longueur d'onde de 540 nm.



Figure 31 : Expressions des résultats de nitrites

### • Dosage de nitrate ( $NO_3^-$ )

#### ✚ Principe

En présence salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitroslicylate de sodium, coloré en jaune qui est dosé spectrométriquement à la longueur d'onde  $\lambda=415 nm$ . Pour le dosage de nitrate, n'utiliser qu'une solution claire et les échantillons turbides doivent être filtré sur membrane  $0,45\mu m$  ( Manuel de L'ONA).

#### ✚ Mode

opératoire

## Chapitre 5

- ✓ Prendre 10 ml d'eau à analyser.
- ✓ Alcaliniser faiblement avec la solution Na OH.
- ✓ Ajouter 0,5 ml de la solution azoture de sodium  $\text{NaN}_3$ .
- ✓ Ajouter 0,2 ml d'acide acétique.
- ✓ Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain marie ou dans une étuve porter à 75-80°C.
- ✓ Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, mélangé puis évaporer, laisser refroidir.
- ✓ Reprendre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré ayant de soin de l'humecter complètement, attendre 10 minutes.
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée avec un distributeur.
- ✓ Ajouter 10 ml de solution de l'hydroxyde de sodium Na OH qui développe la couleur jaune.
- ✓ Laisser reposer pendant au moins 15 minutes.
- ✓ Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nm.

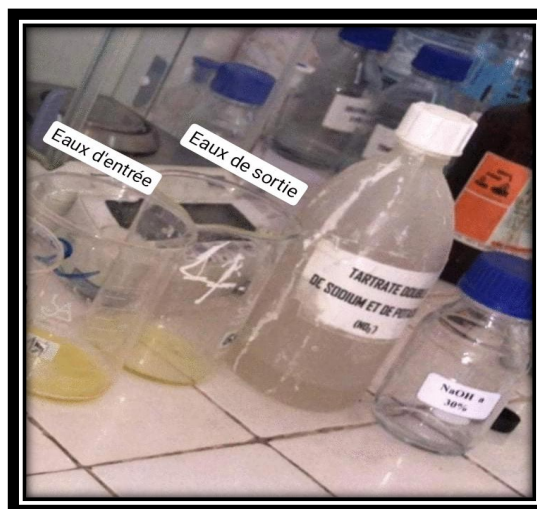


Figure 32 : Expression des résultats de nitrates

### Remarque :

Le résultat donne la teneur en azote nitrique exprimé en mg/l pour obtenir la teneur en  $\text{NO}_3^-$  on multiplie ce résultat par 4.43.

- **Détermination des phosphates ( $\text{PO}_4$ )**

- ✚ **Principe**

Formation en milieu acide d'un complexe avec Molybdate d'ammonium et le tartrate doublée d'antimoine et de potassium, réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption.

- ✚ **Mode opératoire :**

- ✓ Prendre 40 ml d'eau à analyser.
- ✓ Ajouter 1 ml d'acide ascorbique, et agiter.
- ✓ Ajouter 2 ml de la solution de molybdate.
- ✓ Compléter jusqu' à 50 ml avec de l'eau distillée.
- ✓ Laisser reposer pendant 10 à 30 minutes. (résultats positifs , changement de couleur : (transparent à bleu )
- ✓ Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 880 nm.

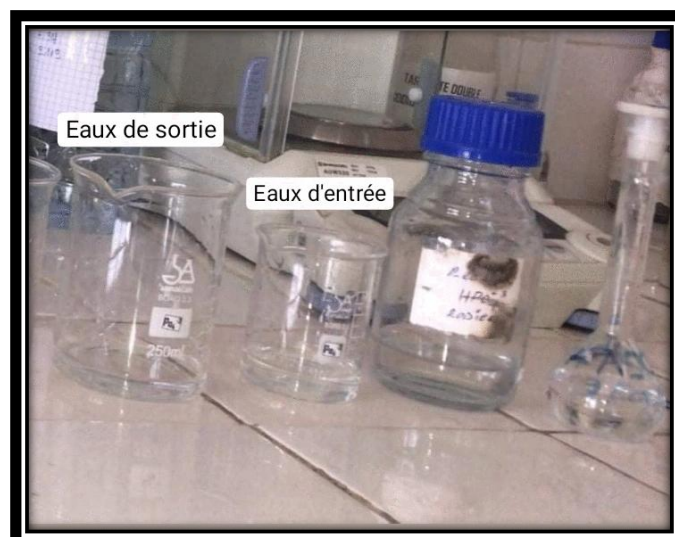


Figure 33 : Expression des résultats des phosphates

## Chapitre 5

### Remarque :

Le résultat donne la teneur en phosphore est exprimée en mg/l Pour obtenir la teneur en orthophosphates  $\text{PO}_4^{3-}$ . On multiplie le résultats sur 3.06

- L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ )

- **Principe**

Mesure spectrophotométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de Nitroprussiate de Sodium.

- **Mode opératoire**

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

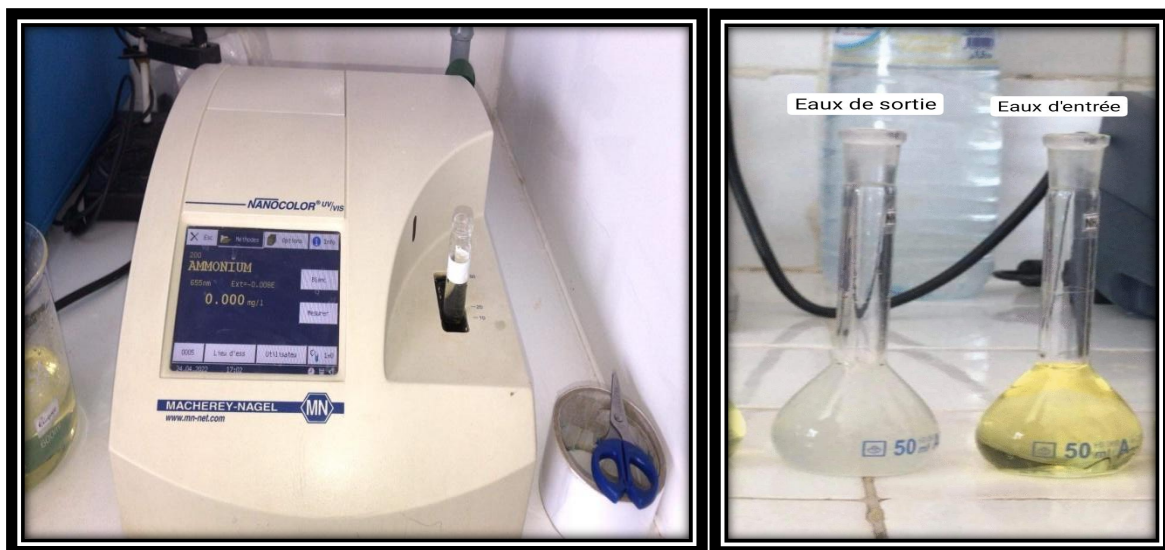


Figure 34 : Expression des résultats d'ammonium

### Remarque :

Le résultat donne la teneur d'azote ammoniacal exprimée en mg/l de N pour obtenir la teneur  $\text{NH}_4^+$ , on multiplie ce résultats par 1.28 .

## Chapitre 5

### 5.1.3. Paramètres mesurés par le spectrophotomètre à flammes

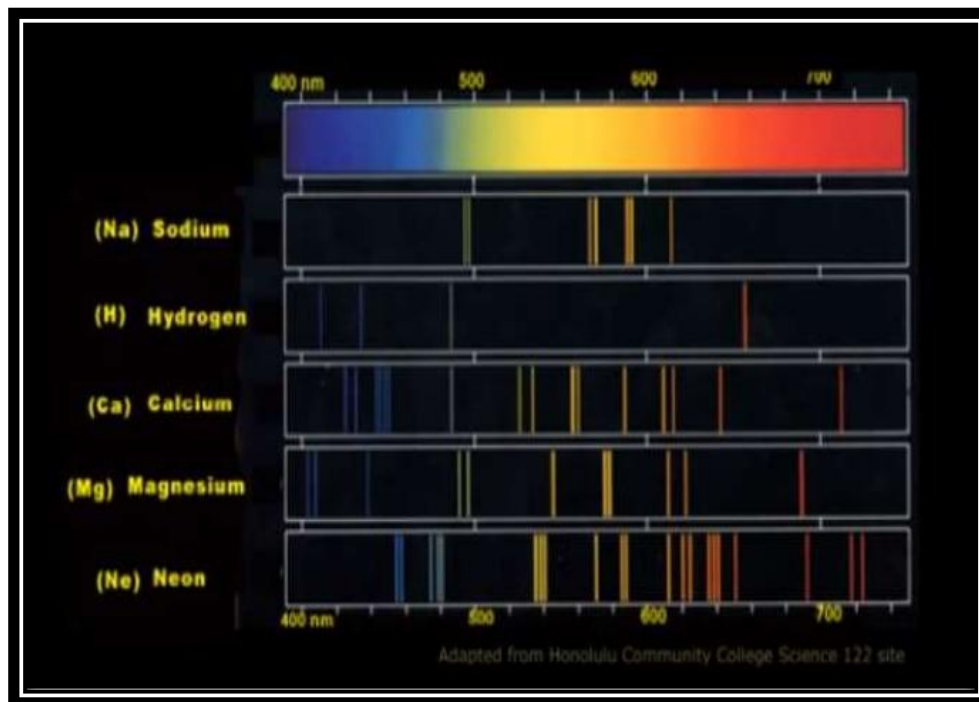
Le photomètre à flamme est un appareil qui permet la mesure des électrolytes comme le potassium (K), le sodium (Na), le chlorure (Cl), le calcium (Ca), lithium (Li), le pH et HCO<sub>3</sub>. Son principe de base est la photométrie à flamme, d'où son nom. Notre étude a été faite autour du photomètre JENWAY PFP7.

#### Principe

L'émission d'un rayonnement électromagnétique, due à la désexcitation d'atomes ou de molécules qui ont été excités par un apport suffisant d'énergie, est un phénomène physique bien connu. Par exemple, si on projette du sel de cuisine dans une flamme au gaz de ville, une émission jaune caractéristique due au sodium apparaît. La photométrie d'émission atomique mesure l'émission d'un rayonnement électromagnétique UV ou visible due à la désexcitation d'atomes qui ont été excités par l'énergie apportée par une flamme. Les flammes utilisées en pratique permettent l'émission par les atomes des séries des alcalins, de quelques alcalino-terreux et de quelques autres métaux (Na, K, Li, Ba ...). La mesure quantitative de l'émission permet des dosages.

- Lorsqu'une solution saline est chauffée dans une flamme à un débit constant, l'eau s'évapore et les sels minéraux restent à l'état d'atomes.
- Les atomes sont alors portés à une haute température et captent donc une partie de l'énergie apportée par la flamme
- Ce qui les fait passer à un état excité
- L'atome excité revient obligatoirement à son état basale en libérant de l'énergie sous forme d'une émission de lumière
- Chaque ion ou atome est caractérisé par une longueur d'onde spécifique Exp:

Na : jaune | Li : viole | .(Akodjetin A et al.2019) .



**Figure 35: Spectre d'émissions des électrolytes**

- L'intensité de la lumière est proportionnelle a la concentration de l'ion à doser.
- A chaque élément à analyser correspond un filtre qui sélectionnera la bande de longueurs d'onde utile
- Il suffit alors d'établir une courbe d'étalonnage :  $I=f(c)$ . Pour déterminer la concentration d'une solution inconnue.

### **Mode opératoire**

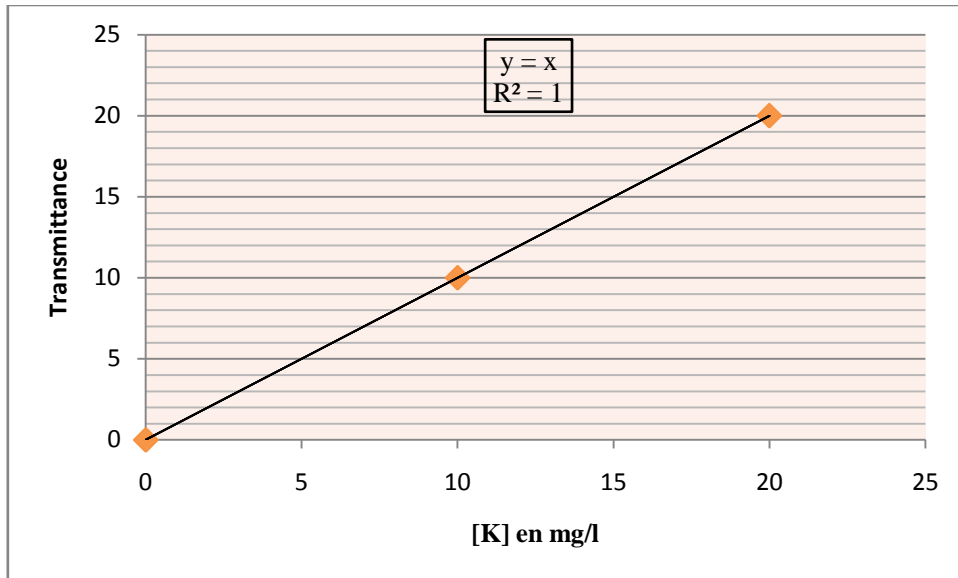
➤ **1ère étape consiste à filtrer l'eau à analyser (eau de sortie et d'entrée) à l'aide d'un papier filtre**

1. Pliez un morceau de papier-filtre et placez-le dans l'entonnoir.
2. Agitez le flacon contenant le mélange à filtrer.
3. Versez lentement l'eau à analyser dans le papier-filtre plié.
4. Laissez le filtrat s'égoutter et répétez l'opération jusqu'à ce que tout le mélange soit Séparé.



**Figure 36: Etapes de filtration de l'eau à analyser**

- **Le potassium K**
  - ✚ **Mode opératoire**
    - **Étalonnage**
      - ✓ Dans 2 fioles jaugées de 50 ml, placer 20-10 ml de la solution de référence
      - ✓ compléter à 50 ml avec la solution de dilution. On obtient ainsi des solutions contenant respectivement 20-10 mg par litre de potassium.
    - **Dosage**
      - ✓ Effectuer les mesures à 20 ppm.
      - ✓ Régler le 100 % de transmission avec de l'eau distillée. Aspirer directement dans le brûleur du photomètre, successivement les solutions-étalons
      - ✓ Mettre l'eau de sortie et d'entrée
    - **Mode de calcul**
      - ✓ Tracer la courbe de variation des transmittances en fonction de la concentration en potassium des solutions-étalons..



**Figure 37: Courbe d'étalonnage du potassium (K )**

D'après la courbe d'étalonnage on a :  $y = x$ .

Pour avoir la concentration du potassium de l'eau à analyser on remplace dans l'équation comme suit :

$$[k] \text{ d'eau d'entrée} = 54 / 1 = \boxed{54\text{mg/l}}$$

$$[K] \text{ d'eau de sortie} = 38 = \boxed{38\text{mg/l}}$$

➤ 54 ppm et 38 ppm sont les valeurs de transmittance d'eau d'entrée et de sortie mesurées avec le spectrophotomètre à flammes

- **Le Sodium (NA)**

- ✚ **Mode opératoire**

- **Étalonnage**

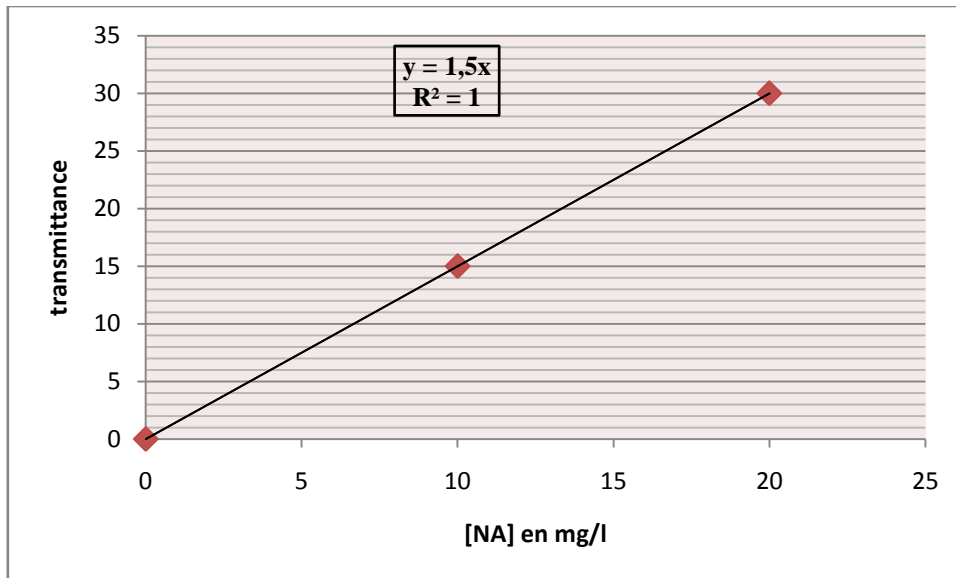
- ✓ Dans 2 fioles jaugées de 50 ml, placer 20-10 ml de la solution de référence
      - ✓ compléter à 50 ml avec la solution de dilution. On obtient ainsi des solutions contenant respectivement 20-10 mg par litre de sodium.

- **Dosage**

- ✓ Effectuer les mesures à 20 ppm.
      - ✓ Régler le 100 % de transmission avec de l'eau distillée. Aspirer directement dans le brûleur du photomètre, successivement les solutions-étalons
      - ✓ Mettre l'eau de sortie et d'entrée

➤ **Mode de calcul**

Tracer la courbe de variation des transmittances en fonction de la concentration en sodium des solutions-étalons..



**Figure 38: courbe d'étalonnage du sodium**

D'après la courbe d'étalonnage on a :  $y = 1.5 x$ .

Pour avoir la concentration du Na de l'eau à analyser on remplace dans l'équation comme suit :

$$[\text{Na}] \text{ d'eau d'entrée} = 50 / 1,5 = \boxed{33.33\text{mg/l}}$$

$$[\text{Na}] \text{ d'eau de sortie} = 47 / 1,5 = \boxed{31.33\text{mg/l}}$$

➤ 50 ppm et 47 ppm sont les valeurs de transmittance d'eau d'entrée et de sortie affichés sur l'appareil.



Figure 39 : Résultats de transmittance du Na d'eau d'entrée et de sortie

- **Calcium (Ca)**
  - ✚ **Mode opératoire**
    - **Étalonnage**
      - ✓ Dans 2 fioles jaugées de 150 ml, placer 150-100 ml de la solution de référence
      - ✓ compléter à 50 ml avec la solution de dilution. On obtient ainsi des solutions contenant respectivement 150-100 mg par litre du calcium.
    - **Dosage**
      - ✓ Effectuer les mesures à 150 ppm.
      - ✓ Régler le 100 % de transmission avec de l'eau distillée. Aspirer directement dans le brûleur du photomètre, successivement les solutions-étalons
      - ✓ Mettre l'eau de sortie et d'entrée
    - **Mode de calcul**
      - ✓ Tracer la courbe de variation des transmittances en fonction de la concentration du calcium des solutions-étalons.

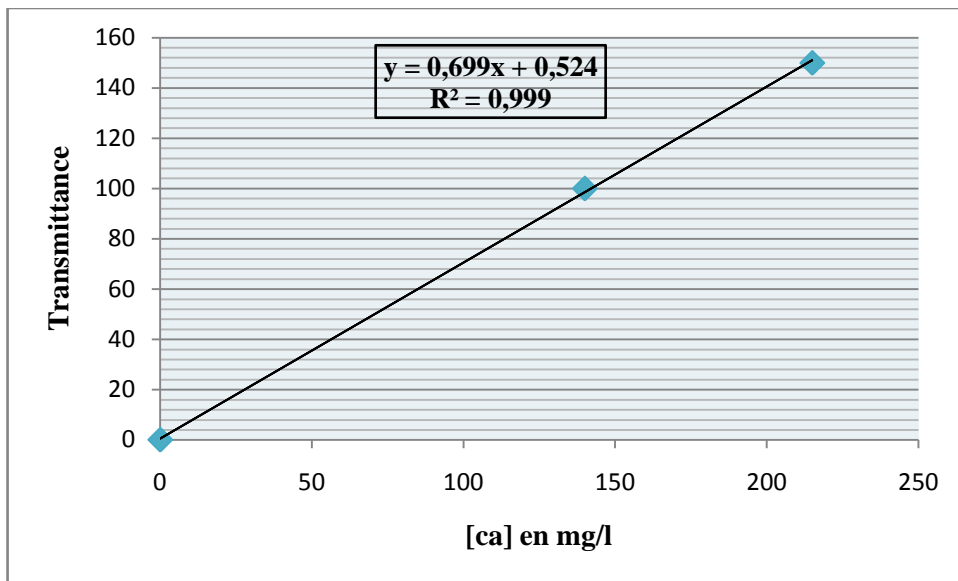


Figure 40: courbe d'étalonnage du Calcium ( Ca)

Selon la courbe d'étalonnage du Calcium on a :  $Y = 0.699 x + 0.524$

Pour avoir la [ CA] de notre eau on remplace dans l'équation avec les transmittances obtenues comme suit :

$$[CA] \text{ eau d'entrée} = (72 - 0.524) / 0.699 = 102.25 \text{ mg/l}$$

$$[CA] \text{ eau de sortie} = (66 - 0.524) / 0.699 = 93.67 \text{ mg/l}$$



Figure 41: Expression des résultats de transmittance du calcium

- **Baryum ( Ba)**
- ✚ **Mode opératoire**
  - **Étalonnage**
  - ✓ Dans 2 fioles jaugées de 500 ml, placer 150-100 ml de la solution de référence .

## Chapitre 5

- ✓ compléter à 50 ml avec la solution de dilution. On obtient ainsi des solutions contenant respectivement 1500-110 mg par litre du Baryum .
  - **Dosage**
- ✓ Effectuer les mesures à 110 ppm.
- ✓ Régler le 100 % de transmission avec de l'eau distillée. Aspirer directement dans le brûleur du photomètre, successivement les solutions-étalons
- ✓ Mettre l'eau de sortie et d'entrée



**Figure 42: Dilution des solutions**

- **Mode de calcul**
- ✓ Tracer la courbe de variation des transmittances en fonction de la concentration du Baryum des solutions-étalons.

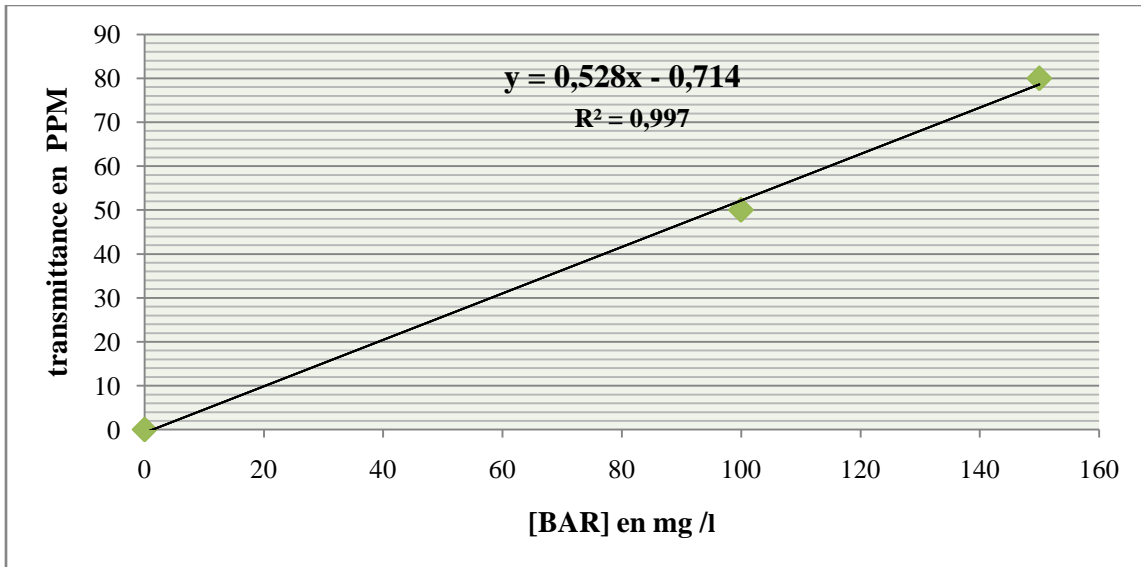


Figure 43 : courbe d'étalonnage du Baryum

D'après la courbe On a :

$$y = 0.528 x - 0.714$$

Donc :

$$[Ba] \text{ d'eau d'entrée} = (20 + 0.714) / 0.528 = 39.23 \text{ mg/l}$$

$$[Ba] \text{ d'eau de sortie} = (16 + 0.714) / 0.528 = 31.65 \text{ mg/l}$$

- **Le Lithium ( Li)**

- ✚ **Mode opératoire**

- **Étalonnage**

- ✓ Dans 2 fioles jaugées de 150 ml, placer 20-10 ml de la solution de référence
      - ✓ compléter à 50 ml avec la solution de dilution. On obtient ainsi des solutions contenant respectivement 20-10 mg par litre du Lithium .

- **Dosage**

- ✓ Effectuer les mesures à 5 ppm.
      - ✓ Régler le 100 % de transmission avec de l'eau distillée. Aspirer directement dans le brûleur du photomètre, successivement les solutions-étalons
      - ✓ Mettre l'eau de sortie et d'entrée

- **Mode de calcul**

- ✓ Tracer la courbe de variation des transmittances en fonction de la concentration du Lithium des solutions-étalons.

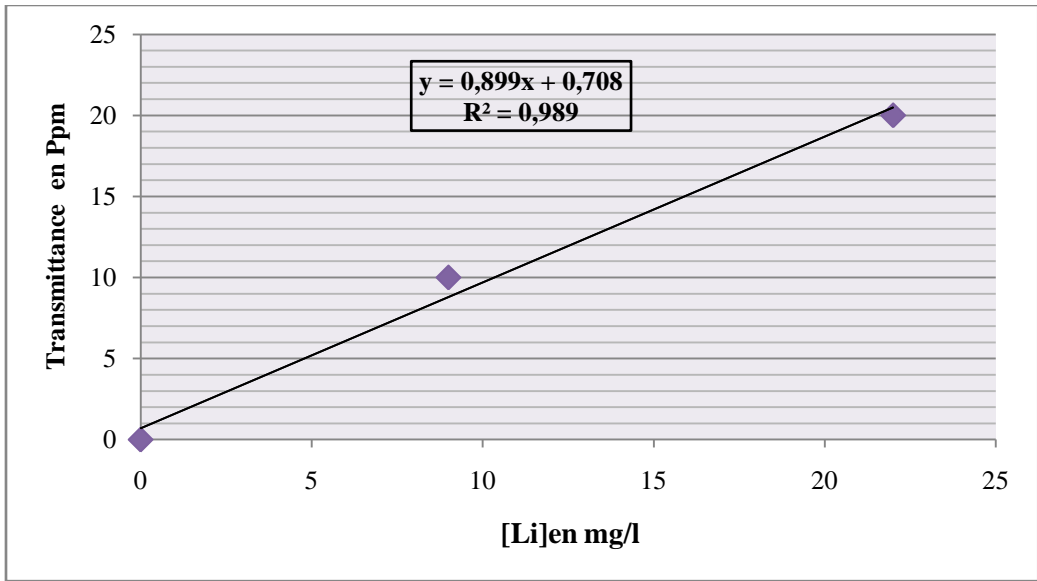


Figure 44 : courbe d'étalonnage du Lithium

Suivant la courbe d'étalonnage on a :

$$Y = 0.899x + 0.708$$

Pour obtenir la concentration du Li qui est inconnue on la remplace dans l'équation comme suit :

$$[\text{Li}] \text{ d'eau d'entrée} = (2 - 0.708) / 0.899 = 1.43 \text{ mg/l}$$

$$[\text{Li}] \text{ d'eau de sortie} = (1 - 0.708) / 0.899 = 0.32 \text{ mg/l}$$

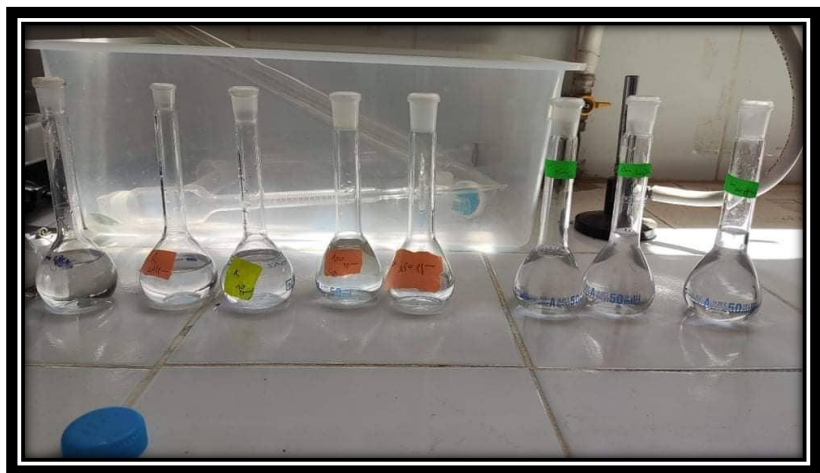


Figure 45 : les étalons préparés

### Conclusion

Au début de ce chapitre on a essayé de donner d'une part une présentation de la zone ainsi qu'un aperçu sur le rejet dont l'étude est basée. Et d'autre part un aperçu sur la préparation du dispositif expérimental ainsi que les méthodes d'analyse dont les résultats seront interprétés et discutés dans le prochain chapitre.

# Chapitre 06 : Résultats et discussions



## Introduction

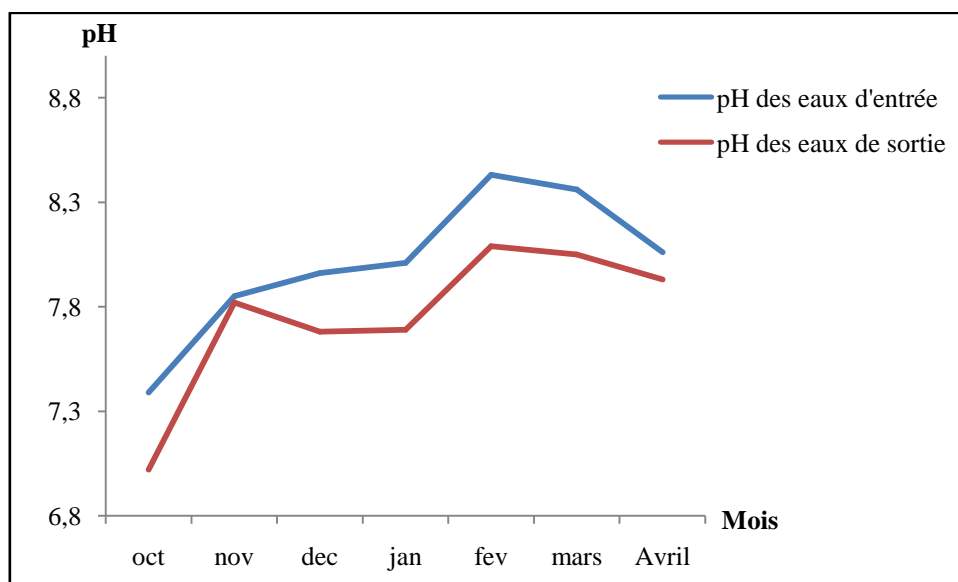
L'étude de la chimie des eaux souterraines ou hydrochimie apporte son lot d'informations dans le traçage chimique pour la compréhension du fonctionnement des différents systèmes aquifères et des relations inter-nappes. Pour étudier la qualité des eaux sortantes de la STEP de Kais nous avons effectué des analyses de différents paramètres. Cette étude est apportée sur l'analyse et l'interprétation de 02 échantillons d'eau prélevées comme suit eaux d'entrée et eaux de sortie. L'intérêt principal de cette étude est de mieux caractériser la qualité des ces eaux et leurs aptitude à l'irrigation

Des mesures physiques ont été effectuées in situ immédiatement après le prélèvement de l'échantillon par nous même durant une période de 7 mois à l'aide d'un multi paramètre de type HACH comme la température, la conductivité électrique et le potentiel d'hydrogène et l'oxygène dissous Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire de la STEP de Kais et celui de l'université à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme et numérique.

### 1. Résultats des analyses effectuées

#### 1.1. Les paramètres physico-chimiques

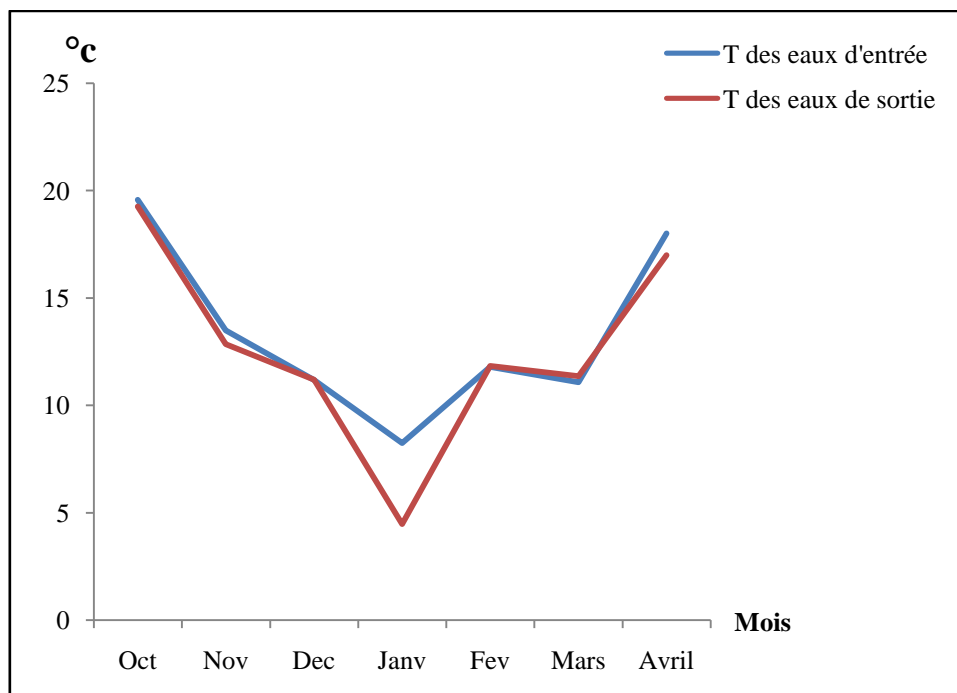
##### 1.1.1. Le pH



**Figure 46: variation du pH des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d'octobre 2021 jusqu'au mois d'Avril 2022**

La figure montre que les valeurs de pH pour les eaux épurées sont entre 7,02 et 8,09, et entre 7,96 et 8,43 pour les eaux brutes (**Figure 46.**) . On remarque que ces valeurs sont parfaitement en accord avec les normes Algériennes (**JORAD**) et (6,5 à 8,5 **ANRH**) .

### 1.1.2. La température



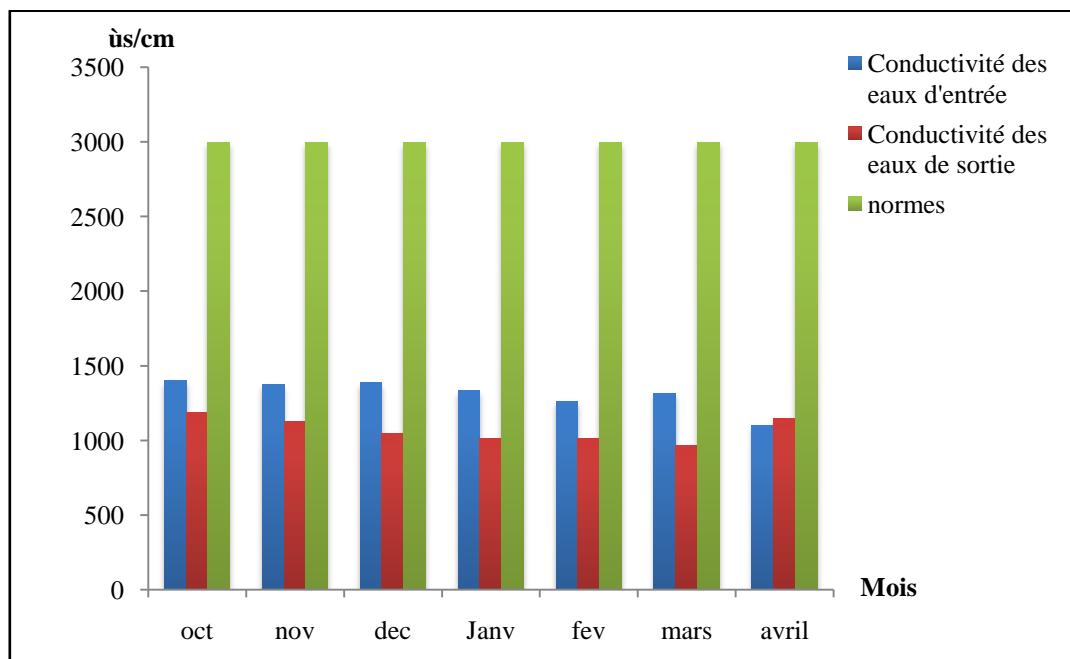
**Figure 47 : Variations mensuelles de la température des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d'octobre 2021 jusqu'au mois d'Avril 2022**

La figure montre qu'à l'entrée de la STEP, la température de l'eau en moyenne est de 13.19°C , tandis qu'à la sortie de la STEP elle est de 12.71°C. Ces valeurs respectent les normes préconisés pour les rejets directes et indirectes < 30°C (**Normes l'OMS et JORAD .**)

En effet l'élévation de la température s'accompagne toujours d'une modification des propriétés de l'eau, qui favorisent l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation, ce qui peut présenter un intérêt dans les stations d'épurations (**Rodier et al. 2005**).

### 1.1.3. Conductivité électrique

La conductivité traduit le degré de minéralisation globale de l'eau et renseigne sur le taux de salinité des eaux brutes entrant à la STEP.



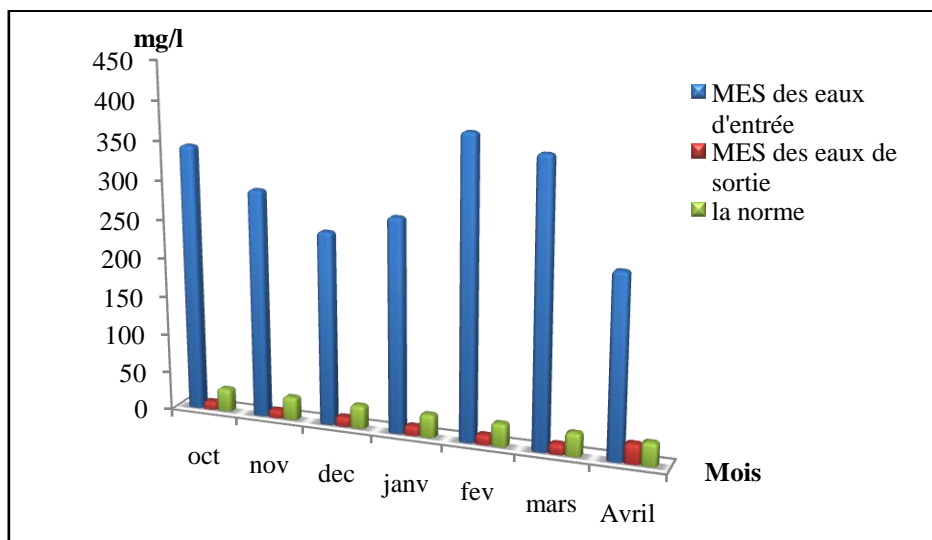
**Figure 48 : Variation mensuelle de la conductivité des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d'octobre 2021 jusqu'au mois d'Avril 2022**

Le diagramme montre que les eaux brutes ont une conductivité supérieure à celle des eaux épurées (Fig 48.) avec des valeurs moyenne de l'ordre de 1311,02 et de 13071,86 µs/cm.

Ces derniers permettent de constater qu'elles sont dans les normes des rejets vers l'irrigation selon FAO 1985 (3000 µs/cm). En générale, jusqu'à 750µS/cm, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité. Au-delà 1500 µS/cm l'eau est difficilement utilisable pour l'irrigation. Les eaux dont la CE 25°C dépassent 2000 µS/cm sont inutilisable pour l'irrigation.

#### 1.1.4 Les matières en suspension (MES)

Les valeurs de MES varient entre 384 et 12 mg/l. Les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'adsorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes.

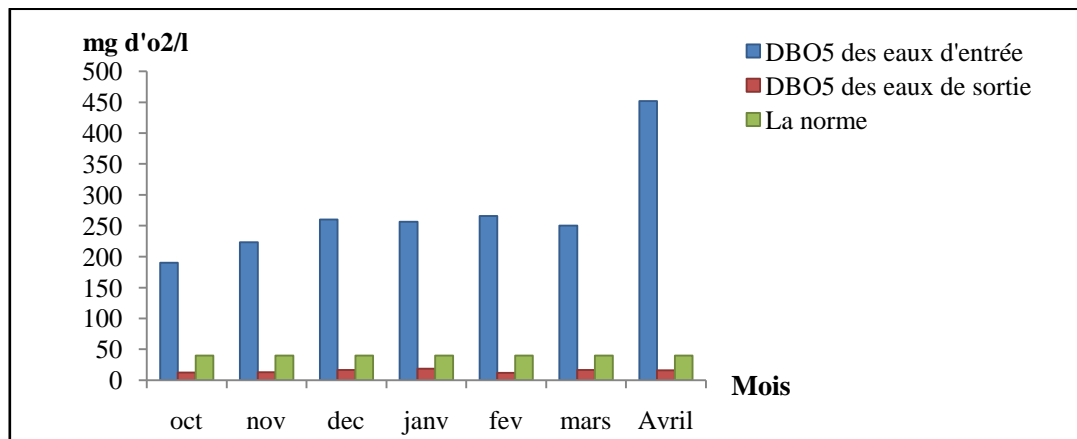


**Figure 49 : Variations mensuelles des MES des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d'octobre 2021 jusqu'au mois d'Avril 2022**

D'après les résultats de la (Figure 49) les valeurs des MES à l'entrée varient entre (234 et 384mg/l) , Les résultats obtenus au niveau de l'entrée de la STEP sont élevés car il s'agit d'eau usée urbaine, Et à la sortie du traitement sont entre ( 10,25 et 13.53 mg/l) , On a trouvé que la valeur moyenne des MES des eaux épurées est de 14.13 mg/l cette valeur est inférieure à 30mg/l qui est la valeur exigée par le JORAD .cette diminution à la sortie est due au traitement d'épuration qu'a subie l'eau usée.

#### 1.1.5. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La figure suivante représente les variations de la DBO5 des eaux usées a l'entrée et à la sortie de la STEP , notons que l'eau à l'entrée présente une DBO5 qui varie entre 452 et 190 mg d'O<sub>2</sub>/l .tandis qu'à la sortie sont entre 120 et 18.7 mg d'O<sub>2</sub>/l.

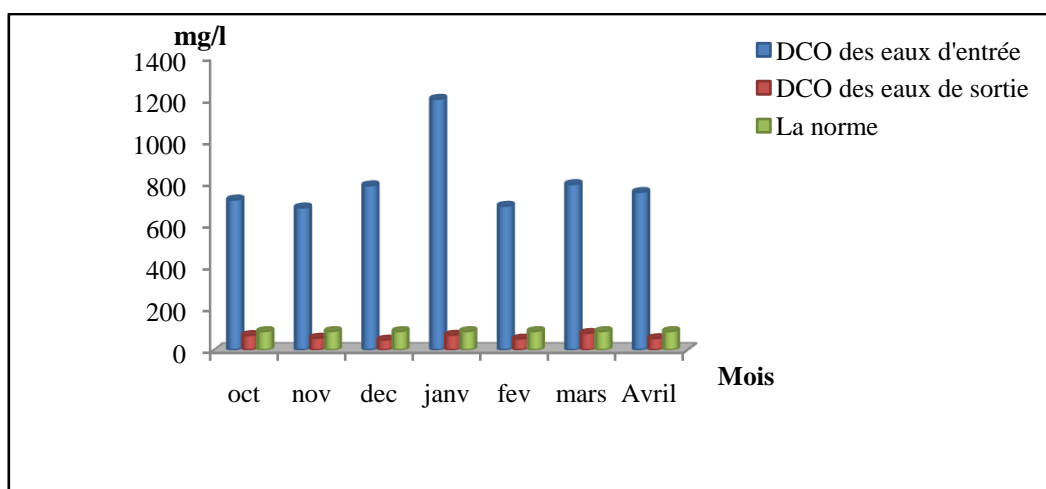


**Figure 50: Variations mensuelles de la DBO5 des eaux brutes et épurées du mois d’octobre 2021 jusqu’au mois d’Avril 2022**

La variation des teneurs de la DBO5, peut être expliquée par la nature et l’origine de l’eau usée collectée et acheminée vers la station d’épuration, afin qu’elle soit traitée. La valeur élevée de la DBO5 au niveau de l’entrée de la station est tout à fait compréhensible, car les eaux usées domestiques sont chargées en matières organiques biodégradables. Selon le JORAD la valeur limite pour la réutilisation en irrigation est 30 mg/l , donc on constate que les valeurs des eaux épurées de la STEP sont adéquate a l’irrigation.

**1.1.6.La demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO permet d’évaluer la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l’eau.



**Figure 51 : Variations mensuelles de la DCO des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d’octobre 2021 jusqu’au mois d’Avril 2022**

La figure montre que la valeur minimale des eaux brutes est celle du mois de novembre est de 682 mg O<sub>2</sub>/l, tandis que la valeur maximale est 1202 mg O<sub>2</sub>/l est enregistrée au mois de Janvier (Fig.51) liées à la présence de matières oxydables organiques et minérales qui proviennent des eaux résiduaires et industrielle. A la sortie, les teneurs de DCO chutent pour atteindre 48mg/l On constate que les valeurs des eaux épurées sont inférieures à la concentration maximale admissible des eaux usées épurées destinées à l’irrigation selon le JORAD (90 mg/l). Cette diminution donne encore une idée sur l’efficacité du traitement.

- Le rapport entre DBO<sub>5</sub> et DCO constitue une mesure indicative de la « Dérivabilité » biochimique des composés présents dans l’eau.
- Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> calculé des eaux usées et épurées de la STEP de Kais est de 4 mg/l qui est supérieur à 3. cela permet de dire que ces eaux rejetées sont moins facilement biodégradable.

## 2. Les paramètres chimiques

### Les nitrates (NO<sup>3-</sup>)

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l’azote et la plus soluble. Ils sont le résultat de la deuxième étape de la nitrification.

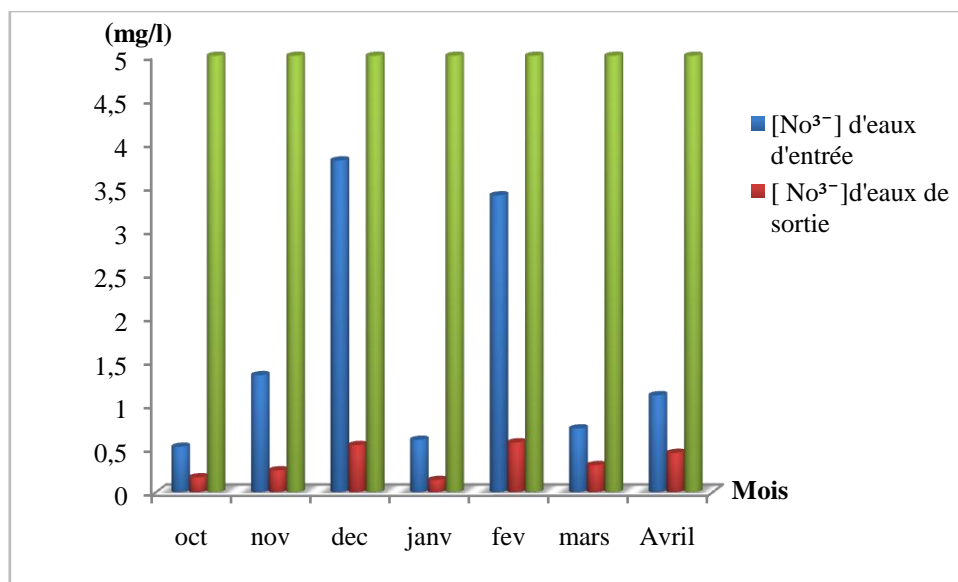


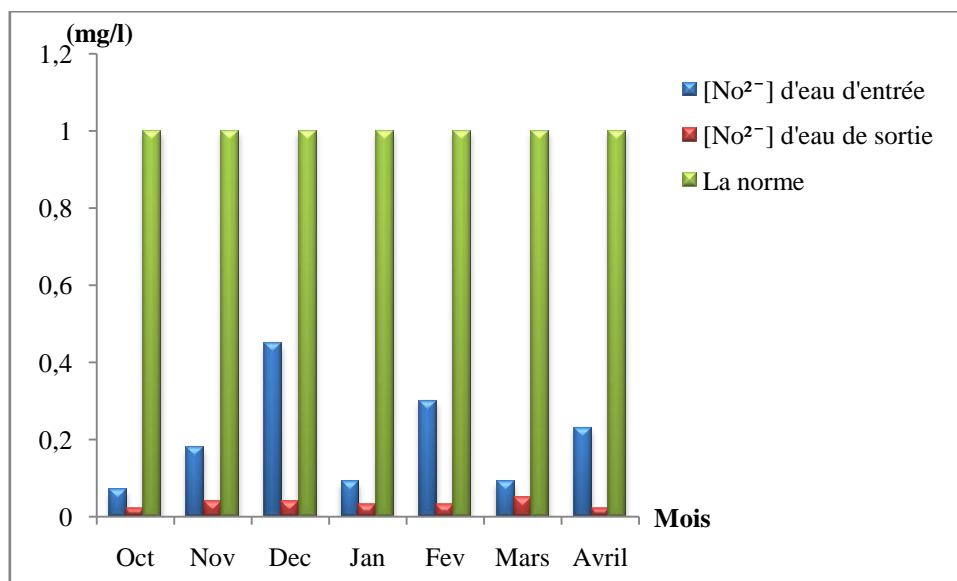
Figure 52 : variations mensuelles de la concentration en No<sup>3-</sup> des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d’octobre 2021 jusqu’au mois d’Avril 2022

On observe qu'à l'entrée, les concentrations des eaux en  $\text{NO}_3^-$  sont élevées. Cette augmentation résulterait de la transformation des  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$  (nitrification) par l'action des bactéries autotrophes et en présence d' $\text{O}_2$  dissous. Les valeurs ne dépassent pas 4 mg/l. Les eaux sortant du traitement montrent des valeurs très faibles. La diminution des  $\text{NO}_3^-$  indique peut-être l'efficacité du traitement de cette STEP. Cette diminution est due à leur transformation en azote gazeux ( $\text{N}_2$ ) qui va se libérer dans l'atmosphère, en présence de bactéries hétérotrophes, et en absence totale d' $\text{O}_2$  dissous (dénitrification) en zone d'anoxie. Ces valeurs restent très conformes aux normes de l'OMS (50 mg/l) et aux normes de FAO des qualités des eaux à l'irrigation (5mg/l).

Les  $\text{NO}_3^-$  sont très présents dans les épisodes pluvieux en réseau unitaire.

### Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Les concentrations en nitrites des eaux à la sortie secondaire sont très faibles et elles varient entre 0.02 (mg/l) et 0.05 (mg/l) (Fig 53.).



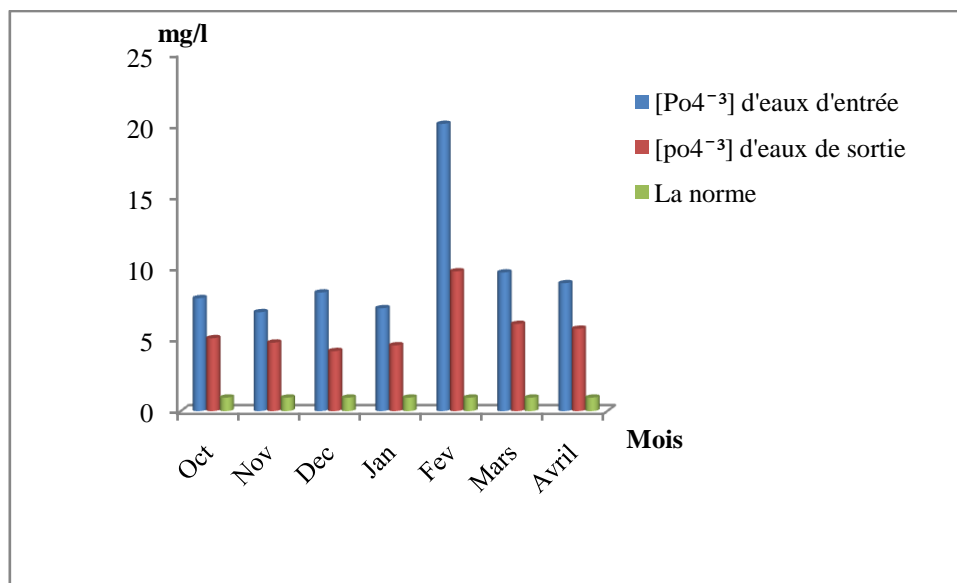
**Figure 53: variations mensuelles de la concentration en  $\text{No}_2^-$  des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d'octobre 2021 jusqu'au mois d'Avril 2022**

On remarque que les faibles concentrations en nitrites de l'affluent à la sortie du traitement secondaire, pourraient être expliquées par le fait que l'ion nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) ce dernier est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est

généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium. La moyenne des résultats des eaux de sortie est de 0.03 mg/l, cette valeur est conforme aux normes de l'OMS qui est de 1 (mg/l)

### 2.1. Les phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ )

La variation de la concentration des eaux en ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) à l'entrée et à la sortie du traitement révèle que la valeur maximale est enregistrée au mois de février est de l'ordre de 20.1 mg/l



**Figure 54: Les variations mensuelles de la concentration en  $\text{PO}_4^{-3}$  des eaux brutes et épurées de la STEP de Kais du mois d'octobre 2021 jusqu'au mois d'Avril 2022.**

Tandis que le mois de novembre a connu la valeur minimale qui est égale à 6.92 mg/l (l'OMS a fixé la norme limite à 0.94 mg/l). Les valeurs des EUE (Figure 54.) Dépassent la norme de l'OMS autorisée pour la réutilisation en agriculture (0.94 mg/l). Cela signifie que son utilisation est un risque à la fois pour la consommation humaine des fruits et légumes cultivées dans ces zones, mais aussi pour la nappe phréatique située à quelques mètres de la surface de cette zone.

La minéralisation qui se fait est indispensable à la détermination des phosphates à l'arrivée des eaux brutes (**Deronzier et Choubert, 2004**). Cela peut s'expliquer aussi par la localisation de la STEP de Kais par son positionnement important aux voisinages d'une importante zone urbaine (Kais), domestiques et industrielles qui rejettent leurs eaux abondamment dans cette STEP

#### 2.4. Le Sodium ( $\text{Na}^+$ )

C'est un élément qui existe dans la totalité des eaux car la solubilité de ses sels est très élevée. Il provient du lessivage des formations géologique riche en  $\text{NaCl}$ .( **Rodier et al. 2009**)

#### 2.3. Le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ )

Est l'un des éléments les plus répandus dans la nature. Il existe dans de nombreux gisements de calcaire, de craie, de marbre, qui tous sont des variétés naturelles du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ . (**Rodier et al. 2009**). Il se trouve dans les eaux thermo-minérales circulant en milieu calcaire et aussi en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonate. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ( $\text{Ca SO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ).

#### 2.4. Le potassium ( $\text{K}^+$ )

Est un minéral essentiel qui assure plusieurs fonctions vitales dans l'organisme. Comme le sodium et le chlore, c'est un électrolyte.( **Rodier.2009**).

#### 2.5. Le Baryum ( BA)

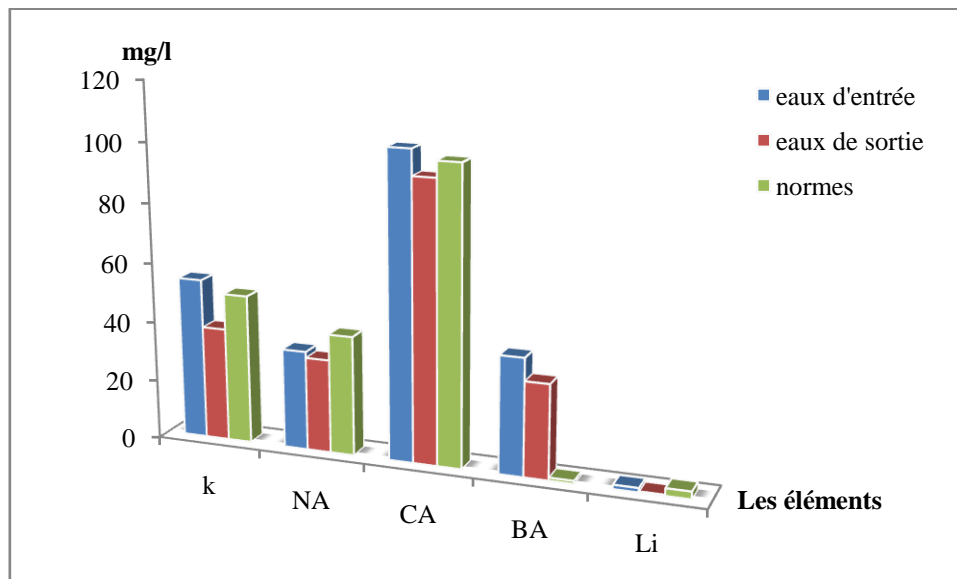
Est un métal de la famille des alcalineaux terreux, il est présent naturellement à l'état de trace il provient essentiellement dans l'eau de sources naturelles (**INSPQ.2021**).

#### 2.6. Le Lithium ( Li)

Est l'élément chimique de numéro atomique 3, c'est un métal alcalin .Il n'existe pas à l'état natif dans le milieu naturel mais uniquement sous la forme de composées ioniques.

( **Olenenergies.com**).

Le diagramme suivant montre les concentration des éléments (  $\text{K}^+$  ,  $\text{Na}^+$  ,  $\text{Ca}^{2+}$  , Ba , Li ) dans les eaux d'entrée et de sortie de la STEP :



**Figure 55 : les variations des concentrations des  $K^+$ ,  $CA^{2+}$ , Na , Ba , Li dans les eaux brutes et épurées de la STEP de Kais au mois D'avril 2022**

On interprétant le diagramme on remarque que les valeurs de concentration de ces éléments dans les eaux épurées de la STEP sont conformes aux normes d'irrigation selon l'OMS et JORAD.. Par contre leurs concentrations dans les eaux usées brutes de la STEP sont largement supérieures à celles de la norme cela explique leurs origines:

Le  $Ca^{2+}$  peut avoir une origine anthropique puisqu'il est utilisé sous forme de chaux dans l'industrie du bâtiment pour la préparation du mortier, du stuc et du plâtre

$Na^+$  et  $K^+$  se comportent différemment.  $Na^+$  provient du sel de table (NaCl) et il est utilisé dans les lessives sous forme de perborate de sodium. Le  $K^+$  provient de la potasse (KOH), utilisée dans la fabrication des savons et détergents.

Seulement le Baryum qui excède largement la norme dans les 2 échantillons ce qui confirme l'évacuation des déchets d'un site industriel vers la STEP et le lessivage des roches sachant que pour diminuer son taux excessif cela nécessite un traitement spécifique.

### 3. Aptitude des eaux usées épurées à l'irrigation

La qualité chimique des eaux influe directement sur le rendement des terres agricoles et sur la préservation des sols. A cet effet et étant donné que la zone d'étude est à vocation agricole, une étude chimique des eaux pour l'irrigation est indispensable pour mettre en évidence le danger que peut présenter certains éléments chimiques pour les plantes et pour les sols.

Afin d'apprécier la valeur agricole d'une solution, Wilcox (1948) a proposé le premier diagramme délimitant des classes basées sur la minéralisation totale et le pourcentage du sodium absorbé par l'eau.

En 1954 le laboratoire de salinité du département de l'agriculture en USA (Richards) a proposé un deuxième diagramme délimitant aussi des classes fondées sur la minéralisation totale et le sodium absorbé par le sol (S.A.R).

Les principaux facteurs qui peuvent dégradé la qualité des eaux pour l'irrigation se résument donc à la concentration en sels dissous exprimée par le résidu sec ou la conductivité électrique, la salinité potentielle, la concentration relative en sodium et la quantité des éléments toxiques (Bore et Chlore) présents dans l'eau. (Zeghdani *et al*, 2016)

Quand les sels sont concentrés dans les solutions de sol, chacun des facteurs dégradant la qualité, à un effet sur la croissance de la plante et par conséquent sur sa production d'une part, et d'autre part sur les propriétés physiques et chimiques. (Zeghdani *et al*. 2016).

#### 3.1. Classification des eaux par la méthode de Richards

Cette classification a été proposée par Richards. Elle est très utile et fiable pour caractériser une eau d'irrigation. Une eau chargée en sels peut provoquer un risque pour l'irrigation.

Ce risque est déterminé à l'aide de la valeur du sodium absorbable (Sodium Absorption Ratio, SAR). Ce paramètre comme étant une détermination du pouvoir d'échange des ions  $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Mg}^{2+}$ , par le  $\text{Na}^+$  dans les argiles et les colloïdes, Il est défini par l'expression suivante :

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

Le pourcentage en sodium est donné par

$$\%Na = \frac{(Na^{+} + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} \times 100$$

Na : concentration de l'eau en ions sodium en méq/l ,

Ca : concentration de l'eau en ions calcium en méq/l ,

Mg : concentration de l'eau en ions magnésium en méq/l.

Cette classification se fait donc, en reportant sur le diagramme les conductivités électriques en (uS/cm) à 20 °C, en fonction du taux d'absorption du sodium (S.A.R). La classification de Richards basée sur la conductivité et le S.A.R, permet de définir plusieurs classes d'eau, présentant chacune un danger de salinisation et d'alcalinisation variable, les plus caractéristiques sont quatre comme indique le tableau suivant :

**Tableau10 : Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR) (OMS, 2009).**

| Degré | Qualité    | Classes                 | Etat d'utilisations   |
|-------|------------|-------------------------|---|
| 1     | Excellente | C1-S1, C1-S2            | Utilisation sans danger pour l'irrigation des cultures et même pour les sols.   |
| 2     | Bonne      | C2-S1, C2-S2            | Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)                   |
| 3     | Admissible | C3-S1, C2-S3,<br>C3-S2  | La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés.                |
| 4     | Médiocre   | C4-S1, C2-S1,<br>C3 -S3 | Eau fortement minéralisée, utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité) |
| 5     | Mauvaise   | C3-S4, C4-S3,<br>C4-S4  | Inutilisable  |

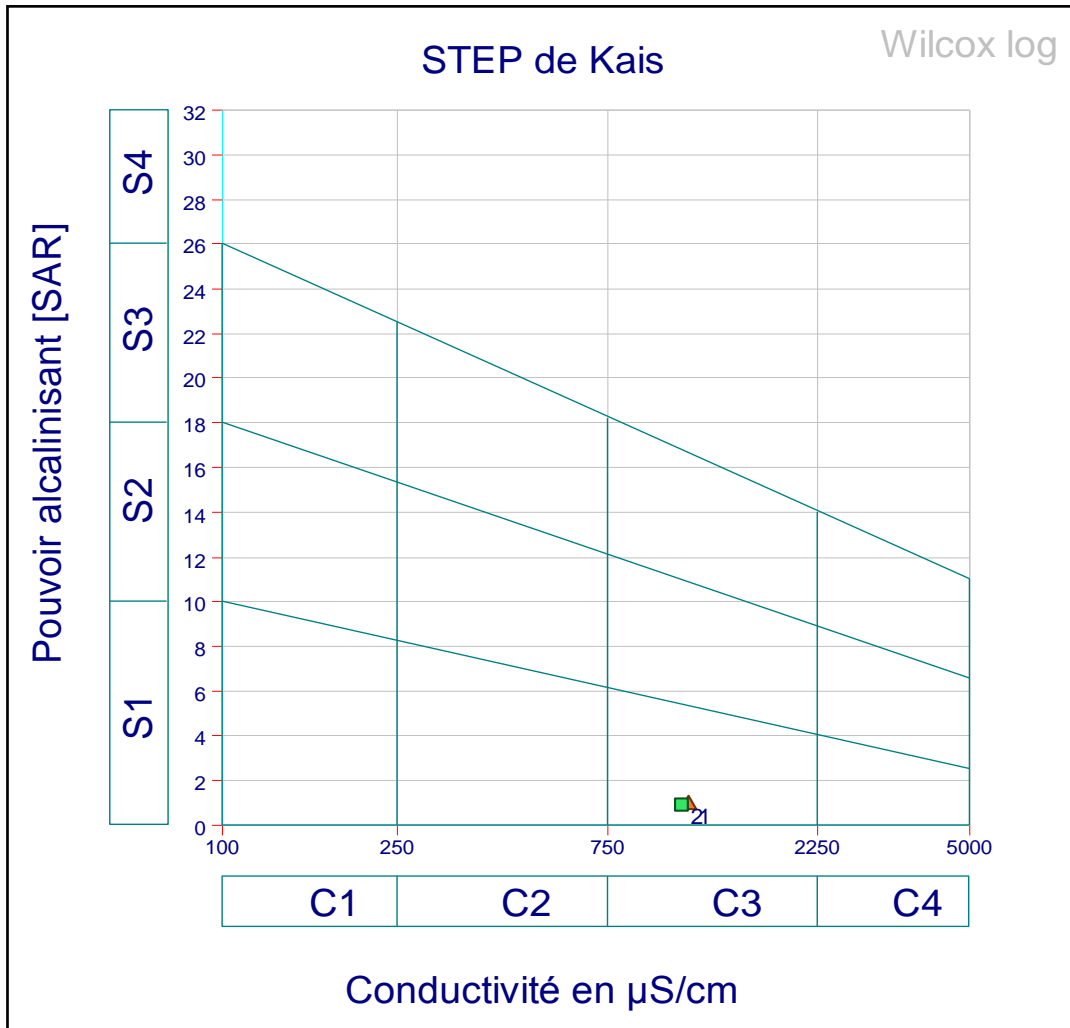


Figure 56 : Diagramme de Richards

La représentation des échantillons analysés (eaux d’entrée et de sortie de la STEP ) sur le diagramme de Richards (Fig 56.), montre que les eaux de la STEP appartiennent à la classe: C3S1,. Elles se manifestent par un faible danger d'alcalinisation et par une salinité élevée. En général on constate que ces eaux ne conviennent pas à l'irrigation des cultures dans des conditions normales, mais peuvent être utilisées si :

- ✓ L’évolution de la salinité et l’indice de SAR doivent être contrôlée en ajoutant le calcium soluble tels que le gypses (sulfate de calcium) pour diminuer le SAR à une valeur sur

- ✓ L'irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés et adéquats pour éviter la libre circulation de l'eau au niveau des racines.
- ✓ le sol doit être perméable ainsi que le drainage doit être suffisant pour fournir une meilleure lixiviation à fin d'éviter l'accumulation du sel qui empêchera un bon approvisionnement en eau pour les récoltes.

La salinisation est causée par la dissolution des gypses, la forte évaporation des eaux lors de la chute des eaux météoriques, à la surface, et /ou lors de l'infiltration et due également au climat.



# CONCLUSION GÉNÉRALE

La région d'étude Kais se situe dans un bassin versant endoréique au nord-est de l'Algérie . Il est limité au sud par les versants nord des Aurès ; au Nord par la chaîne des montagnes du Djbel Fdjoudj et au Nord-est la dépression Sabkha (Gareat et Tarf). Elle est classée dans l'étage bioclimatique semi-aride où la précipitation annuelle ne dépasse pas 500 mm avec une température moyenne annuelle de 16.68°C. Les températures les plus basses sont notées en janvier (8.19°C), tandis que les plus élevées sont observées en août (27.12°C). Le climat semi-aride de la région est caractérisé par un été chaud et sec et un hiver frais et humide. La combinaison de ces facteurs rend cette zone exposée au phénomène de salinisation.

Le contexte hydrogéologique de la région d'étude est caractérisé par un réseau hydrographique bien développé où la totalité des Oueds ont un écoulement temporaire : Oued Boulefraï à l'Ouest, Oued Baghai à l'Est qui aboutissent dans la dépression salée, et Oued Marouf, Oued Gueiss qui coupent la zone d'étude du Sud au Nord

Cette étude se focalise sur la qualité des eaux usées brutes et épurées de la STEP de Kais afin de voir leur aptitude à l'irrigation, L'utilisation des eaux usées en irrigation est fréquemment considérée comme indispensable pour assurer la pérennité de l'agriculture urbaine des pays en développement. Les avantages agronomiques et économiques sont souvent mis en avant pour en justifier l'usage, mais plusieurs études mettent en garde sur les risques sanitaires et environnementaux qui en résultent.

Les différents paramètres mesurés permettent de conclure que :

- Les paramètres de pollution des eaux usées traitées déterminés : matières en suspension (MES), demande chimique en oxygène (DCO), demande biochimique en oxygène (DBO) l'azote minéral ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) montrent que leurs valeurs ne présentent aucun danger à leur réutilisation en agriculture et elles sont dans les normes requises pour l'irrigation selon l'OMS , JORAD , et ANRH , ce qui confirme que les procédés utilisés par la station d'épuration de Kais sont efficaces à l'échelle physico-chimiques puisqu'il y a une élimination significative de ces paramètres .
- Les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dépassent les normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation (0.94 mg/l ) avec une valeur de 19mg/l d'où leurs principales origines

# CONCLUSION GÉNÉRALE

sont les déjections humaines ainsi que les engrais agricoles , leur réutilisation en irrigation constituerait un bon traitement tertiaire ( élimination biologique et chimique ).

- Le coefficient de biodégradabilité DCO/DBO5 mesuré est de 4mg/l indique que les eaux usées rejetées sont moins facilement biodégradable.
- L'indice de SAR montre que ces eaux ne conviennent pas à l'irrigation dans les conditions normales mais peuvent être utilisées si certaines procédures seront employées.

## Recommandations et Perspectives

A la suite des ces résultats, plusieurs perspectives se dégagent :

- Dans le cadre d'un travail futur : Une valeur doit être donnée aux eaux usées brutes, considérées comme une source d'eau qui compense l'eau des vallées et des puits utilisés pour l'irrigation agricole, Parce que la région connaît des pénuries d'eau.
- Développement des outils de communication d'information et sensibilisation sur les eaux usées et sur le risque de leur exploitation et mettre en garde contre les risques d'exploitation irrationnelle des eaux usées brutes en irrigation agricole.
- La réalisation des stations d'épurations est une tentative d'amélioration de la qualité des eaux afin d'éviter les problèmes de pollution des oueds et des nappes phréatiques
- Renforcer et multiplier les opérations de traitements dans les stations d'épuration a fin d'assurer une bonne qualité d'eau d'irrigation.
- Prise en charge des laboratoires existant dans chaque station d'épuration et les équiper du bon matériels techniques et personnels dans le but de mener de bonnes analyses.

# ANNEXES

**Annexe 01** : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO (AYERS et WESTCOT, 1994).

|  |       | Restriction pour l'irrigation |                  |       |
|--|-------|-------------------------------|------------------|-------|
|  |       | Aucune                        | Légère à modérée | Forte |
| Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)  |       |                               |                  |       |
| CEi  | dS/m  | <0.7                          | 0.7-3.0          | >3.0  |
| TDS  | mg/l  | <450                          | 450-2000         | >2000 |
| Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CEi et SAR) |       |                               |                  |       |
| SAR = 0-3 et CEi =   |       | >0.7                          | 0.7-0.2          | <0.2  |
| SAR = 3-6 et CEi =   |       | >1.2                          | 1.3-0.3          | <0.3  |
| SAR = 6-12 et CEi =  |       | >1.9                          | 1.9-0.5          | <0.5  |
| SAR = 12-20 et CEi =   |       | >2.9                          | 2.9-1.3          | <1.3  |
| SAR = 20-40 et CEi =   |       | >5.0                          | 5.0-2.9          | <2.9  |
| Toxicité de certains ions (affectent les cultures sensibles)   |       |                               |                  |       |
| Sodium :   |       |                               |                  |       |
| Irrigation de surface  | SAR   | <3                            | 3-9              | >9    |
| Irrigation par aspersion   | méq/l | <3                            | >3               | □     |
| Chlore :   |       |                               |                  |       |
| Irrigation de surface  | méq/l | <4                            | 4-10             | >10   |
| Irrigation par aspersion   | méq/l | <3                            | >3               |       |
| Bore   | mg/l  | <0.7                          | 0.7-3.0          | >3.0  |
| Effets divers (affecte les cultures sensibles)   |       |                               |                  |       |
| Azote (NO <sub>3</sub> -II)  | mg/l  | <5                            | 5-30             | >30   |
| Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> ) (pour aspersion sur frondaison)  | méq/l | <1.5                          | 1.5-8.5          | >8.5  |
| pH   |       | Zone normale : 6.5-8.4        |                  |       |

**Annexe 02** : Classification des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité (d'après Richards, 1969)

| <i>CE de l'eau (µS/cm)</i> | <i>Classe de qualité de l'eau</i> | <i>Risques encourus par les plantes</i> |
|----------------------------|-----------------------------------|---|
| 0-250                      | I. Excellente                     | Très faible                             |
| 250-750                    | II. Faible salinité               | Moyen                                   |
| 750-2250                   | III. Forte salinité               | Elevé                                   |
| 2250-5000                  | IV. Très forte salinité           | Très élevé                              |

# ANNEXES

**Annexe 03 :** Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usés autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station dépurative.

| <b>Paramètres</b>                     | <b>Valeurs limites maximales (mg/l)</b> |
|---------------------------------------|---|
| Azote global                          | 150                                     |
| Aluminium                             | 5                                       |
| Argent                                | 0.1                                     |
| Arsenic                               | 0.1                                     |
| Béryllium                             | 0.05                                    |
| Cadmium                               | 0.1                                     |
| Chlore                                | 3                                       |
| Chrome trivalent                      | 2                                       |
| Chrome hexa valent                    | 0.1                                     |
| Chromates                             | 2                                       |
| Cuivre                                | 1                                       |
| Cobalt                                | 2                                       |
| Cyanure                               | 0.1                                     |
| Demande biochimique en Oxygène (DBO5) | 500                                     |
| Demande chimique en oxygène (DCO)     | 1000                                    |
| Etain                                 | 0.1                                     |
| Fer                                   | 1                                       |
| Fluorure                              | 10                                      |
| Hydrocarbures totaux                  | 10                                      |
| Matières en suspension                | 600                                     |
| Magnésium                             | 300                                     |
| Mercuré                               | 0.01                                    |
| Nickel                                | 2                                       |
| Nitrites                              | 0.1                                     |
| Phosphore totale                      | 50                                      |
| Phénol                                | 1                                       |
| Plomb                                 | 0.5                                     |
| Sulfures                              | 1                                       |
| Sulfates                              | 400                                     |
| Zinc                                  | 2                                       |
| Température                           | Inferieur ou égale à 30°C               |
| Ph                                    | Compris entre 5.5 et 8.5                |

\*JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE 2009.

# ANNEXES

**Annexe 04:** Les normes de rejet des effluents selon le JORAD

| Paramètres     | Unités | Valeurs limites |
|----------------|--------|-----------------|
| Température    | °C     | 30              |
| PH             | -      | 6.5-8.5         |
| DBO5           | mg/l   | 30              |
| DCO            | mg/l   | 120             |
| MES            | mg/l   | 35              |
| Azote total    | mg/l   | 30              |
| Phosphor total | mg/l   | 10              |
| Furfural       | mg/l   | 50              |
| Hydrocarbures  | mg/l   | 10              |
| Plomb          | mg/l   | 0.5             |
| Fer            | mg/l   | 3               |
| Mercure        | mg/l   | 0.01            |
| Cuivre         | mg/l   | 0.5             |
| Plomb          | mg/l   | 0.5             |
| Zinc           | mg/l   | 3               |

**Annexe 06 :** les normes de rejet des effluents selon L'OMS

| Caractéristiques              | Normes utilisées (OMS) |
|-------------------------------|------------------------|
| pH                            | 6,5-8,5                |
| DBO <sub>5</sub>              | < 30 mg/l              |
| DCO                           | < 90 mg/l              |
| MES                           | < 20 mg/l              |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  | < 0,5 mg/l             |
| NO <sub>2</sub>               | 1 mg/l                 |
| NO <sub>3</sub>               | < 1 mg/l               |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | < 2 mg/l               |
| Température                   | < 30°C                 |

# ANNEXES

## Annexe 07 : Normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation

| Paramètres                           | Normes    |
|--------------------------------------|-----------|
| pH                                   | 6.5 à 8.5 |
| Conductivité électrique (ms/cm)      | <3*       |
| MES (mg/l)                           | <70*      |
| DCO (mg/l)                           | <40*      |
| DBO <sub>5</sub>                     | <30*      |
| NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)  | <50*      |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)  | <1*       |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l) | < 0.94*   |
| HCO <sub>3</sub> (mg/l)              | 500**     |
| SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> (mg/l) | 400**     |
| CL <sup>-</sup> (mg/l)               | 1065**    |
| Ca <sup>2+</sup> (mg/l)              | 400**     |
| Na <sup>+</sup> (mg/l)               | 920**     |
| Mg <sup>2+</sup> (mg/l)              | 60.75**   |
| Cd <sup>2+</sup> (mg/l)              | 0.01*     |
| Pb <sup>2+</sup> (mg/l)              | 0.05*     |
| Zn <sup>2+</sup> (mg/l)              | 2*        |
| Cr <sup>6+</sup>                     | 0.1*      |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)  | <2*       |

Source : \*OMS (1989), \*\* FAO (2003)

## Annexe 08 : Pays du Proche Orient utilisant les plus grandes quantités d'eau usée traitée

| Country              | Eau usée traitée 106 m3 /an | En % du total | En % de l'eau prélevé dans le pays |
|----------------------|-----------------------------|---------------|------------------------------------|
| Egypte               | 200                         | 16.7          | 0.36                               |
| Kuwait               | 52                          | 4.3           | 9.67                               |
| Arabie saoudite      | 217                         | 18.1          | 1.28                               |
| Syrie                | 370                         | 30.8          | 2.57                               |
| Emirates Arabes Unis | 108                         | 9             | 5.12                               |
| Autres 24 pays       | 253                         | 21.1          | 0.06                               |
| Total proche orient  | 1200                        | 100           | 0.23                               |

(Aquastat, FAO, 1997)

# RÉFÉRENCES

## (A)

**A. MIZI,(2006).** Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA. 2006.

**Asal,(2016)** .Agence spatiale algérienne ,la région de Kais Wilaya de Khenchela .

**A.Musy ,(2005)** .Chapitre 3 hydrologie Générale Section SIG et GC. institut des Sciences et Technologies de l'Environnement (ISTE) Suisse .

**ANRH ,(1993).** Plan de développement 2010. Alger.

**Ayers, R.S ,(1977).** Quality water for irrigation. J. Irrig. Drain. Div., ASCE: 135-154.

**Azro.z ,(2017).** Etude de possibilité d'épuration des eaux usées par un mélange Boues-micro-algues.Cas de la station d'épuration de Tiaret (Algérie université de Tiaret 2017.thèse de doctorat.

## (B)

**Baumont.S,(2005).** Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France, École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT),

**Baumont , Dulphy j.p., Doreau m., Peyraud j.l., Nozières m.o., Andueza d. Meschy f.,(2005)** .la valeur des fourrages pour les ruminants : comment synthétiser et diffuser les nouvelles connaissances, comment répondre aux nouvelles questions ?, rencontres recherches ruminants, 12, 85-92

**Bechnab , Ben Achour .(2015).** .Effet de la qualité des eaux d'irrigation sur la laitue .Ouargla : université Kasdi Merbah Ouargla.2015, 81p, thèse de master en agronomie .

**Billault,1889** : Le rôle épuratrice du sol, le sol, l'eau et les polluants, Tome N0 1 ; 146 p.

**Bixio D., Thoeye C., Wintgens T., Ravazzini A., Miska V., Muston M., Chikurel H., Aharoni A., Joksimovic D. and Melin T,(2008).** Water reclamation and reuse implementation and management issues. Desalination, 218, 13–23

# RÉFÉRENCES

## (B)

**Bixio D, DE Heyder B, Chikurel H, Muston M, Miska V, Joksimovic D, Schäfer A I, Ravazzini A, Aharoni A, Savic D. and Thoeve C. (2005).** Municipal wastewater reclamation: where do we stand? An overview of treatment technology and management practice. *Wat. Sci. Tech.: Wat. Supply*, 5(1), pp 77– 85.

**Bliefert, C. et Perraud, R ,(2003).** Chimie de l'environnement. 1er édition, 2e tirage. 289p

**BONTOUX. J,(1993)** Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 166p

**Bouzidi,Y.(2020).**Réutilisation des eaux épurées en Algérie : université 08 mai Guelma ,66p,thèse de mater en hydraulique .

## (C)

**Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Dernat, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret, (1996).** Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes*, 1996, 2 : 81-118.

## (D)

**DALI H., ZOUAOUI K., (2007),** Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation. *Mém .Ing. Génie des procédés. Génie de l'environnement. Uni d' Ouargla.* 68p

**Desjardins Raymands,(2010).** Traitement des eaux ,deuxième édition, Montréal, 2010.

**Des jardins R,(1997) .** Le traitement des eaux. 2ème Edition. Ed. Ecole polytechniques de Montréal, Canada, 303 p.

**D.H.W.K., (1984).** Schéma Directeur de planification et d'aménagement. Services de production et d'aménagement. Direction de l'Hydraulique de la Wilaya de Khenchela. 27p

**Duronzier, G. et Choubert, J.M., (2004).** Traitement du phosphore dans les petites stations d'épuration à boues activées, CEMAGREF, Antony, 24p.

# RÉFÉRENCES

## (E)

**El Asslouj J ; Kholtei S ; El Amrani N et Hilali A,(2007).** Analyse de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la communauté des Mzamza, au voisinage des eaux usées. Afrique SCIENCE 03(1) (2007) 109 – 12

## (F)

**FAO,(1997).** Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production. Eater Reports No. 10. Rome, FAO. [www.fao.org/docrep/w5367e/w5367e00.htm](http://www.fao.org/docrep/w5367e/w5367e00.htm)

**FAO, (2003).** l'irrigation avec des eaux usées traitées, Manuel d'utilisation. Le Bureau Régional de la FAO pour le Proche-Orient.73p.

## (G)

**Gaid, A,(1984).** Epuration biologique des eaux usées urbaines. Tom 1, édition OPU,Alger, 261p.

**Gaagai A,(2009).** Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de babar sur oued el arab région est de l'algerie.these de mémoire de master 2009 .Université de Batna. 72p .

**Grégory vacher ,(2022),** <http://fr.db-city.com/>

## (H)

**H.Salghi R ,(2005)** .« Différents filières de traitement des eaux » ; 22 p. Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir

**HANNACHI A., GHARZOULI R., DJELLOULI TABET Y. (2014).** Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie. Larhyss Journal. N°19 p. 51-62.

**Hartani T., Raissi O, (2004).** L'irrigation avec l'eau d'un lac dans la Mitidja. 10 p. soumis `a la CIID.

**HORNING H M., (1973).** Rôle de l'aménagement rationnel de l'eau d'irrigation au niveau des exploitations. Séminaire régional FAO/PNUD Damas. 7-13 décembre 1971.pp 10-21.

# RÉFÉRENCES

## (I)

**INSPQ.(2021).** institut national de santé publique Québec ,Baryum et ses composées solubles

## (J)

**JORADP,(2012).** Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire. Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. No. 41 p. 18-20.

**Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.**

**Journal Officiel Algérienne,(2012).**Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtes, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 N° 41me Correspondant au 15 juillet 2012, p 27

## (L)

**Lazarova, V.(1998).** La réutilisation des eaux usées: Un enjeu de l'an 2000. L'Eau, L'Industrie, Les Nuisances, 212, 39-46.

## (M)

**Marillys.Macé .(2015).** L'assainissement de l'eau fonctionnement du réseau l'assainissement des eaux usées

**Medkour M., (2003).** Réutilisation des eaux usées épurées. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau. 12 p.

**MRE, (2012).** Document interne. Ministère des Ressources en Eau, Algérie, 15p

**MILOS H,(1971).** L'eau et l'environnement. Bull. FAO. 8 :32-38pp. Rome

## (O)

**ONA kenchela ,(2022) ,** l'office nationale de l'assainissement de la wilaya de Kenchela

# RÉFÉRENCES

**OMS, (2012).**L'utilisation sans risque des eaux usées, des excréta et des eaux ménagères, volume 2 utilisation des excréta et des eaux ménagères en agriculture.

## (P)

**Plauchu,(2004).** Economie de l'environnement l'irrigation et leur impact sur le sol et la qualité des cultures maraîchères et fourragères. In : Actes du congrès international 'Eau et Déchets'. Université Mohamed I, Oujda, Maroc.

**Potelon J.L,(1998).**le guide des analyses de l'eau potable, univ de l'isère.Ed.la lettre du cadre territorial.81- 85p.

**Presse Algérienne,( 2012).** Réutilisation des eaux usées à l'irrigation p 8.

## (R)

**Reminiéras G,(1986).** L'hydrologie de l'ingénieur 2ème édition 462p.

**Rhoades J ,(1977).** Potential of using saline agricultural drainage for irrigation. In Proc. Water management for irrigation and drainage. ASAE, Reno, Nevada, July 1977:85-116.

**RODIER J ,(1996) .** Analyse de l'eau ;eaux naturelles ,eaux résiduaires ,eaux demer.8ème édition. Edition DUNOD. Paris.

**Rodier J, Bazin C., Bourtin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L. (2009).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. Dunod Bordas, Paris, 9 ème édition, 1526p

**Rodier J, Bazin C., Bourtin J.P., Chambon P., Champsaur H., Rodi L,(2005).** Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Ed. Dunod Bordas, Paris, 8 ème édition, 1383p

## (S)

**Slimani, R,2003.** Contribution à l'étude hygiénique des caractères physico-chimique deseaux usées de la cuvette d'Ouargla et leur impact sur la nappe phréatique. Mémoire Ing. Eco et Env. Ecosystème steppique et saharien. Université d'Ouargla.85

## (T)

**Tradat, M. et Henry ,(1992).** Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile inc, Canada. 537p

**Tamrabet, L,(2007).** Traitement et réutilisation des eaux usées dans les pays du MENA: Cas de l'Algérie. Rapport réalisé pour le compte de la FAO (Office Régional du FAO au Proche Orient, Caire, Egypte).

**Tamrabet, L, Kribaa, M., Hamidi, B., Alalata, S., Berkani, W. et Hamdoudi, A ,(2007)** Evaluation de l'aptitude des effluents d'Oued El Gourzi (Batna, Nord Est d'Algérie) .

## (Z)

**Zouaoui, A, (2008).** Evaluation de l'aptitude culturale pour le blé dur et l'orange des terres des Hautes Plaines Constantinoises (thèse de doctoral).institut Nationale d'Agronomie, Al Harrach, Algérie.

**Zeghdani Z et al,(2016).** Aptitude des eaux épurées de la STEP de Khenchela à l'irrigation, Université Abbès Laghrour Khenchela. pp- 42.

### *Références webo-graphiques*

- Source <https://www.cieau.com/>
- Source <http://fr.db-city.com/>
- Source <https://www.lapressedz.com/>
- Source <https://www.olenergies.com/>



## **Abstract :**

This work was carried out in order to establish a diagnosis of the physicochemical state of the treated wastewater of the kais STEP, to deduce the performance of this station and study the waters quality for irrigation, the treated wastewater has positive effects on the soil nutrient richness as well as negative, effects, namely salinization of soil surface horizons and influence on the physicochemical properties of the soil. The comparison between the values of the different physicochemical parameters of the treated wastewater from the Kais wastewater treatment plant with the irrigation standards set by OMS show that some values are significantly higher levels compared to Algerian and international standards like : salinization and [  $\text{Po}_4$  ] ..According to SAR results, these waters are suitable for irrigation of agricultural land without major negative impacts. Provided that salinity must be controlled with and suitable crops are salt-tolerant crops on well-drained soils

Key words: Irrigation , STEP, wastewater , Kais , effects .....

## **Résumé :**

L'irrigation par les eaux usées épurées présente des effets positifs sur la richesse du sol en éléments fertilisants ainsi que des effets négatifs à savoir la salinisation des horizons de surface de sol et l'influence sur les propriétés physico-chimiques du sol. Ce travail a été réalisé dans le but d'établir un diagnostic de l'état physicochimique des eaux usées épurées de la STEP de kais (Khenchela) , de déduire la performance de cette station et d'étudier la qualité de ces eaux et sa conformité aux normes locales et internationales d'irrigation. La comparaison entre les valeurs des différents paramètres physicochimiques des eaux usées dépolluées de la station d'épuration de Kais (Khenchela) avec les normes d'irrigations fixées par l'OMS et le journal national montrent que certaines valeurs tels que : la salinité , la concentration des orthophosphates sont significativement élevées par rapport aux limites Selon les résultats du SAR, l'aptitude de ces eaux à l'irrigation sans impacts négatifs majeurs sur l'environnement à condition que la salinité doit être contrôlée et les cultures convenables sont les cultures tolérables aux sels sur des sols bien drainés.

Mots clés : Irrigation, eaux usées , STEP, Kais , Risques ...

## ملخص

للري بمياه الصرف الصحي آثار إيجابية على ثراء التربة بعناصر التسميد وله تأثيرات سلبية وهي زيادة ملوحة سطح التربة والتأثير على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة. تم تنفيذ هذا العمل بهدف تشخيص للحالة الفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة لمحطة معالجة مياه الصرف من بلدية قايس (خنشلة) ، لاستنتاج أداء هذه المحطة ودراسة جودة هذه المياه ومدى مطابقتها لمعايير الري الدولية. تظهر المقارنة بين قيم المعلمات الفيزيائية والكيميائية المختلفة لمياه الصرف الصحي الملوثة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في قايس (خنشلة) مع معايير الري التي وضعتها منظمة الصحة العالمية والمجلة الوطنية أن قيمًا معينة مثل: الملوحة، و تركيز الفوسفات مرتفع بشكل ملحوظ مقارنة بالحدود وفقًا لنتائج تقويم نسبة الصوديوم القابلة للامتصاص، هذه المياه ملائمة للري دون آثار سلبية كبيرة على البيئة بشرط التحكم في الملوحة والمحاصيل المناسبة هي المحاصيل التي يمكن تحمل الملوحة العالية على التربة.

الكلمات الرئيسية: الري، مياه الصرف الصحي، معالجة مياه الصرف الصحي، قايس، المخاطر..