

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المركز الجامعي بلحاج بوشعيب - عين تموشنت -  
Centre Universitaire BELHADJ Bouchaib - Ain Témouchent -



Domaine de Sciences et Technologie

Institut de la Technologie

Département de Génie de l'Eau et de l'Environnement

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Hydraulique

Spécialité : Hydraulique Urbaine

Thème :

**LA REUTILISATION DES EAUX USEES EPUREES A DES FINS AGRICOLES  
- CAS DE LA STEP DE LA VILLE D'AIN TEMOUCHENT -**

Soutenu : Le 03 Juin 2018 à 13h00

Par :

**Mr. TAYEB Ilies**

**Mr. NAIMI Réda**

Devant le jury composé de :

|                          |       |             |              |
|--------------------------|-------|-------------|--------------|
| <b>Dr. BENZAAD B.</b>    | M.C.A | C.U.B.B.A.T | Présidente   |
| <b>Mr. NEHARI A.</b>     | M.A.A | C.U.B.B.A.T | Examineur    |
| <b>Mme. BENCHEKOR H.</b> | M.A.A | C.U.B.B.A.T | Examinatrice |
| <b>Dr. BOUGHALEM M.</b>  | M.C.A | C.U.B.B.A.T | Encadreur    |

Année Universitaire : 2017/2018

## Remerciement

*Au nom de Dieu, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux : « Louange à Allah qui nous a guidés à ceci. Nous n'aurions pas été guidés, si Allah ne nous avait pas guidés ».*  
*AL-AṚRĀF n°43.*

*Ce travail constitue une expérience très enrichissante tant sur le plan scientifique que sur le plan humain. On exprime nos reconnaissances à toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à l'élaboration de ce travail et à sa mise en œuvre.*

*On tient à exprimer en premier lieu notre vive reconnaissance au père spirituel de l'hydraulique, Monsieur **Mohamed Mazour**, Professeur au Centre Universitaire d'Ain Témouchent et Directeur du laboratoire de recherche de l'hydrologie appliquée et de l'environnement.*

*Notre vive gratitude va également à Madame **Mostafia Kasmi Boughalem**, Maître de conférences au Centre Universitaire d'Ain Témouchent : Elle a acceptée de diriger notre travail. Elle a orientée notre recherche avec patience, bel humanisme et grande sagesse !*

*Aucun remerciement ne saurait être à la hauteur de l'aide et du soutien que Madame **Bourassia Bensaad**, Maître de conférences au Centre Universitaire d'Ain Témouchent et Directrice de l'institut de la technologie, nous a apportés durant notre parcours académique. Merci d'avoir accepté de présider le jury de ce travail.*

*Aucun remerciement ne saurait être à la hauteur de l'aide et du soutien que Monsieur **Hassan Elattir**, Professeur retraité de l'institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, MAROC.*

*On tient à remercier tout particulièrement Monsieur **Salah Boualem**, Professeur à l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique de Blida pour ses encouragements, corrections et conseils.*

*Une immense gratitude à Monsieur **Julien Louchard**, Chargé de développement commercial, de Formation et des études à l'Office International de l'Eau pour ses corrections et ses conseils.*

*On adresse de sincères remerciements aux personnes qui ont accepté de prendre part au jury malgré des calendriers, très chargés : Merci donc à Monsieur **Abderrahmane Nehari** et à Madame **Hassiba Benchekor**. On leurs sait sincèrement gré de leurs participations.*

*On remercie également le corps professoral et administratif de l'institut de la Technologie et du département de Génie de l'eau et de l'environnement, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Un grand remerciement pour l'équipe technique et administrative de la STEP d'Ain Témouchent, Monsieur **Khiat Abderrahmane** et Monsieur **Benallal Kamel** et aussi à Madame **Gharzouli Malia**, Chef de STEP de la zone de Sétif pour l'introduction et la conclusion.*

*Une immense gratitude à nos familles qui nous ont soutenues tout au long de ce travail !*

## **Dédicace**

### **TAYEB ILIES**

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mes chers parents **Mokhtar** et **Leila**, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler, qu'Allah leur procure bonne santé et longue vie.*

*A ma famille, mes frères et mes sœurs **Mohamed Riyadh**, **Azzeddine**, **Amina**, **Fatima** et **Hiba Sanaa**.*

*A mon binôme et mon frère **Réda Naimi**.*

*A tous mes amis **Amine Frifra**, **Youcef Dinedane**, **Amine Toumiat**, **Mohamed Kennas**, **Yacine Hasnaoui**, **Larbi Hamouti**, **Djawed Didi** et **Zine El-Abidine Haddou ... etc.***

*A tous mes chers collègues.*

*A mes chers enseignants **Mr Ziadi**, **Mr Mazour**, **Mr Saleh**, **M<sup>me</sup> Bensaad**, **Mr Belhanini**, **M<sup>me</sup> Mekhalfi**, **Mr Abdeslam**, **Mr Guemou**, **Mr Benaicha**, **M<sup>me</sup> Baghli**, **Mr Ababou**, **Mr Nehari** et surtout **Mr Kaddour**.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

### **NAIMI REDA**

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mes chers parents **Mustapha** et **Rahmouna**, pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué; avec tous les moyens et au prix de toutes les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.*

*A ma famille, mes frères et mes sœurs et leurs petites familles **Halim**, **Omar**, **Djamila**.*

*A ma nièce **Rawen** et mon neveu **Ahmed Jad**.*

*A mon binôme et mon frère **Ilies Tayeb**.*

*A tous mes amis **Mohamed Bouanani**, **Abdelkrim Belabed**, **Amine Toumiat**, **Mohamed Si Ali**, **Sofiane Handi**, **Larbi Hamouti ... etc.***

*A tous mes chers collègues surtout **Elaihar Lalla Orkaya**.*

*A mes chers enseignants **Mr Mazour**, **Mr Saleh**, **M<sup>me</sup> Boughalem**, **Mr Benaicha**, **M<sup>me</sup> Benchekkour**, **M<sup>me</sup> Baghli**, **Mr Nehari**, **M<sup>me</sup> Belarbi**, **Mr Guemou**, **Mr Ababou**, **Mr Benmia** et surtout **Mr Kaddour**.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

## Résumé

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages.

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale.

Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture en Algérie, la réutilisation des eaux usées épurées apparait comme la solution la plus adaptée pour l'irrigation.

L'objectif principal de ce travail est de connaître le cadre réglementaire régissant l'usage des eaux non conventionnelles, connaître les origines, la nature, la qualité et les paramètres de mesure des eaux polluées.

Ce travail aura donc pour intention de décrire les caractéristiques de la station d'épuration d'Ain Témouchent, ses capacités de production, la qualité des eaux épurées à la sortie et les possibilités de la réutilisation de ces eaux dans le domaine de l'irrigation.

Les résultats des analyses obtenus montrent que ces eaux peuvent être exploitées dans l'irrigation localisée pour un groupe de culture précis (Agrumes, Arboriculture ... etc), selon des méthodes étudiées qui ont donné des résultats performants (Dimensionnement).

**Mots Clés :** Réutilisation des eaux usées – Ain Témouchent – STEP – Irrigation – Dimensionnement.

## الملخص

إن إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة هي عمل طوعي ومخطط يهدف إلى إنتاج كميات إضافية من المياه لاستخدامات مختلفة.

اليوم ، تتجسد الإستراتيجية الوطنية للتنمية المستدامة في الجزائر بشكل خاص من خلال خطة إستراتيجية تجمع ثلاثة أبعاد هي: الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

في مواجهة التحدي المتمثل في ضمان تغطية الاحتياجات المائية للزراعة في الجزائر ، يبدو أن إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة هي أنسب الحلول للسقي.

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو معرفة الإطار التنظيمي الذي ينظم استخدام المياه غير التقليدية ، ومعرفة أصول ، وطبيعة ، ونوعية وقياس المعلومات من المياه الملوثة.

لذا فإن هذا العمل تعترزم وصف خصائص محطة معالجة المياه المستعملة عين تموشنت، والقدرة على إنتاجها، ونوعية المياه المعالجة في منفذ وإمكانيات إعادة استخدام هذه المياه في مجال السقي .

أظهرت نتائج التحليل التي تم الحصول عليها أن هذه المياه يمكن أن تستخدم في السقي بالتنقيط لمجموعة من المحاصيل معين (الحمضيات، أشجار مثمرة ... الخ)، وفقا لأساليب درس أسفرت نتائج فعالة (تحجيم).

**الكلمات المفتاحية :** إعادة استخدام المياه العادمة - عين تموشنت - محطة معالجة المياه المستعملة - السقي - التحجيم.

## Abstract

The reuse of treated wastewater is a voluntary and planned action that aims to produce additional quantities of water for different uses. Today the national strategy for sustainable development in Algeria is particularly materialized through a strategic plan that brings together three dimensions namely: Social, Economic and Environmental. Faced with the challenge of ensuring the coverage of water needs for agriculture in Algeria, the reuse of treated wastewater appears as the most suitable solution for irrigation.

The main objective of this work is to know the framework the regulatory framework governing the use of unconventional waters, know the origins, nature, quality and measurement parameters of polluted water. This work will therefore have the intention of describing the characteristics of the Ain Témouchent wastewater treatment plant, its production capacity, the quality of the purified water at the outlet and the possibilities of the reuse of these waters in the field of irrigation.

The results of the analyzes obtained show that these waters can be exploited in localized irrigation for a specific crop group (Citrus, Arboriculture ... etc.), according to the studied methods that have yielded successful results (Sizing).

**Keywords :** Wastewater reuse – Ain Témouchent – STEP – Irrigation - Sizing.

# Liste des figures

## **Partie 01** : Partie théorique.

### **Chapitre 01** : Synthèse bibliographique.

|   |    |
|---|----|
| I.1. Les origines de la pollution des eaux.                                 | 6  |
| I.2. L'Auto-épuration des eaux usées.                                       | 14 |
| I.3. Les étapes de l'épuration des eaux usées.                              | 15 |
| I.4. Les volumes annuels des eaux usées recyclées par habitant.             | 23 |
| I.5. Les quantités annuelles d'eaux usées générées, épurées et réutilisées. | 25 |
| I.6. Les parties essentielles d'un réseau d'irrigation localisée.           | 30 |
| I.7. Un exemple d'une pompe hydraulique.                                    | 32 |

### **Chapitre 02** : Présentation de la zone d'étude.

|   |    |
|---|----|
| II.1. Ain Témouchent ville sur l'imagerie satellitaire de Google Maps.      | 34 |
| II.2. Les grands transferts hydrauliques de l'Oranie.                       | 38 |
| II.3. Forage Ouled Djbara.  | 39 |
| II.4. Forage Sidi Kacem.  | 40 |
| II.5. La STEP d'Ain Témouchent.   | 41 |
| II.6. Les principaux rejets de la ville d'Ain Témouchent vers la STEP.      | 42 |
| II.7. La bioclimatologie de l'Algérie.                                      | 44 |
| II.8. Les moyennes mensuelles des températures en (°C).                     | 45 |
| II.9. Les moyennes mensuelles des précipitations en (mm).                   | 46 |
| II.10. Les moyennes mensuelles d'ensoleillement (En heures entières).       | 46 |
| II.11. Les moyennes mensuelles de l'Evaporation en (mm).                    | 47 |
| II.12. Les moyennes mensuelles des vitesses de vent en (m/s).               | 48 |
| II.13. Les moyennes mensuelles du taux d'humidité relative en (%).          | 48 |
| II.14. La position d'Ain Témouchent dans le diagramme d'Emberger.           | 49 |
| II.15. Le diagramme ombrothermique.   | 50 |
| II.16. L'indice d'aridité en (°C).  | 51 |
| II.17. La situation de la STEP sur l'imagerie satellitaire de Google Earth. | 51 |
| II.18. Le déversoir d'orage.  | 53 |
| II.19. La grille mécanique grossière.                                       | 54 |
| II.20. Les grilles fines motorisées.  | 55 |
| II.21. Les deux déssableurs-déshuileurs.                                    | 56 |
| II.22. Les bassins d'aération.  | 57 |
| II.23. Le décanteur secondaire.   | 58 |
| II.24. Le clarifloculateur.   | 59 |
| II.25. Le bassin de désinfection.   | 60 |
| II.26. L'épaississeur de la boue.   | 61 |
| II.27. Les lits de séchage.   | 62 |
| II.28. Les bandes presseuses.   | 63 |

## **Partie 02** : Partie expérimentale.

### **Chapitre 03 : Présentation de la zone d'étude.**

|   |    |
|---|----|
| III.1. Les résultats des analyses physico-chimiques.                        | 66 |
| III.2. La comparaison des eaux usées épurées avec les normes algériennes.   | 67 |
| III.3. Les résultats des analyses des coliformes fécaux.                    | 68 |
| III.4. Les résultats des analyses des nématodes intestinaux.                | 69 |
| III.5. Le recensement actuel de sources de l'eau destinées à l'agriculture. | 72 |
| III.6. Le recensement futur de sources de l'eau destinées à l'agriculture.  | 72 |
| III.7. La parcelle choisie.   | 74 |
| III.8. Les tamis utilisés.  | 76 |
| III.9. L'éprouvette à essais.   | 77 |
| III.10. L'appareil d'essai et le teste sur papier filtre.                   | 78 |
| III.11. L'étalant.  | 79 |
| III.12. Le pycnomètre.  | 80 |
| III.13. L'étuve utilisée.   | 81 |
| III.14. La courbe granulométrique.  | 83 |
| III.15. L'indice de plasticité.   | 85 |
| III.16. Le triangle textural.   | 87 |
| III.17. La rampe sur l'imagerie satellitaire de Google Earth.               | 89 |
| III.18. La porte rampes sur l'imagerie satellitaire de Google Earth.        | 91 |
| III.19. La conduite principale sur l'imagerie satellitaire de Google Earth. | 92 |

# Liste des tableaux

## **Partie 01** : Partie théorique.

### **Chapitre 01** : Synthèse bibliographique.

I.1. Les spécifications algériennes des eaux usées épurées utilisées en irrigation. 26

I.2. Les normes algériennes d'irrigation. 29

### **Chapitre 02** : Présentation de la zone d'étude.

II.1. Les caractéristiques des sols. 36

II.2. Le présentatif de la zone industrielle d'Ain Témouchent. 37

II.3. Le présentatif de la zone d'activités d'Ain Témouchent. 37

II.4. Le volume annuel des ressources en eau souterraines. 37

II.5. Les apports annuels moyens des oueds. 43

II.6. La limite des climats, l'indice climatique De Martonne. 51

## **Partie 02** : Partie expérimentale.

### **Chapitre 03** : Présentation de la zone d'étude.

III.1. Les résultats des analyses des salmonelles et des vibrions cholériques. 68

III.2. Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. 70

III.3. Fiche de renseignement sur les autorisations. 71

III.4. Le recensement actuel et futur de sources de l'eau. 71

III.5. Les résultats de l'essai du tamisage. 81

III.6. Les résultats de l'essai de sédimentation. 82

III.7. Le type de sol en fonction de la valeur « VBS ». 84

III.8. La limite de liquidité a la coupelle de CASAGRANDE. 84

III.9. Le classement granulométrique des sols selon leurs densités apparentes. 85

III.10. L'évapotranspiration moyenne mensuelle et journalière. 88

III.11. Tableaux récapitulatifs du dimensionnement. 97

# Table des matières

|  |    |
|--|----|
| <b>Remerciement</b>  |    |
| <b>Dédicace</b>  |    |
| <b>Résumé</b>  |    |
| <b>ملخص</b>  |    |
| <b>Abstract</b>  |    |
| <b>Liste des figures</b>   |    |
| <b>Liste des tableaux</b>  |    |
| <b>Introduction générale</b>   | 1  |
| <b>Partie 01 : Partie théorique</b>  | 4  |
| <b>Chapitre 01 : Synthèse bibliographique</b>                                  | 5  |
| I.1. Introduction  | 5  |
| I.2. Les différents types d'eau  | 5  |
| I.2.1. L'eau distribuée via les réseaux publics                                | 5  |
| I.2.2. Les eaux conditionnées  | 5  |
| I.2.3. Les eaux de puits   | 6  |
| I.3. La pollution des eaux   | 6  |
| I.3.1. Les origines de la pollution des eaux                                   | 6  |
| I.3.2. Les types de la pollution des eaux                                      | 8  |
| I.3.2.1. Matières organiques   | 8  |
| I.3.2.2. Eutrophisation  | 8  |
| I.3.2.3. Matières inertes  | 8  |
| I.3.2.4. Pollution Chimique  | 8  |
| I.3.2.5. Pollution microbiologique   | 8  |
| I.3.2.6. Autres pollutions: pollution mécanique, thermique ou radioactive      | 8  |
| I.3.3. L'impact de la pollution sur la santé et l'environnement                | 9  |
| I.3.3.1. Les matières en suspension  | 9  |
| I.3.3.2. Pollution organique   | 9  |
| I.3.3.3. Azote, Phosphore  | 9  |
| I.3.3.4. Métaux  | 9  |
| I.3.3.5. Pesticides  | 9  |
| I.3.4. Les paramètres de pollution de l'eau                                    | 10 |
| I.3.4.1. Les paramètres physico-chimiques                                      | 10 |
| I.3.4.2. Les paramètres microbiologiques                                       | 11 |
| I.4. L'équivalent habitant   | 12 |
| I.5. Le traitement et l'épuration des eaux usées                               | 12 |
| I.5.1. Les paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement | 12 |
| I.5.2. Le rôle des stations d'épuration  | 12 |
| I.5.3. Les procédés d'épuration des eaux usées                                 | 13 |
| I.5.3.1. L'Auto-épuration des eaux usées                                       | 13 |

|   |    |
|---|----|
| I.5.3.1. La machine à laver l'eau                                     | 15 |
| I.5.4. Les limites de l'épuration                                     | 16 |
| I.5.4.1. Le danger d'empoisonnement des machines à laver l'eau        | 16 |
| I.5.4.2. La prévention  | 17 |
| I.6. Les possibilités de réutilisation des eaux épurées               | 17 |
| I.6.1. La définition de la réutilisation des eaux                     | 17 |
| I.6.2. Les principales voies de réutilisation des eaux usées          | 18 |
| I.6.2.1. L'irrigation agricole et d'espaces verts                     | 18 |
| I.6.2.2. Les usages industriels                                       | 20 |
| I.6.2.3. Les usages urbains et municipaux                             | 21 |
| I.6.2.4. Les usages potables  | 22 |
| I.6.3. La REUE dans le monde  | 23 |
| I.6.4. La REUE dans quelques pays méditerranéens                      | 24 |
| I.6.5. Les facteurs de réussite de la REUE                            | 25 |
| I.6.6. La REUE en Algérie   | 26 |
| I.6.6.1. Cadre réglementaire en Algérie                               | 26 |
| I.6.6.2. Les utilisations   | 27 |
| I.6.6.3. Le potentiel actuel  | 27 |
| I.7. L'irrigation agricole à partir des eaux usées épurées en Algérie | 28 |
| I.7.1. Les normes algériennes d'irrigation                            | 28 |
| I.7.1.1. La qualité microbiologique                                   | 28 |
| I.7.1.2. La qualité physico-chimique                                  | 29 |
| I.7.2.1. Définition   | 30 |
| I.7.2. Le mode d'irrigation adéquat aux eaux non conventionnelles     | 30 |
| I.7.2.2. Les composantes d'une installation d'irrigation localisée    | 30 |
| I.7.2.3. Le principe de fonctionnement                                | 31 |
| I.7.2.4. La caractérisation d'une irrigation à la raie :              | 31 |
| I.7.2.5. Recommandations de l'utilisation de l'irrigation localisée   | 31 |
| I.7.3. Les pompes hydrauliques  | 32 |
| I.7.3.1. Définition   | 32 |
| I.7.3.2. Les caractéristiques importantes des pompes                  | 32 |
| I.8. Conclusion   | 33 |
| <b>Chapitre 02 : Présentation de la zone d'étude</b>                  | 34 |
| II.1. Introduction :  | 34 |
| II.2. La situation géographique                                       | 34 |
| II.3. La situation géologique et topographique                        | 35 |
| II.4. La situation pédologique  | 36 |
| II.5. La situation agricole et industrielle                           | 36 |
| II.5.1. La situation agricole   | 36 |
| II.5.2. La situation industrielle                                     | 37 |
| II.5.2.1. La zone industrielle  | 37 |
| II.5.2.2. Les zones d'activités                                       | 37 |
| II.6. La situation hydrogéologique                                    | 37 |

|  |    |
|--|----|
| II.6.1. Les ressources en eaux souterraines                                      | 37 |
| II.6.2. Les forages  | 39 |
| II.7. La situation hydraulique   | 41 |
| II.7.1. Les eaux Potables  | 41 |
| II.7.2. Les eaux non conventionnelles  | 41 |
| II.7.3. La situation de l'Assainissement   | 42 |
| II.7.4. Le réseau hydrographique   | 43 |
| II.8. La situation climatique  | 43 |
| II.8.1. La température   | 45 |
| II.8.2. Les précipitations   | 45 |
| II.8.3. L'ensoleillement   | 46 |
| II.8.4. L'évaporation  | 47 |
| II.8.5. Le vent  | 47 |
| II.8.6. L'humidité relative  | 48 |
| II.8.7. Le quotient pluviométrique d'Emberger                                    | 49 |
| II.8.8. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson                       | 50 |
| II.8.9. L'indice d'Emanuel De Martonne   | 50 |
| II.9. La station d'épuration d'Ain Témouchent                                    | 51 |
| II.9.1. La description des ouvrages de traitement de la filière eaux             | 53 |
| II.9.1.1. Le déversoir d'orage   | 53 |
| II.9.1.2. Le prétraitement   | 53 |
| III.9.1.3. Le traitement secondaire ou biologique                                | 56 |
| III.9.1.4. Le traitement tertiaire   | 58 |
| II.9.2. La description des ouvrages de traitement de la filière boues            | 60 |
| II.9.2.1. Recyclage et évacuation des boues en excès                             | 60 |
| III.9.2.2. L'épaississement des boues biologiques et chimiques                   | 60 |
| III.9.2.3. La déshydratation des boues   | 62 |
| II.10. Conclusion  | 63 |
| <b>Partie 02 : Partie Expérimentale</b>  | 64 |
| <b>Chapitre 03 : Evaluation de la qualité des eaux usées</b>                     | 65 |
| III.1. Introduction  | 65 |
| III.2. Résultats et discussions  | 65 |
| III.2.1. La qualité physicochimique  | 65 |
| III.2.1.1. Le rendement épuratoire   | 65 |
| III.2.1.1. La comparaison des résultats  | 67 |
| III.2.2. La qualité microbiologique  | 68 |
| III.2.2.1. Le rendement épuratoire   | 68 |
| III.2.2.2. La comparaison des résultats  | 69 |
| III.3. Quelques statistiques sur la REUE en irrigation à partir de la STEP       | 70 |
| III.3.1. L'autorisation de la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation | 70 |
| III.3.2. Le recensement des sources de l'eau destinées à l'agriculture           | 71 |
| III.3.2.1. Le recensement actuel   | 72 |
| III.3.2.2. Le recensement futur  | 72 |

|  |    |
|--|----|
| III.4. Le dimensionnement du réseau d'irrigation | 73 |
| III.4.1. Identification du périmètre choisi      | 73 |
| III.4.2. Etude pédologique                       | 75 |
| III.4.2.1. Matériels et méthodes                 | 75 |
| III.4.2.2. Résultats et discussions              | 81 |
| III.4.3. Etude technico-hydraulique              | 87 |
| III.4.3.1. Les besoins en eau                    | 87 |
| III.4.3.2. Les doses en eau                      | 88 |
| III.4.3.3. Le dimensionnement du réseau          | 89 |
| III.4.3.4. Choix de la pompe                     | 96 |
| III.4.3.5. Tableau récapitulatif                 | 97 |
| III.5. Conclusion                                | 98 |
| <b>Conclusion générale</b>                       | 99 |
| <b>Références bibliographiques</b>               |    |
| <b>Annexes</b>                                   |    |

***Introduction***  
***Générale :***

# Introduction générale

Patrimoine commun de l'humanité, au même titre que l'air, l'eau est constamment détériorée dans le monde qu'il s'agisse de pollution par les rejets industriels (éléments toxiques), par les substances utilisées pour l'agriculture intensive (nitrates, pesticides), ou par les excès de notre mode de vie (pollution, chlore), l'eau est rarement biocompatible.

Aussi, la variabilité du climat et les conditions météorologiques extrêmes qui l'accompagnent (sécheresse et inondation) influent directement sur le milieu naturel et sur le développement socio-économique.

La sécheresse étant une donnée incontournable du climat algérien, sa présence est permanente sur une grande partie du pays.

Parmi les problématiques les plus répandues et qui secouent actuellement le monde entier, nous citons celle de la réutilisation des eaux usées brutes, surtout en agriculture qui consomme plus de 80% des ressources hydriques exploitées. Cette utilisation en agriculture semble la solution pour compenser le besoin en eau pour l'irrigation en raison de la rareté croissante de l'eau.

L'eau usée traitée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains. Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques) ; sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble.

Le bassin méditerranéen est l'une des régions du monde où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée, sauf en Algérie.

En Algérie l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terres agricoles est encore à l'état «embryonnaire» et ne se pratique que sur de très faibles superficies et souvent à titre expérimentale, aussi l'installation des stations d'épuration en aval des réseaux existants constitue non seulement une des solutions pour la protection de nos ressources en eau, du milieu naturel et par conséquent de l'environnement, mais peut également constituer un apport non négligeable pouvant satisfaire les besoins agricoles.

Dans ce contexte, notre étude s'intéressera particulièrement à l'étude de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, particulièrement au niveau de la station d'Ain Témouchent. Pour cela, nous avons articulé notre mémoire en cinq chapitres. Dans le premier chapitre, nous nous appuyons sur un ensemble de connaissances bibliographiques pour fournir un point des connaissances actuelles sur la pollution de l'eau, son origine et les étapes de l'épuration des eaux usées. Le deuxième chapitre est consacré à une description générale de la zone d'étude. Le troisième chapitre porte sur le fonctionnement d'une STEP en général et celui de la STEP d'Ain Témouchent en particulier. Le quatrième chapitre est consacré aux analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux usées. Nous présenterons, par la suite, les résultats obtenus dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées. Dans le cinquième chapitre, a été identifié le périmètre d'irrigation.

# **PARTIE 01 :**

## *Partie Théorique*

# Synthèse bibliographique

### **I.1. Introduction**

L'eau est puisée, traitée, transportée, distribuée et puis utilisée. Après utilisation, cette eau est plus ou moins contaminée. Cette eau polluée retourne à la nature via les égouts, éventuellement après être passée par une station d'épuration, via un avaloir, ou directement dans un cours d'eau. L'eau effectue tout un voyage, que nous appelons le cycle de l'eau. Il est très important que suffisamment d'eau soit encore pure, après avoir été utilisée, ou qu'elle le redevienne, afin de pouvoir être à nouveau utilisée plus tard [1].

### **I.2. Les différents types d'eau**

Les eaux, en s'infiltrant ou en ruisselant, entraînent certains éléments provenant des roches, ce sont les minéraux qui confèrent ses caractéristiques à l'eau (goût, odeur, couleur ...). Les plus courants sont le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, le fer, les sulfates [1].

#### **I.2.1. L'eau distribuée via les réseaux publics**

Elle provient de ressources souterraines et / ou superficielles et subit un certain nombre de traitements avant sa livraison au robinet du consommateur [1].

#### **I.2.2. Les eaux conditionnées**

Une eau minérale est une eau d'origine souterraine, exempte de bactérie ou de virus et dotée, par les éléments minéraux ou les gaz qu'elle contient, de propriétés thérapeutiques ou de qualités hygiéniques utilisables. La plupart dépassent donc les exigences de qualité imposées aux eaux destinées à la consommation humaine et leur consommation doit correspondre à des préconisations médicales. L'eau minérale est soumise à une réglementation spéciale. Une eau de source est également une eau d'origine souterraine, exempte de bactérie ou virus, mais cette fois-ci peu chargée en minéraux. Elle est apte à la consommation humaine, en général sans traitement ni

addition de produits. L'eau de source est soumise à la même réglementation que l'eau de distribution publique [1].

### I.2.3. Les eaux de puits

Dans certains secteurs, il existe des puits captant des eaux souterraines en général peu profondes. Lorsque l'on possède un puits dans son jardin, il faut éviter de l'utiliser à des fins alimentaires car des pollutions ponctuelles sont toujours possibles. Elle peut en revanche être utilisée pour arroser le jardin, remplir la piscine. Cependant, des précautions doivent être prises afin d'éviter toute contamination du réseau public par des retours d'eau du puits. Pour cela, une séparation physique stricte des réseaux est nécessaire. Il est possible de connaître la qualité de l'eau de son puits en la faisant analyser [1].

## I.3. La pollution des eaux

### I.3.1. Les origines de la pollution des eaux

On distingue généralement (**Figure I.1**) trois sources principales de pollution: domestique, industrielle et agricole.



Figure I.1. Les origines de la pollution des eaux [2].

La pollution domestique (1) résulte des usages de l'eau par les ménages. Elle comprend les eaux vannes (toilettes) et les eaux ménagères et se compose surtout de pollution organique (matières fécales, urines, graisses, déchets organiques, papier), microbiologique ('microbes' dans les eaux vannes principalement) et chimique (détergents, produits domestiques divers).

La diversité des pollutions industrielles (2) reflète la diversité des usages: elle peut se composer principalement de déchets organiques (industrie agro-alimentaire, papeterie, sucrerie, brasserie), mais également de multiples polluants chimiques tels que hydrocarbures (pétrochimie), métaux lourds (pétrochimie, métallurgie, construction mécanique, teinturerie, tannerie), de dissolvants (phénols), de produits azotés (industrie des engrais, explosifs)

Tant l'industrie que les centrales électriques peuvent rejeter des eaux réchauffées (3) dont la température peut atteindre et dépasser 30°C.

Les usages agricoles (4) engendrent des rejets de matières organiques (lisiers, purins et fumiers), d'engrais chimiques (nitrates et phosphates) et de pesticides très divers, voire de pollution bactériologique (élevages).

Ces produits sont très rarement rejetés directement dans les eaux de surface, mais leur épandage en excès (pour des raisons d'agriculture intensive) entraîne leur lessivage par les eaux de pluie et une pollution diffuse (non concentrée en un point) des eaux de surface et des eaux souterraines.

C'est également ce lessivage de sols pollués, par exemple dans des décharges ou des friches industrielles (5), qui peut entraîner la pollution des eaux lessivées. Les eaux ruisselant sur les chaussées polluées (par hydrocarbures et plomb) (6) constituent également une source de pollution de l'eau.

Une part importante de la pollution des eaux provient de la pollution par voie atmosphérique (7). Les fumées provenant de l'industrie, des transports ou des maisons peuvent véhiculer un très grand nombre de polluants tels que hydrocarbures (60% de la pollution des mers par les hydrocarbures est transportée par voie atmosphérique), métaux lourds, soufre et gaz carbonique (responsables notamment des pluies acides)

Enfin, les pollutions d'origine accidentelle (8) ne représentant qu'une part infime des rejets polluants, ont un impact local extrêmement fort. Il peut s'agir de déversements de produits divers suite à des accidents 'à l'usine' (ruptures ou mauvaise gestion de vannes,

fuites de canalisations ou de citernes, incendies) ou lors de leur transport (renversement de camions, naufrage) [2].

### **I.3.2. Les types de la pollution des eaux**

#### **I.3.2.1. Matières organiques (MO)**

Les substances composées de chaînes d'atomes de carbone qui constituent les êtres vivants. Le carbone (C) et l'oxygène (O) constituent 95% de la matière organique; azote (N), phosphore (P), soufre (S) et hydrogène (H) environ 5% ; les autres éléments sont en quantités infimes.

#### **I.3.2.2. Eutrophisation**

L'enrichissement du milieu aquatique en nutriments (sels minéraux nutritifs), principalement azotés et phosphatés. Ces rejets se font soit sous leurs formes chimiques telles qu'engrais et lessives, soit sous une forme organique tels que fumiers, lisiers ou matières organiques, dont la décomposition forme notamment des nitrates et des phosphates.

#### **I.3.2.3. Matières inertes**

Les matières inertes comme les métaux, les déchets de démolition, sable, plastique, verre affectent également les cours d'eau.

#### **I.3.2.4. Pollution Chimique**

Substances minérales ou organiques extraites, synthétisées et rejetées par ou pour les activités humaines : produits chimiques de synthèse (à base d'hydrocarbure, de charbon, de produits halogénés, de l'azote).

#### **I.3.2.5. Pollution microbiologique**

Pollution par des micro-organismes - d'origine humaine ou animale - potentiellement pathogènes pour l'homme ou les espèces vivantes.

#### **I.3.2.6. Autres pollutions: pollution mécanique, thermique ou radioactive**

Les activités humaines peuvent engendrer de nombreuses modifications du milieu naturel: aménagement/exploitation du lit, des berges, du fond (extraction), rejets de matières en suspension, thermie (refroidissement) ou de matières radioactives [3].

### **I.3.3. L'impact de la pollution sur la santé et l'environnement**

#### **I.3.3.1. Les matières en suspension**

- Eaux plus troubles perturbe la photosynthèse, la respiration des poissons et colmate les milieux aquatiques.
- Transportent des polluants ce qui augmente les risques d'absorption de substances toxiques par l'organisme.

#### **I.3.3.2. Pollution organique**

- Asphyxie du milieu par consommation de l'oxygène dissous, mort des poissons.
- Stimulation de la production végétale (eutrophisation) et accumulation de boues.
- Faiblement biodégradable.
- Favorise le développement d'organismes pathogènes pour l'homme.

#### **I.3.3.3. Azote (nitrates, nitrites), Phosphore**

- Eutrophisation des milieux aquatiques par excès de matières nutritives pour les végétaux (algues) et conduisant à l'asphyxie des milieux.
- Toxicité de l'ammoniaque et des nitrites pour la faune aquatique.
- Nitrates : empoisonnement du sang chez les nourrissons par blocage de l'hémoglobine interdisant le transport de l'oxygène (maladie bleue).
- Nitrites : cancers à long terme chez les adultes (même à faible concentration) si associés à certains pesticides.

#### **I.3.3.4. Métaux**

- Non biodégradables.
- Bioaccumulable.
- Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés.
- Arsenic, Nickel et Chrome sont également considérés comme cancérigènes.

#### **I.3.3.5. Pesticides**

- Substances très dangereuses pour les milieux aquatiques.
- Polluants organiques persistants s'adsorbent sur les matières en suspension et s'accumulent dans certains compartiments (sédiments, matières organiques, chaîne alimentaire).
- Les plus toxiques : les insecticides.
- Effets réprotoxiques (malformations, stérilité, troubles de la reproduction), mutagènes et cancérigènes [4].

### **I.3.4. Les paramètres de pollution de l'eau**

#### **I.3.4.1. Les paramètres physico-chimiques**

**a. Température** : est un facteur écologique important du milieu. Son élévation peut perturber oralement la vie aquatique (pollution thermique). Certains rejets présentent des écarts de température importants avec le milieu récepteur : ce sont par exemple, les eaux de refroidissement des centrales nucléaires thermique induisant ainsi une forte perturbation du milieu.

**b. Odeur** : L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation, elle dégage une odeur nauséabonde.

**c. Couleur** : La coloration d'une eau peut être soit d'origine naturelle, soit associée à sa pollution. La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de solutés induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible.

**d. Matières en suspension** : Il s'agit de matières non solubilisées. Elles comportent des matières organiques et des matières minérales.

**e. Débit** : Le principal intérêt de la mesure du débit est le fait qu'il permet de quantifier la pollution rejetée par l'intermédiaire de "l'équivalent habitant" qui exprime le volume d'eau usée moyen déversé par habitant et par jour.

**f. Turbidité** : La turbidité est liée à la présence plus ou moins importante de matières en suspension d'origine minérale ou organique.

**g. Le potentiel hydrogène** : Le pH d'une eau représente son acidité ou alcalinité. Les eaux usées domestiques sont généralement neutres ou basiques, de (6 à 9), donc elle n'influe pas sur le pH de milieu récepteur mais les affluents industriels constituent un facteur très important dans la modification de la valeur de pH.

**h. Conductivité** : La conductivité est la propriété que possède une eau de favoriser le passage d'un courant électrique. Elle est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations.

**i. Oxygène dissous** : L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau ne dépasse rarement 10 mg/l. Elle est fonction de l'origine de l'eau ; l'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8 mg/l [5].

**j. Azote** : C'est un élément qui se trouve sous forme ammoniacale ou organique ou

inorganique (ammoniaque, nitrate, nitrite) : il constitue la majeure partie de l'azote total. L'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques a essentiellement une origine urinaire. On estime à environ 13mg/jour la quantité d'azote rejetée par un adulte. L'azote est l'un des éléments qui favorisent la prolifération d'algues.

**k. Phosphore** : L'apport journalier de phosphore est d'environ 4g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et l'usage de détergent. Les rejets varient d'ailleurs suivant les jours de la semaine.

**l. Métaux lourds** : Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel. Leur présence est nuisible pour l'activité des micro-organismes donc elle perturbe le processus d'épuration biologique [6].

#### **I.3.4.2. Les paramètres microbiologiques**

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes (champignons, helminthes, protozoaires, bactéries et virus) dont certains sont pathogènes. La présence de coliformes et de streptocoques témoigne d'une contamination fécale de ces eaux qu'il est impératif d'épurer pour préserver le milieu naturel.

On présente les germes indicateurs principaux, à savoir, les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux:

**a. Les coliformes totaux** : ces coliformes sont des bâtonnets, anaérobies facultatifs, gram(-) non sporulants. Ils sont capables de croître en présence de sels biliaires et fermentent le lactose en produisant de l'acide et du gaz en 48 heures à des températures de 35 à 37°C. Ils regroupent les germes *E. coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella*.

**b. Les coliformes fécaux** : ce sont des bâtonnets gram(-), aérobies et facultativement anaérobies, non sporulants, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 36 et 44°C en moins de 24 heures. Ceux qui produisent de l'indole dans l'eau peptonée contenant du tryptophane à 44°C, sont souvent désignés sous le nom d'*Escherichia Coli* bien que le groupe comporte plusieurs souches différentes (*Citrobacter freundii*, *Entérobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae*...etc.).

**c. Streptocoques fécaux** : ces bactéries appartiennent à la famille de streptococcaceae au genre streptococcus et au groupe sérologique D de Lance Field.

Ils sont définis comme des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se

disposent le plus souvent en diplocoques ou en chainettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homoférentaire avec production de l'acide lactique sans gaz [7].

#### **I.4. L'équivalent habitant**

L'équivalent habitant est la quantité de pollution quotidienne qu'est sensée rejeter un habitant.

La quantité de pollution journalière produite par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES), 15 g de matières azotées (MA), et 4 g de matières phosphorées (MP). Enfin, la concentration des germes est généralement de l'ordre de 1 à 10 milliards de germes pour 100 ml [8].

#### **I.5. Le traitement et l'épuration des eaux usées**

C'est un ensemble de techniques qui consistent à purifier l'eau soit pour recycler les eaux usées dans le milieu naturel, soit pour transformer les eaux naturelles en eau réutilisable.

##### **I.5.1. Les paramètres essentiels pour le choix d'une technologie de traitement**

Les paramètres essentiels qui doivent être pris en compte pour le choix d'une technologie de traitement doivent tenir compte :

- Des caractéristiques des eaux usées, (demande biochimique en oxygène, demande chimique en oxygène, matière en suspension ...etc.).
- Des conditions climatiques (température, évaporation, vent etc.).
- De la disponibilité du site.
- Des conditions économiques (cout de réalisation et d'exploitation).

Des facilités d'exploitation, de gestion et d'entretien [8].

##### **I.5.2. Le rôle des stations d'épuration**

Ce rôle peut être résumé dans les points suivants :

- Traiter les eaux.
- Protéger la santé publique.
- Valoriser éventuellement les eaux épurées et les boues issues du traitement [8].

### **I.5.3. Les procédés d'épuration des eaux usées**

Selon la nature et l'importance de la pollution, différents procédés peuvent être mis en œuvre pour l'épuration des eaux résiduaires en fonction des caractéristiques de celles-ci et du degré d'épuration désiré [9].

#### **I.5.3.1. L'Auto-épuration des eaux usées**

Un certain nombre de processus naturels permettent aux écosystèmes aquatiques de transformer ou d'éliminer des substances apportées au milieu. Par exemple, les feuilles des arbres qui tombent dans le ruisseau ou les cadavres et métabolites des êtres vivants sont dégradées par ce processus. Si les organismes vivants jouent un rôle essentiel dans ce processus, un certain nombre de processus chimiques et physiques y apportent une contribution non négligeable [2].

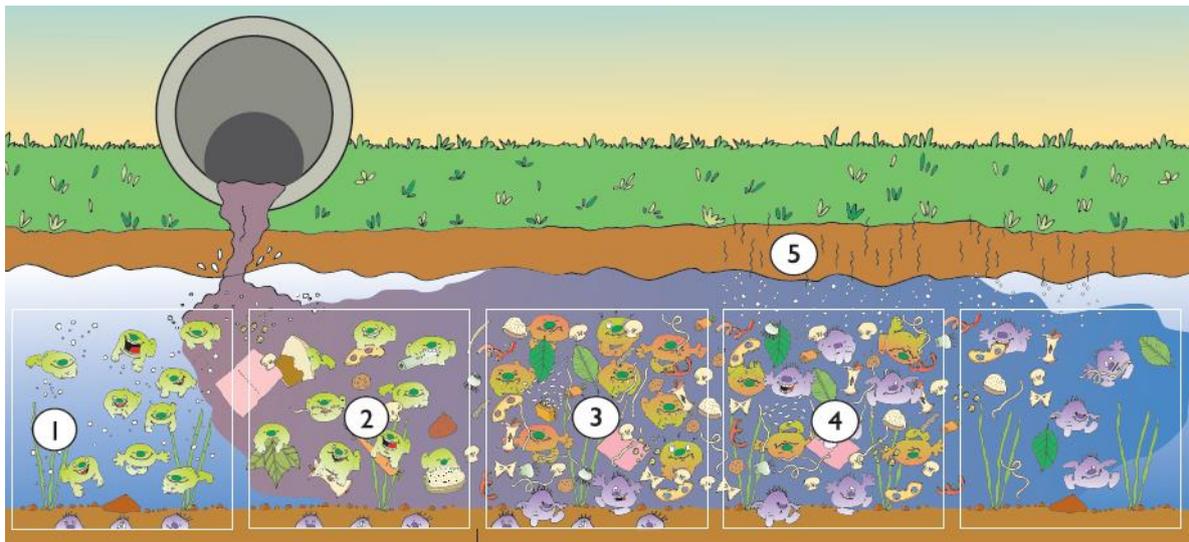
##### **a. Processus physiques et chimiques d'Auto-épuration**

- L'arrivée de rejets polluants dans une grande masse d'eau (lac, mer, océan) ou une masse d'eau fréquemment renouvelée (rivière) permet leur dilution et leur dispersion.
- Certains polluants peuvent décanter en surface et être dégradés et/ou s'évaporer sous les rayons du soleil, c'est le cas par exemple de certains hydrocarbures volatils. Ajoutons enfin que les rayons UV ont un effet désinfectant.
- Une partie des polluants sont adsorbés sur de fines particules qui 'flottent' entre deux eaux, les matières en suspension. Les particules d'argile sont particulièrement propices à l'adsorption. Ces particules décanteront progressivement et finiront par sédimenter. Dans certains cas, l'accumulation de sédiments peut piéger certains polluants (ainsi le charbon et le pétrole résultent du piégeage de matières organiques végétales ou animales dans des marais ou des mers peu profondes).
- Beaucoup de matières polluantes peuvent être décomposées en corps simples par des réactions chimiques d'oxydation ou de réduction: combinaison avec de l'oxygène, décomposition de certains composés par l'eau (hydrolyse) [2].

##### **b. Processus biologiques d'Auto-épuration**

Dans les milieux aquatiques, c'est une véritable équipe de nettoyage qui prend en charge tous les déchets organiques ('naturels' ou rejetés par les activités humaines).

Les détritivores: tels que gammares, écrevisses, vers, larves d'insectes aquatiques décomposent les gros déchets. Les déchets plus petits, de même que les matières organiques sont consommés et dégradés par des micro-organismes, principalement bactéries & champignons. Ils forment une véritable chaîne de dégradation, chacun des maillons de la chaîne utilisant les déchets du maillon précédent pour assurer sa subsistance [2], Voir la (Figure I.2).



**Figure I.2.** L'Auto-épurabilité des eaux usées [2].

(1) En temps normal, c'est à dire si la pollution organique est limitée et si il y a assez d'oxygène, l'équipe de nettoyage est aérobie (elle 'respire' l'oxygène dissout dans l'eau). Elle est capable de dégrader assez rapidement toute la matière organique (2) en composés simples tels que gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ) et en sels minéraux, notamment nitrates ( $\text{NO}_3$ ) et phosphates ( $\text{PO}_4$ ), réutilisables par les végétaux. La pollution ne disparaît pas, elle est simplement recyclée!

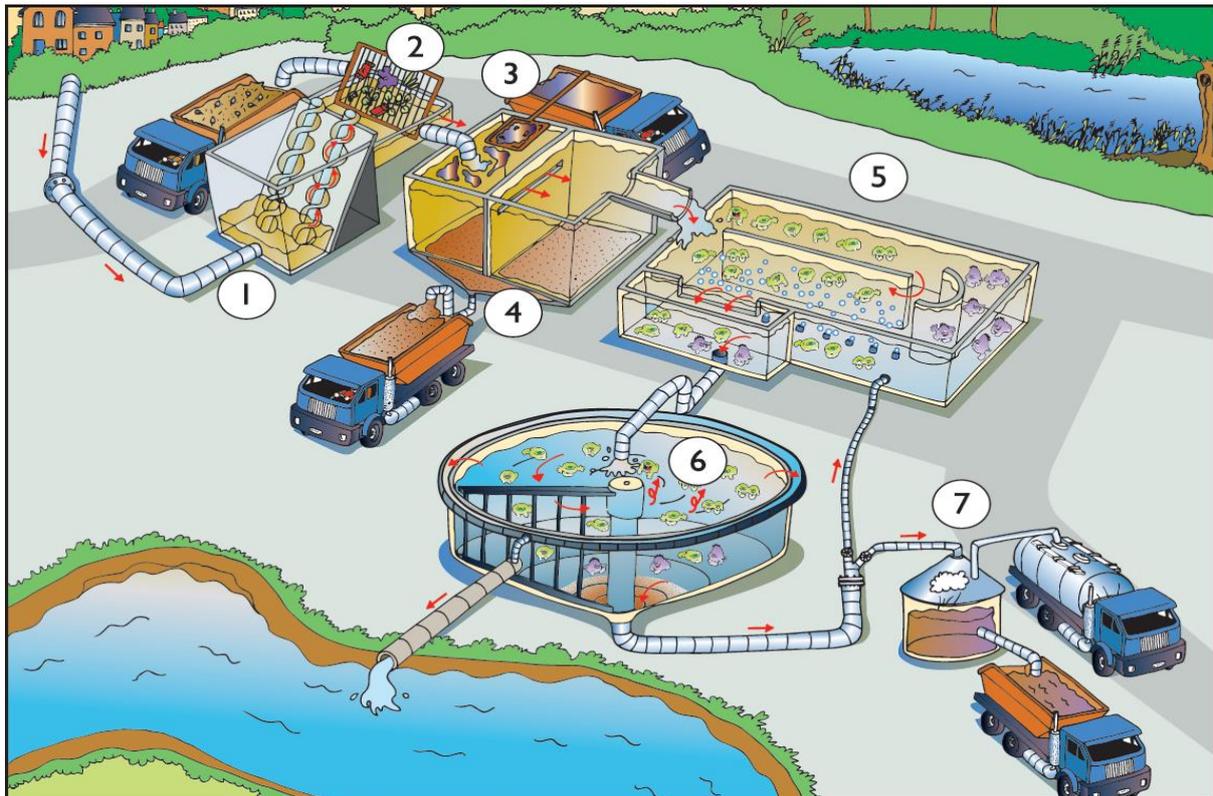
S'il y a beaucoup de pollution, la consommation en oxygène augmente et donc, sa concentration diminue (3). Une 'équipe de nettoyage anaérobie' (qui n'a pas besoin d'oxygène) - prend le relais. (4) Elle travaille beaucoup moins vite et n'est pas capable de dégrader complètement les matières organiques. Certaines substances produites peuvent s'avérer nauséabondes et/ou toxiques: (5) méthane ( $\text{CH}_4$ ), sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ; qui sent l'œuf pourri), ammoniac ( $\text{NH}_3$ )... Ces sous-produits peuvent venir empoisonner la rivière, allant même jusqu'à inhiber la capacité d'Auto-épurabilité [2].

### I.5.3.1. La machine à laver l'eau

Aujourd'hui, la législation européenne oblige toutes les villes de plus de 10.000 EH à s'équiper d'une station d'épuration collective.

On est encore loin du compte!

Qu'ils soient individuels ou collectifs, les ouvrages d'épuration des eaux usées reposent directement sur les principes d'Auto-épuration des eaux qu'ils mettent en œuvre en optimisant son fonctionnement.



**Figure I.3.** Les étapes de l'épuration des eaux usées [2].

Les étapes de l'épuration des eaux usées :

#### a. Le prélevage :

L'eau usée est amenée vers le haut afin que le reste du processus de lavage se fasse par gravité. Ce relèvement des eaux (1) peut se faire par une pompe, mais dans une station d'épuration collective, il se fait le plus souvent par une vis d'Archimède. Les eaux usées passent ensuite par des grilles (2) qui retiennent les plus gros déchets (bois, plastique, papier). Dans le déshuilage (3), les polluants légers (huile, graisse, essence) décantent en surface.

Dans le déssableur et éventuellement le décanteur primaire (4), les matières en suspension sédimentent progressivement sous forme de sable (grosses particules) ou de vases (fines).

#### **b. Le lavage :**

L'élimination des particules les plus fines et des pollutions dissoutes est réalisée par une épuration biologique (5). En alternant des zones aérées et des zones anaérobies, on recrée des conditions favorables à l'installation et au développement de bactéries et champignons qui décomposent la pollution biodégradable en composés simples.

#### **c. Le lavage final :**

Les bactéries bien nourries s'alourdissent et sédimentent dans le fond d'immenses bassins de décantation secondaire (6) pour former des 'boues biologiques'.

L'eau épurée sort du décanteur par surverse. Cette eau est de bonne qualité pour le milieu naturel mais n'est jamais assez pure pour faire de l'eau potable.

#### **d. Traitements des boues (7) :**

Les boues formées dans les décanteurs sont extraites régulièrement, déshydratées puis traitées. Elles peuvent ensuite être déposées en décharge, incinérées, épandues sur les champs pour servir d'amendement ou être recyclées.

Dans le cas de fosses septiques, la décomposition de la pollution se fait par des micro-organismes anaérobies. Cette décomposition est complétée par l'épandage des eaux dans un terrain filtrant contenant des bactéries aérobies.

Dans le cas du lagunage, l'épuration se fait surtout par des bactéries qui se fixent sur des plantes semi-aquatiques (roseaux, massettes, iris). Les végétaux apportent également de l'oxygène par photosynthèse et absorbent les nutriments rejetés.

Aujourd'hui, la plupart des états européens font 'payer' l'assainissement et l'épuration des eaux par les consommateurs d'eau, c'est le principe du 'Pollueur-Payeur'. Ce paiement se fait dans la facture d'eau via une taxe d'assainissement et d'épuration. Dans le cas d'une épuration autonome, les particuliers concernés sont bien entendus exemptés de taxes, pour peu qu'ils soient réellement en ordre [2].

### **I.5.4. Les limites de l'épuration**

#### **I.5.4.1. Le danger d'empoisonnement des machines à laver l'eau**

Tous les systèmes d'épuration (de même que l'Auto-épuration naturelle) reposent en majeure partie sur des microorganismes.

L'arrivée massive de produits toxiques (eau de javel, ammoniacale, hydrocarbures) peut être fatale à ces épurateurs [1].

#### **I.5.4.2. La prévention**

Les techniques d'épuration collective des eaux usées ne peuvent venir à bout de tous les polluants rejetés (et notamment beaucoup de produits 'chimiques' peu ou pas biodégradables). Par ailleurs, le rejet croissant de substances polluantes nécessite des techniques plus complexes et des ouvrages plus importants, donc plus coûteux.

La prévention des pollutions doit donc être développée simultanément. Cette prévention peut être mise en œuvre à trois niveaux:

- En limitant la quantité de produits rejetés: certains produits ne doivent en aucun cas être rejetés dans le réseau d'assainissement. C'est le cas des peintures, solvants, huiles minérales peu biodégradables et souvent toxiques, qui doivent faire l'objet d'un traitement sélectif.
- Par ailleurs le consommateur, peut limiter les quantités de produits utilisés, notamment les détergents:
  - En dosant ces produits de manière plus adéquate.
  - En faisant le choix de produits moins polluants: sur chaque produit commercialisé, il est indiqué sur l'étiquette le taux de biodégradabilité. Le consommateur privilégiera les produits biodégradables à plus de 95%.
- Enfin, lors de leur fabrication (et leur transport), certains produits génèrent une consommation et une pollution plus importante des eaux. Par exemple, les bouteilles d'eau en plastique (ou en verre) engendrent une pollution importante qui peut être évitée en consommant directement l'eau du robinet [1].

### **I.6. Les possibilités de réutilisation des eaux épurées**

#### **I.6.1. La définition de la réutilisation des eaux**

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 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 [9].

### **I.6.2. Les principales voies de réutilisation des eaux usées**

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel,
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains [9].

#### **I.6.2.1. L'irrigation agricole et d'espaces verts**

L'agriculture représente le plus grand consommateur d'eau, soit environ 70% de la demande mondiale. Dans certains pays arides et semi-arides, l'eau recyclée fournit la plus grande partie de l'eau d'irrigation.

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une pratique millénaire qui a été développée par les anciennes civilisations et qui a été utilisée également jusqu'au 20<sup>ème</sup> siècle comme système d'épuration des eaux usées dans les champs d'épandage. En fait, le sol représente un filtre efficace avec jusqu'à une ou deux tonnes de micro-organismes « épurateurs » par hectare. Les eaux usées apportent non seulement de l'eau pour les cultures, mais aussi contribuent à l'amélioration des rendements par l'apport de nutriments.

A l'heure actuelle, l'intérêt principal de la réutilisation des eaux usées en agriculture est de pallier aux déficits hydriques et d'augmenter les rendements de la production agricole par un apport adéquat d'eau d'irrigation. Pour maintenir la production alimentaire, les efforts techniques et de recherche des dernières années ont été ciblés plutôt sur l'efficacité de l'irrigation par le développement des systèmes d'irrigation localisée (e.g. goutte-à-goutte) et/ou des réseaux équipés de capteurs et pilotés par

ordinateur. Cependant, l'efficacité d'irrigation seule ne suffit pas à résoudre les problèmes de déficits hydriques et l'apport d'une ressource alternative par la réutilisation des eaux usées devient une priorité de développement pour nombreux pays et régions.

Le principe de base de la réutilisation agricole de l'eau est l'exigence d'un traitement adéquat des eaux usées municipales jusqu'à un niveau de qualité spécifique au type d'usage. Il est à noter qu'outre les avantages bien connus, l'utilisation d'eau recyclée pour l'irrigation peut avoir des impacts négatifs pour la santé publique et pour l'environnement qui dépendent du niveau de traitement, des conditions locales et des pratiques d'irrigation. Dans tous les cas, les connaissances scientifiques existantes, les retours d'expérience et les bonnes pratiques permettent de réduire les risques par la mise en œuvre d'une planification efficace, d'une sélection technologique appropriée et d'une gestion rigoureuse des pratiques d'irrigation.

Les principaux risques liés à la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation peuvent être classés en trois catégories :

- Risques sanitaires.
- Risques agronomiques et environnementaux.
- Risques opérationnels de dégradation de la qualité de l'eau recyclée dans les systèmes de distribution et de colmatage des équipements d'irrigation.

Par principe, la majorité des normes plus récentes exigent au minimum un traitement biologique des eaux usées destinées à la réutilisation de l'eau pour l'irrigation. Dans certains cas, comme au Mexique par exemple, la priorité peut être donnée à la préservation de la valeur fertilisante des eaux usées par un traitement primaire avancé (e.g. coagulation, floculation et décantation lamellaire), suivi de filtration ou/et de désinfection pour l'élimination prioritaire de la pollution microbologique, tout en préservant le carbone et les nutriments pour les cultures irriguées.

Un traitement tertiaire complémentaire est souvent indispensable pour les usages à haut risque sanitaire, comme par exemple l'irrigation de cultures maraîchères consommées crues et l'irrigation d'espaces verts. Une filtration complémentaire est également nécessaire pour éviter les dépôts dans le système de distribution et/ou de réduire le risque de colmatage des dispositifs d'irrigation, notamment les buses d'aspersion et les systèmes goutte-à-goutte.

Le développement et la mise en place de nouvelles filières de traitement des eaux usées pour l'irrigation a contribué également à l'amélioration de la qualité esthétique de l'eau recyclée avec l'élimination des problèmes d'odeurs et de coloration des eaux recyclées qui a freiné plusieurs projets en raison d'une perception négative de la part des usagers [10].

### **I.6.2.2. Les usages industriels**

Un des plus grands potentiels pour la réutilisation de l'eau est de compléter ou de remplacer l'utilisation d'eau potable et/ou de ressources naturelles pour les industries. L'industrie est le deuxième plus grand consommateur d'eau après l'agriculture avec environ 25% de la demande mondiale.

En règle générale, la diminution de la demande en eau en industrie, et jusqu'à la clôture du cycle de l'eau industrielle, comprend trois stratégies d'économie d'eau et de minimisation des rejets d'eaux usées :

- La réutilisation en cascades, impliquant la réutilisation directe avec peu ou sans traitement ;
- Le recyclage des eaux usées après un traitement approprié ;
- La réduction à la source des eaux usées en diminuant le besoin d'eau des processus industriels.

La réutilisation et le recyclage interne des eaux usées industrielles sont des pratiques bien établies. Leur potentiel de développement devrait augmenter dans le future avec la croissance des déficits en eau et des coûts d'approvisionnement en eau fraîche, ainsi que en raison des exigences réglementaires de rejet de plus en plus strictes.

La réutilisation de l'eau est traditionnellement pratiquée depuis des années dans les industries pétrolières, textiles, automobiles, de production de pâtes et papier, de production d'énergie, ainsi que plus récemment dans les industries électroniques et alimentaires.

Bien qu'il existe un large éventail de types de réutilisation de l'eau en industrie, les principaux usages sont :

- Systèmes de refroidissement en circuit ouvert ou fermé,
- Eau de lavage,
- Alimentation de chaudière,
- Eaux de procès,

- Divers autres usages comme la protection contre l'incendie, le nettoyage, etc.

Les exigences et les domaines d'application du recyclage de l'eau en industrie diffèrent en fonction du type d'industrie, des procédés industriels spécifiques, ainsi que de leurs objectifs de performances. Pour cette raison, il est impossible de généraliser les exigences de qualité de l'eau recyclée utilisée comme eau de procès [11].

### **I.6.2.3. Les usages urbains et municipaux**

La distribution d'eau non-potable en milieu urbain est une pratique assez ancienne qui connaît un intérêt particulier durant les dernières années. En réponse aux sécheresses de plus en plus fréquentes et des pénuries d'eau, plusieurs grandes villes ont développé un réseau double de distribution d'eau recyclée pour l'irrigation et d'autres usages urbains. Les principales catégories de réutilisation de l'eau en milieu urbain sont les suivantes :

- L'irrigation d'espaces verts, qui est l'usage le plus commun et qui comprend l'irrigation des parcs publics ou privés, des terrains de sport, des ceintures vertes, des terrains de golf, ainsi que des zones résidentielles et des jardins privés.
- Autres utilisations urbaines tels que le nettoyage des rues, le lavage de voitures, la protection incendie, la climatisation, l'alimentation des chasses d'eau et certaines applications commerciales.
- Le recyclage en immeuble qui se réfère essentiellement au recyclage de l'eau dans les bâtiments de grande hauteur, y compris des immeubles de bureaux, des centres commerciaux et des immeubles résidentiels privés.
- Amélioration de l'environnement et les usages récréatifs pour la reconstitution et l'alimentation des plans d'eau, des lacs et des cours d'eau urbains, y compris ceux utilisés pour la natation (avec ou sans contact physique), les loisirs ou à des fins de pêche.

En règle générale, la réutilisation de l'eau en milieu urbain a besoin d'une infrastructure adéquate, et en particulier d'un réseau double de distribution. Les systèmes de distribution et de plomberie doubles sont relativement faciles et économiquement viables à installer dans les nouvelles zones urbaines et/ou des bâtiments neufs.

La protection de la santé publique est l'exigence la plus importante pour ce type de réutilisation en raison des risques de contact direct avec l'eau recyclée. De ce fait, les exigences de désinfection des effluents sont parmi les plus sévères pour les usages non-

potables, et sont comparables à ceux de l'irrigation sans restriction des parcs et des espaces verts ouverts au public. Pour atteindre un tel niveau de traitement avec une désinfection quasi-totale, il est nécessaire de prévoir un traitement complémentaire de filtration et de désinfection après traitement biologique. En plus du suivi de la qualité de l'eau recyclée, un contrôle strict et régulier des systèmes de distribution est préconisé, en particulier pour éviter tout risque d'interconnexion avec le réseau d'eau potable [10].

#### **I.6.2.4. Les usages potables**

Le progrès technologique dans le domaine du traitement de l'eau permet de produire une eau recyclée d'excellente qualité à partir des eaux usées urbaines, qui peut être même de meilleure qualité que l'eau potable issue de sources naturelles. De nombreuses études scientifiques ont démontré qu'il n'y a pas d'objections pertinentes pour la réutilisation des eaux usées épurées comme eau potable après un traitement approprié. Toutefois, les principales contraintes dans ce type d'utilisation sont d'ordre psychologique et culturel, avec la perception négative des eaux usées comme étant malsaines et irréversiblement contaminées.

Bien que non reconnu publiquement, de nombreuses villes dans le monde sont alimentées par des schémas de réutilisation non planifiée des eaux usées qui sont utilisées, peu ou moins diluées par des eaux de surface, pour la production indirecte d'eau potable. Par rapport à cette situation existante et très répandue, la réutilisation planifiée des eaux usées pour l'augmentation des ressources en eau potable présente un certain nombre d'avantages permettant de réduire les risques sanitaires et d'améliorer la rentabilité du traitement de l'eau et des eaux usées.

Les pratiques les plus courantes de la réutilisation indirecte d'eau usées épurée pour la production d'eau potable comprennent :

- La recharge indirecte (via des bassins d'infiltration) ou directe (via des puits d'injection) des nappes phréatiques, utilisées pour la production d'eau potable ou comme barrière contre l'intrusion d'eau de mer saline ou d'eau polluée (filtration sur berge de rivière),
- La recharge de réservoirs de surface utilisés pour la production d'eau potable.

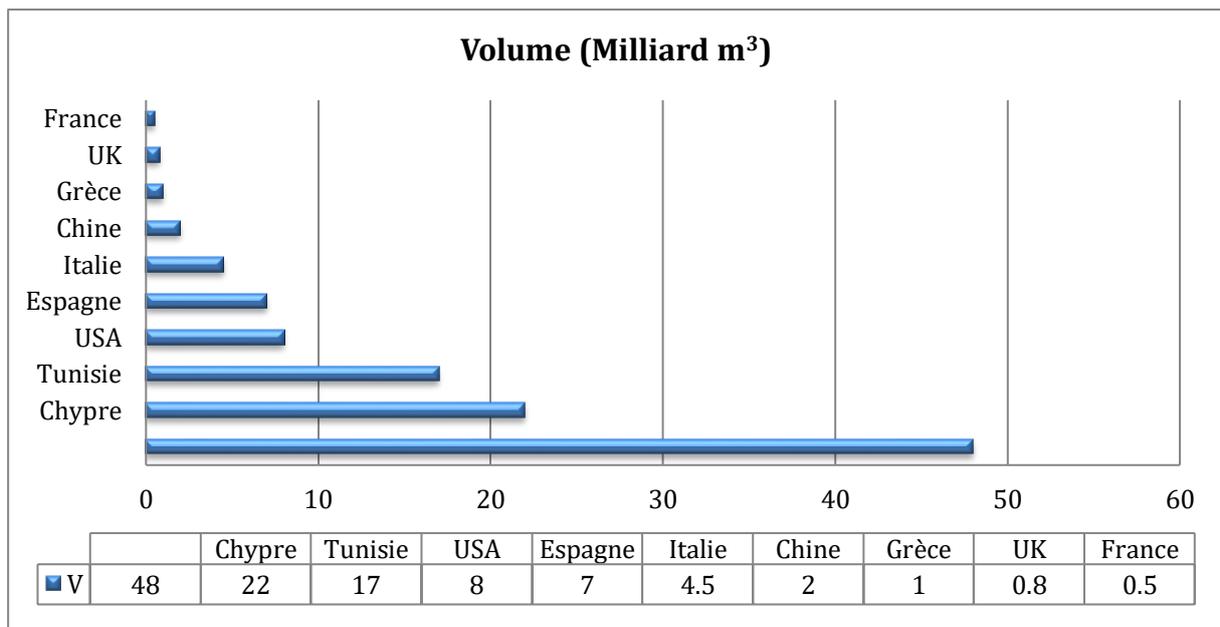
En raison des risques sanitaires élevés, liés aux éventuelles pollutions microbiologiques ou chimiques, les filières de traitement sont basées sur le concept des « barrières multiples » pour atteindre et assurer un degré d'efficacité et de fiabilité très élevé. Les

exigences très sévères de sécurité pour la santé publique sont assurées non seulement par un traitement adéquat, mais aussi par le contrôle régulier et en continu de qualité de l'eau et de la fiabilité de chaque procédé individuel et par l'application de bonnes pratiques de gestion des projets [12].

**I.6.3. La réutilisation des eaux usées épurées 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(surtout les pays méditerranéens), aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie [13].

Le volume journalier actuel des eaux réutilisées dépasse le chiffre impressionnant de 1 millions de m<sup>3</sup> par jour dans plusieurs pays, comme par exemple aux Etats Unis et en Chine.



**Figure I.4.** Les volumes annuels des eaux usées recyclées par habitant en (Milliard m<sup>3</sup>) [14].

La réutilisation des eaux usées est une pratique très répandue dans les régions du monde affectées par des pénuries de ressources en eau. Elle est très développée aux Etats-Unis, mais aussi en Asie et dans les pays du Golfe Persique. Le bassin méditerranéen est l'une des régions du Monde où la réutilisation agricole des eaux usées urbaines est la plus pratiquée. Elle est largement systématisée dans L'entité sioniste. La Tunisie et Chypre ont également une politique nationale de réutilisation.

L'Espagne et l'Italie sont les deux pays européens dans lesquels la réutilisation se développe le plus rapidement.

En France, la ressource en eau est bien supérieure à la demande ce qui justifie le faible développement de la réutilisation des eaux épurées [13].

En France, dans le Midi méditerranéen, les zones les moins bien pourvues sont adossées à des reliefs beaucoup plus arrosés. Par ailleurs, ces régions sont desservies par de grands équipements hydrauliques, Canal de Provence, Canal du Bas Rhône Languedoc, capables de satisfaire leurs besoins en eau. En revanche, on voit apparaître, des installations qui répondent à des nécessités locales.

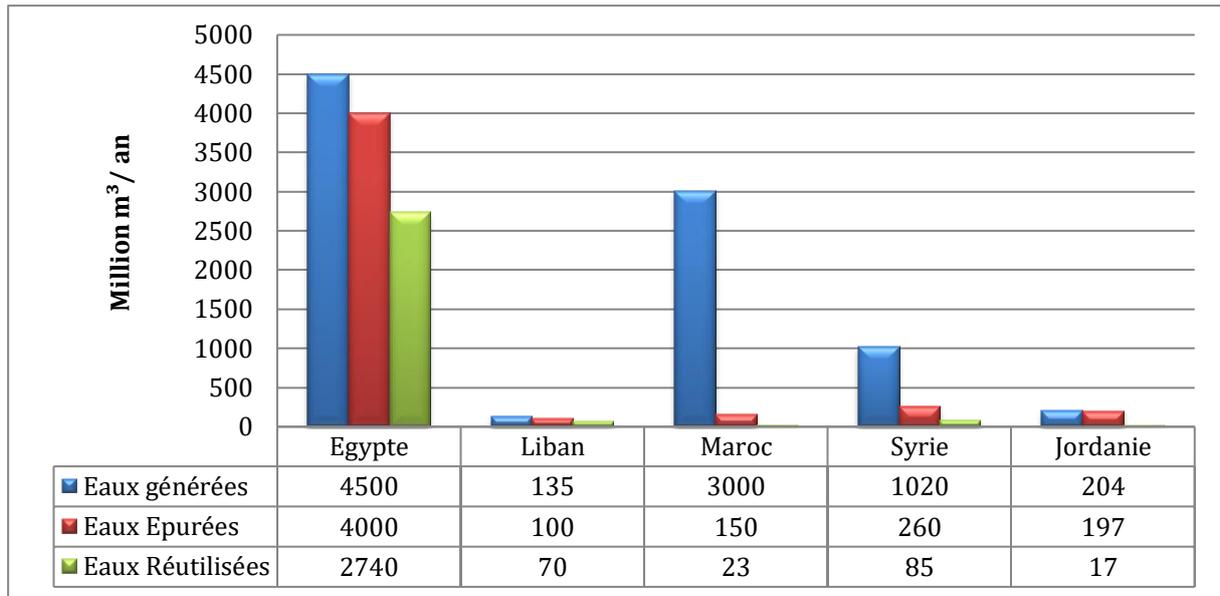
L'irrigation des cultures agricoles ou d'espaces verts est la voie la plus répandue de réutilisation des eaux usées urbaines au niveau mondial [15].

#### **I.6.4. La réutilisation des eaux usées épurées dans quelques pays méditerranéens**

La réutilisation des eaux usées devient un moyen important dans la lutte contre la pollution des milieux récepteurs, pour les régions arides et les régions au déficit temporaire en eau ces eaux deviennent une ressource alternative importante.

Le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée [16].

**(Figure I.5)** illustre les volumes d'eaux usées traitées et réutilisées dans cinq pays méditerranéens : Egypte, Liban, Maroc, Syrie et Jordanie.



**Figure I.5.** Les quantités annuelles d'eaux usées générées/épurées/réutilisées en (Million m<sup>3</sup>/ an) [14].

Seules l'Egypte et la Jordanie ont un réseau d'assainissement tel, qu'il permet le traitement respectif de 92% et 98% de toutes les eaux usées générées dans leurs STEP. Avec 13%, le Maroc occupe la dernière place, suivi par le Liban et la Syrie avec 26% et 34%.

Les quantités d'eaux usées réutilisées dans divers secteurs sont relativement faibles et n'excèdent pas 10 à 23% des eaux usées produites au niveau des cinq pays sus citées, une grande proportion des eaux usées générées sont rejetées dans le milieu naturel [14].

#### **I.6.5. Les facteurs de réussite de la réutilisation des eaux usées**

- Le domaine politique : La volonté politique et l'engagement de promotion et d'application dans le secteur de la réutilisation des eaux usées.
- Une politique de secteur bien définie, visant à promouvoir la gestion intégrée des ressources en eau, reflétée dans les Plans Directeur nationaux sur l'eau.
- Le domaine institutionnel : Un cadre institutionnel contenant des responsabilités clairement définies pour la planification et le financement d'investissements, et des interventions coordonnées par les Ministères en charge du secteur de l'eau (assainissement et irrigation), la coordination intersectorielle au niveau de la

planification et de la gestion est extrêmement importante au sein des institutions impliquées (structures gouvernementales ; opérateurs/ établissements existants).

- Le domaine législatif : Un cadre légal et réglementaire bien défini pour la réutilisation des eaux usées y compris la capacité institutionnelle de mise en application de la législation, une meilleure application des normes de qualité suivis par des institutions indépendantes.
- Le manque ou la non disponibilité des sources conventionnelles d'eau et le degré de la « rareté de l'eau ».
- L'existence d'infrastructures d'assainissement et de traitement ainsi que le degré de leurs performances ainsi que l'application du principe "pollueur-payeur".
- Le domaine Financier : Le niveau et la structure de la tarification existante dans le secteur de l'eau (approvisionnement en eau, assainissement, eau d'irrigation et tarification des eaux usées traitées), puis leur capacité de recouvrement des coûts de fonctionnement et de maintenance pour le traitement des eaux usées ainsi que pour les schémas d'irrigation.
- La volonté et la capacité de l'usager final à payer une redevance adéquate de l'eau.
- La formation du personnel et le développement des capacités au sein des ministères et des agences responsables [16].

#### **I.6.6. La réutilisation des eaux usées épurées en Algérie**

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale.

##### **I.6.6.1. Cadre réglementaire en Algérie**

- La loi n°05-12 du 04 Août 2005, relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60-année 2005)
- Le décret n°07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent.

▪ Les arrêtés interministériels du 02 janvier 2012 qui prennent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n°07-149, publiés en Janvier 2012 par le ministère des ressources en eau.

(JO n°41) Ces arrêtés fixent :

▪ Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et les paramètres physico-chimiques.

▪ La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

▪ La norme Algérienne N°17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles - Spécifications physico-chimiques et biologiques » est disponible au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation IANOR.

▪ La réutilisation des eaux usées épurées sollicite une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux [32].

#### **1.6.6.2. Les utilisations**

Les principales utilisations des eaux usées épurées sont :

▪ Les utilisations agricoles : irrigation la plus répandue, permettant d'exploiter la matière fertilisante contenue dans ces eaux réalisant ainsi une économie d'engrais.

▪ Les utilisations Municipales : arrosage des espaces verts, lavage des rues, alimentation de plans d'eau, lutte contre les incendies, l'arrosage des terrains de golf, des chantiers de travaux publics, arrosage pour compactage des couches de base des routes et autoroutes.

▪ Les utilisations industrielles : refroidissement.

▪ L'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 [32].

#### **1.6.6.3. Le potentiel actuel**

Sur les 130 stations d'épuration exploitées par l'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 en fin Août 2016 est estimé à 14,6 Millions de m<sup>3</sup>, pour ces 17 STEP concernées par la réutilisation des eaux usées épurées afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles, il s'agit de :

- Kouinine (El Oued) et Ouargla,
- Guelma, Souk Ahras
- Tlemcen, Mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Froha, Khalouia, Tizi et Mohamadia,
- Boumerdes [32].

## I.7. L'irrigation agricole à partir des eaux usées épurées en Algérie

### I.7.1. Les normes algériennes d'irrigation

#### I.7.1.1. La qualité microbiologique (voir, Annexe 01).

**Tableau I.1.** Les spécifications algériennes des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation [33].

| Groupes de cultures  | Paramètres microbiologiques   |                                |
|--|-------------------------------|--------------------------------|
|  | Coliformes fécaux (CFU/100ml) | Nématodes intestinaux (œufs/l) |
| Irrigation non restrictive.<br>Culture de produits pouvant être consommés crus.  | <100                          | ABS                            |
| Légumes qui ne sont consommés que cuits.<br>Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.  | <250                          | <0.1                           |
| Arbres fruitiers.<br>Cultures et arbustes fourragers.<br>Cultures céréalières.<br>Cultures industrielles.<br>Arbres forestiers.<br>Plantes florales et ornementales. | Seuil recommandé<br><1000     | Seuil recommandé<br><1         |
| Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée.   | Pas de norme recommandée      | Pas de norme recommandée       |

## I.7.1.2. La qualité physico-chimique (voir, Annexe 01).

Tableau I.2. Les normes algériennes d'irrigation [33].

|                 | Paramètres                     | Unité   | Concentration Max             |     |
|-----------------|--------------------------------|---------|-------------------------------|-----|
| Physiques       | pH                             | -       | $6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$ |     |
|                 | MES                            | mg/l    | 30                            |     |
|                 | CE                             | ds/m    | 3                             |     |
|                 | Infiltration le SAR = 0 - 3 CE | 3 - 6   | ds/m                          | 0.2 |
|                 |                                | 6 - 12  |                               | 0.3 |
|                 |                                | 12 - 20 |                               | 0.5 |
|                 |                                | 20 - 40 |                               | 1.3 |
| Chimiques       | DBO <sub>5</sub>               | mg/l    | 30                            |     |
|                 | DCO                            | mg/l    | 90                            |     |
|                 | Cl                             | meq/l   | 10                            |     |
|                 | NO <sub>3</sub> -N             | mg/l    | 30                            |     |
|                 | HCO <sub>3</sub>               | meq/l   | 8.5                           |     |
| Elément Toxique | Aluminium                      | mg/l    | 20.0                          |     |
|                 | Arsenic                        | mg/l    | 2.0                           |     |
|                 | Béryllium                      | mg/l    | 0.5                           |     |
|                 | Bore                           | mg/l    | 2.0                           |     |
|                 | Cadmium                        | mg/l    | 0.05                          |     |
|                 | Chrome                         | mg/l    | 1.0                           |     |
|                 | Cobalt                         | mg/l    | 5.0                           |     |
|                 | Cuivre                         | mg/l    | 5.0                           |     |
|                 | Cyanures                       | mg/l    | 0.5                           |     |
|                 | Fluor                          | mg/l    | 15.0                          |     |
|                 | Fer                            | mg/l    | 20.0                          |     |
|                 | Phénols                        | mg/l    | 0.002                         |     |
|                 | Plomb                          | mg/l    | 10.0                          |     |
|                 | Lithium                        | mg/l    | 2.5                           |     |
|                 | Manganèse                      | mg/l    | 10.0                          |     |
|                 | Mercure                        | mg/l    | 0.01                          |     |
|                 | Molybdène                      | mg/l    | 0.05                          |     |
|                 | Nickel                         | mg/l    | 2.0                           |     |
|                 | Sélénium                       | mg/l    | 0.02                          |     |
| Vanadium        | mg/l                           | 1.0     |                               |     |
| Zinc            | mg/l                           | 10.0    |                               |     |

## I.7.2. Le mode d'irrigation adéquat aux eaux non conventionnelles (Localisée)

### I.7.2.1. Définition

L'irrigation localisée ou micro-irrigation est une technique d'arrosage qui a pour objectif apporté l'eau au pied des plantes au moyen de canalisation et de distributeurs d'appoint. Il est donc clair que seule une proportion du sol reçoit cette eau. En principe, il s'agit de la zone colonisée par les racines. Cette méthode est spécifiquement adaptée aux cultures en lignes [35].

### I.7.2.2. Les composantes d'une installation d'irrigation localisée

Une installation ou réseau localisée comprend de l'amont vers l'aval les éléments suivants :

- L'unité de pompage.
- La station de tête.
- Des canalisations de transport (canalisations principales et secondaires) en tête des postes d'arrosage.
- Une ou des canalisations d'alimentation des rampes (les portes rampes).
- Des canalisations d'alimentation des distributeurs (les rampes).
- Les distributeurs installés le long des rainées de cultures [36].

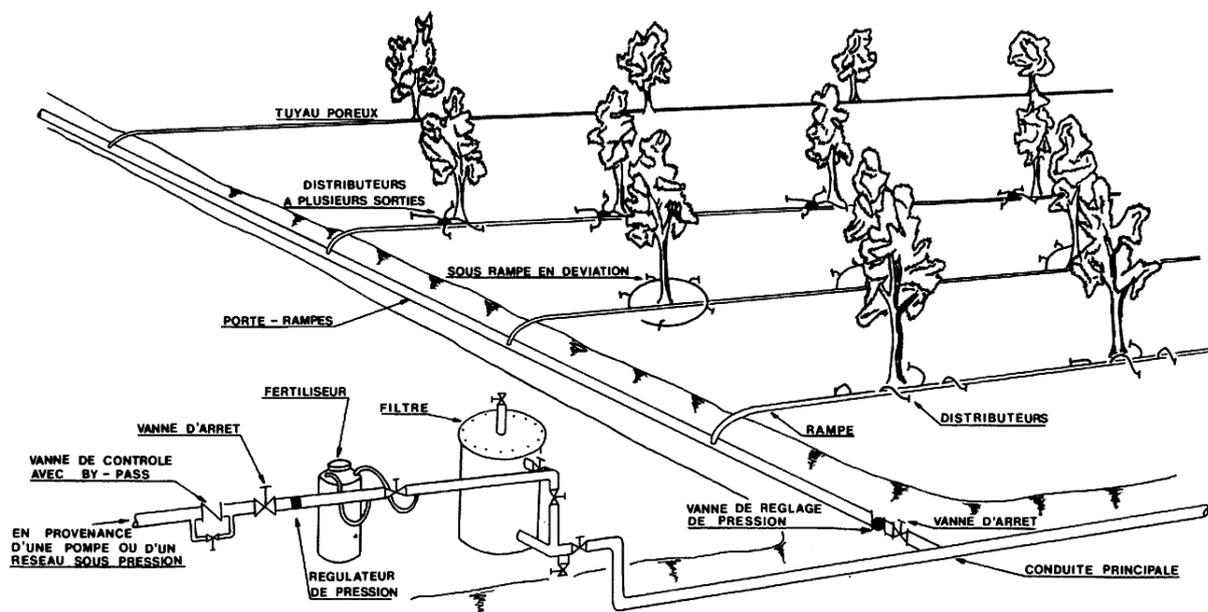


Figure I.6. Les parties essentielles d'un réseau d'irrigation localisée [35].

### **I.7.2.3. Le principe de fonctionnement**

L'irrigation à la goutte à goutte représente une conception nouvelle de l'apport d'eau au sol. Celle-ci est appliquée localement, ponctuellement, dans le volume de sol occupé par les racines. Elle est dispensée en petites quantités mais à des intervalles de temps très rapprochés de quelques heures à un jour. Il se forme de cette manière, sous l'impact des gouttes, un bulbe humide où l'humidité du sol se maintient proche de la capacité de rétention. On considère que la quantité d'eau versée dans ce bulbe doit être juste égale à celle consommée par l'arbre pour son développement et sa production [36].

### **I.7.2.4. La caractérisation d'une irrigation localisée :**

La qualité d'une irrigation localisée est caractérisée par le rendement et par l'uniformité de l'arrosage. En irrigation localisée, le rendement peut atteindre des valeurs comprises entre 70 et 80%. L'uniformité peut aussi dépasser 80% [36].

- Dose brute : c'est la dose globale apportée en tête du réseau.
- Dose pratique ou infiltrée : c'est la dose brute diminuée des pertes en colature.
- Dose nette : c'est la dose brute diminuée des pertes en colature et en percolation.
- Le coefficient cultural (Kc) : par définition, le coefficient cultural est le rapport entre l'évapotranspiration de la culture et l'évapotranspiration potentielle, il intègre les effets des quatre caractéristiques primaires qui distinguent une culture de la culture de référence qui sont la hauteur de la culture, la résistance de surface sol - végétation, l'albédo et l'évaporation de sol [35].

### **I.7.2.5. Recommandations de l'utilisation de l'irrigation localisée**

Selon les expériences enregistrées dans certains pays, c'est un système d'irrigation qui peut être adapté à différentes «qualités» des eaux, sur le plan performances sur le terrain :

- Il permet la diffusion de l'eau uniquement en localisé «bulbe de la zone racinaires» ce qui diminuera tout risque quelconque de contamination des nappes, foliaires.
- L'alimentation hydrique des cultures est régulière car le système de la micro-irrigation utilise des doses faibles et des fréquences élevées des apports d'eau. Les pertes d'eau par évaporation sont notamment très faibles.

▪ Il réduit les risques de maladies car le feuillage n'est pas mouillé, d'où la diminution de l'impact des problèmes cryptogamiques.

L'installation «goutte à goutte» peut être renforcée par une double filtration et même un traitement additif si nécessaire au niveau de la tête de station [35].

### I.7.3. Les pompes hydrauliques

#### I.7.3.1. Définition

Les pompes sont des appareils permettant un transfert d'énergie entre le fluide et un dispositif mécanique. Suivant les conditions d'utilisation, ces machines communiquent au fluide soit principalement de l'énergie potentielle par accroissement de la pression en aval, soit principalement de l'énergie cinétique par la mise en mouvement du fluide [37].

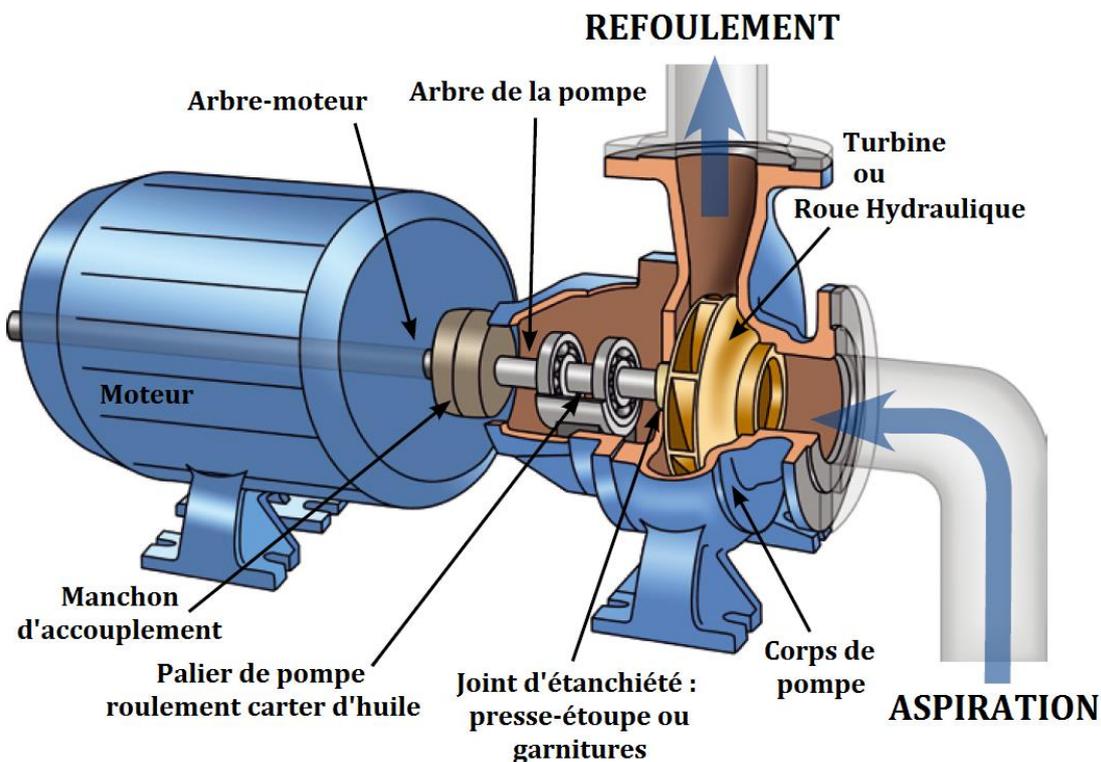


Figure I.7. Un exemple d'une pompe hydraulique [37].

#### I.7.3.2. Les caractéristiques importantes des pompes

##### a. Le débit :

Le débit fourni par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps. Il s'exprime en mètres cubes par seconde ( $m^3/s$ ) ou plus pratiquement en mètres cubes par heure ( $m^3/h$ ).

**b. La hauteur manométrique totale :**

On appelle hauteur manométrique totale HMT d'une pompe, l'énergie fournie par la pompe par unité de poids du liquide qui la traverse. Elle s'exprime en mètre (m).

**c. La puissance hydraulique :**

La puissance hydraulique communiquée au liquide pompé est liée au 2 grandeurs précédentes [38].

**I.8. Conclusion**

Ce chapitre nous a permis de connaître :

- Les différentes origines de la pollution de l'eau et leurs paramètres de mesure.
- Les étapes de l'épuration des eaux usées et les voies de la réutilisation de ces eaux.
- Des statistiques sur la réutilisation des eaux usées épurées (échelle mondial, pays méditerranéens, Algérie).
- Les cultures autorisées à irrigué à partir de ces eaux, les normes précisés par l'état algérien et le mode d'irrigation adéquat.

# Présentation de la zone d'étude

### II.1. Introduction :

La ville d'Ain Témouchent chef-lieu de la wilaya depuis, le dernier découpage administratif (1984) est située à 70 km à l'ouest d'Oran (capitale de la région ouest), 15 km de la cote méditerranéenne et à 100 km vers l'est des frontières Algero-Marocaine [17].

La ville s'étend sur 78.9 km<sup>2</sup> et compte 75 558 habitants depuis le dernier recensement de la population (2010). La densité de population est de 957.3 habitants par km<sup>2</sup> dans la ville.

Entourée par Sidi Ben Adda, Aïn Kihal et Chaabat El Leham, Aïn Témouchent est située à 18km au Sud-Ouest de Hammam Bou Hadjar.



**Figure II.1.** Ain Témouchent ville sur l'imagerie satellitaire de Google Maps.

### II.2. La situation géographique

Aïn Témouchent, située à l'extrémité occidentale de la haute plaine du sahel oranais, dont le fond en cuvette est occupé par la grande sebkha d'Oran, se trouve à 504 km à l'ouest d'Alger. Le site, à mi-étape entre Oran et Tlemcen, a commandé l'édification d'une redoute militaire en 1843, qui fut le noyau de l'actuelle ville d'Ain-Temouchent [18].

La ville occupe une situation privilégiée en raison de sa proximité de trois grandes villes de l'ouest de l'Algérie : Oran, Sidi Bel Abbes et Tlemcen. Grâce à cette position de carrefour, au terroir fertile qui l'entoure, la ville, créée en 1851 comme un simple centre de population de 228 feux près du poste militaire, a pu se développer rapidement, devenant le centre économique de la petite région nommée Bled-Kerkour, ou Témouchentois, puis une sous-préfecture en 1955, et un chef-lieu de wilaya en 1983 [19].

Coordonnées Géographiques : 35° 17' 22" nord, 1° 08' 28" ouest.

### **II.3. La situation géologique et topographique**

Le centre primitif d'Aïn Témouchent est situé à une altitude moyenne de 250 mètres, sur un plateau dominant le confluent de l'oued Senane et de l'oued Témouchent. Le plateau culmine au sud, séparé du lit des deux oueds par une pente rapide, et s'abaisse doucement vers le nord. La petite région qui entoure la ville est accidentée, entrecoupée de mamelons et de ravins profonds, et le terroir y est essentiellement volcanique [20].

De point de vue géologique, les terrains de la région sont caractérisés par des formations sédimentaires du Quaternaire (argiles et grès), des formations éruptives du Miocène moyen (laves et tufs) avec des intercalations calcaires. Les massifs littoraux constituent un élément de l'Orogénie Alpin Nord Maghrébin.

Les sondages de reconnaissances réalisés dans les limites du secteur d'étude mettent en évidence des formations Plio-Quaternaires : sables fins et grès peu consolidés à passées de calcaire.

Le littoral de la région (littoral oranais) correspond aux horsts principalement secondaires formants le substratum et aux portions du bassin néogène, qui sont à rattacher au Miocène et au Plio-Quaternaires. Les dépôts du Pléistocène supérieur et de l'Holocène sont bien développés le long du littoral actuel. Ils sont constitués pour l'essentiel par des « beach rocks », des dunes, des limons et des cailloutis. Les sables dunaires littoraux sont en partie contemporains aux limons gris souvent salés des plaines antérieures, qui sont souvent attribuées au Rharbien [20].

## II.4. La situation pédologique

Les sols de la région sont constitués des terres végétales, et d'argile brune avec débris calcaires. Ainsi les sondages effectués sur les lieux décèlent une couche métrique d'argile marron tendre, inexistante par endroits, recouvrant une épaisseur de 5.2m à 7.5m d'argile carbonatée beige tendre reposant sur une argile sableuse avec quelques intercalations de grès entre 8m et 8.2m et entre 9.8m et 10.2m.

Les sols superficiels sont constitués de 10 à 20% de sable et de 50 à 60% d'argile. Ces proportions varient en profondeur : plu de sable (jusqu'au 30%) en un peu moins d'argile (jusqu'au 45%) dans les argiles sableuses à intercalations de grès. La couche d'argile carbonatée renferme des cailloutis et débris calcaires [21].

**Tableau II.1.** Les caractéristiques des sols [21].

| Caractéristique                        | Sols superficiels     | Sous-Sols             |
|--|-----------------------|-----------------------|
| Pourcentage de sable (%)               | 15                    | 25                    |
| Pourcentage d'argile (%)               | 55                    | 45                    |
| Pourcentage de cailloutis (%)          | 2                     | 10                    |
| Salinité (mmhos/cm)                    | 2.5                   | 2.5                   |
| Humidité (%)                           | 32.6                  | 32.6                  |
| Classe de texture du sol               | Argile                | Argile                |
| Point de flétrissement (%)             | 32.5                  | 25.8                  |
| Capacité au champ (%)                  | 46.5                  | 39.4                  |
| Saturation (%)                         | 54.3                  | 52.5                  |
| Eau libre (cm/cm)                      | 0.14                  | 0.13                  |
| Conductivité hyd de saturation (cm/h)  | 0.21                  | 0.19                  |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.21                  | 1.33                  |
| Potentiel de la matrice du sol (kPa)   | 1293                  | 170                   |
| Potentiel osmotique (kPa)              | 180                   | 174                   |
| Potentiel total (kPa)                  | 1473                  | 344                   |
| Conductivité hydraulique (cm/h)        | $5.21 \times 10^{-5}$ | $1.44 \times 10^{-4}$ |

## II.5. La situation agricole et industrielle

### II.5.1. La situation agricole

Ain Témouchent est une zone à caractère essentiellement agricole avec une surface agricole utile de 180.184 Ha couvrant plus de 70 % de son territoire, et occupant plus de 32% de la population active, dispose d'un patrimoine viticole relativement réduit, suite aux arrachages massifs de la vigne de cuve opérés dans le cadre de la politique de reconversion à partir de 1980 [22].

## II.5.2. La situation industrielle

Nombre de zones d'activités et zones industrielles de la zone d'étude :

### II.5.2.1. La zone industrielle

**Tableau II.2.** Le tableau présentatif de la zone industrielle d'Ain Témouchent [23].

| La ville<br>d'Ain<br>Témouchent | Superficie (m <sup>2</sup> ) |           |         | Taux de<br>viabilisation |
|---------------------------------|------------------------------|-----------|---------|--------------------------|
|                                 | Totale                       | Attribuée | Occupée |                          |
|                                 | 1.201.592                    | 844.836   | 524.383 | 80%                      |

### II.5.2.2. Les zones d'activités

**Tableau II.3.** Le tableau présentatif de la zone d'activités d'Ain Témouchent [23].

| La ville<br>d'Ain<br>Témouchent | Superficie (m <sup>2</sup> ) |           |         | Taux de<br>viabilisation |
|---------------------------------|------------------------------|-----------|---------|--------------------------|
|                                 | Totale                       | Attribuée | Occupée |                          |
|                                 | 96.488                       | 63.003    | 20.391  | 90%                      |

## II.6. La situation hydrogéologique

La région d'Ain Témouchent est caractérisée par un thermalisme qui se manifeste par des sources localisées dans des fissures.

### II.6.1. Les ressources en eaux souterraines

Cette ressource est constituée d'une série de nappes dans différents niveaux Aquifères. Les limons, argiles sableuses, croûtes calcaires, cailloux calcaires et conglomératiques du quaternaire et du plio-quaternaire formant les terrasses d'oueds correspondent à des nappes d'inféoflux dont l'intérêt hydraulique d'une importance réelle [25].

**Tableau II.4.** Le volume annuel des ressources en eau souterraines [25].

| Wilaya         | Aquifère             | Ressources (Mm <sup>3</sup> /an) |
|----------------|----------------------|----------------------------------|
| Ain Témouchent | mio-plio quaternaire | 14,5                             |

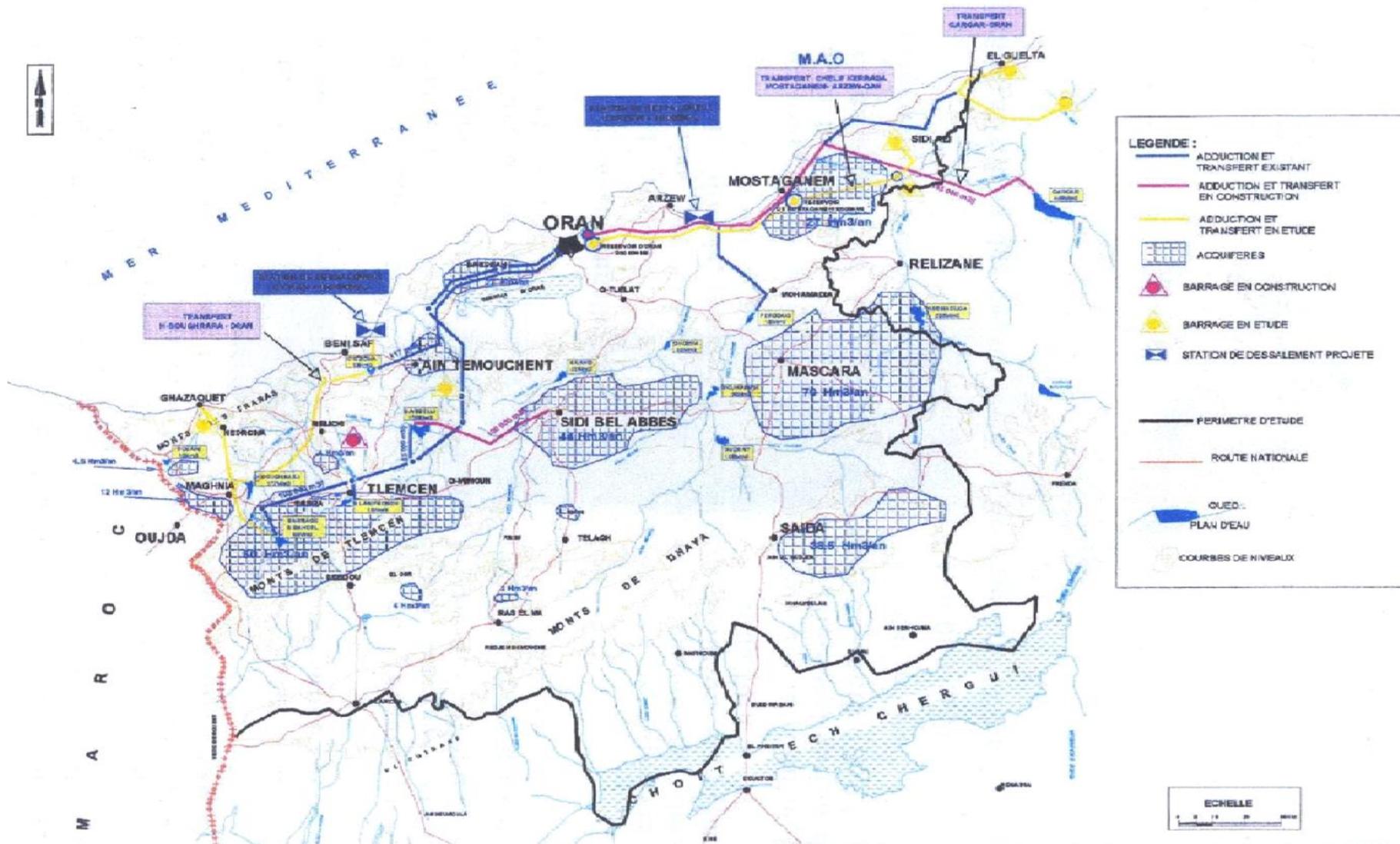


Figure II.2. Les grands transferts hydrauliques de l'Oranie [25].

## II.6.2. Les forages

La zone d'étude comprend deux forages :

- Forage Oulad Djbara (**Figure II.3**) : (Coordonnées Lambert X = 143.55 km, Y = 240.15 km) destiné à l'alimentation en eau potable du village agricole de Terga. Sont mis en évidence plusieurs horizons aquifères dans le Plio-Quaternaire. Le plus important formant l'aquifère principal, se situe entre 70 et 145 m ; il s'agit de sables fins et de grès peu consolidés, passées de calcaire. Le niveau statique se situe à 67.27 m [21].

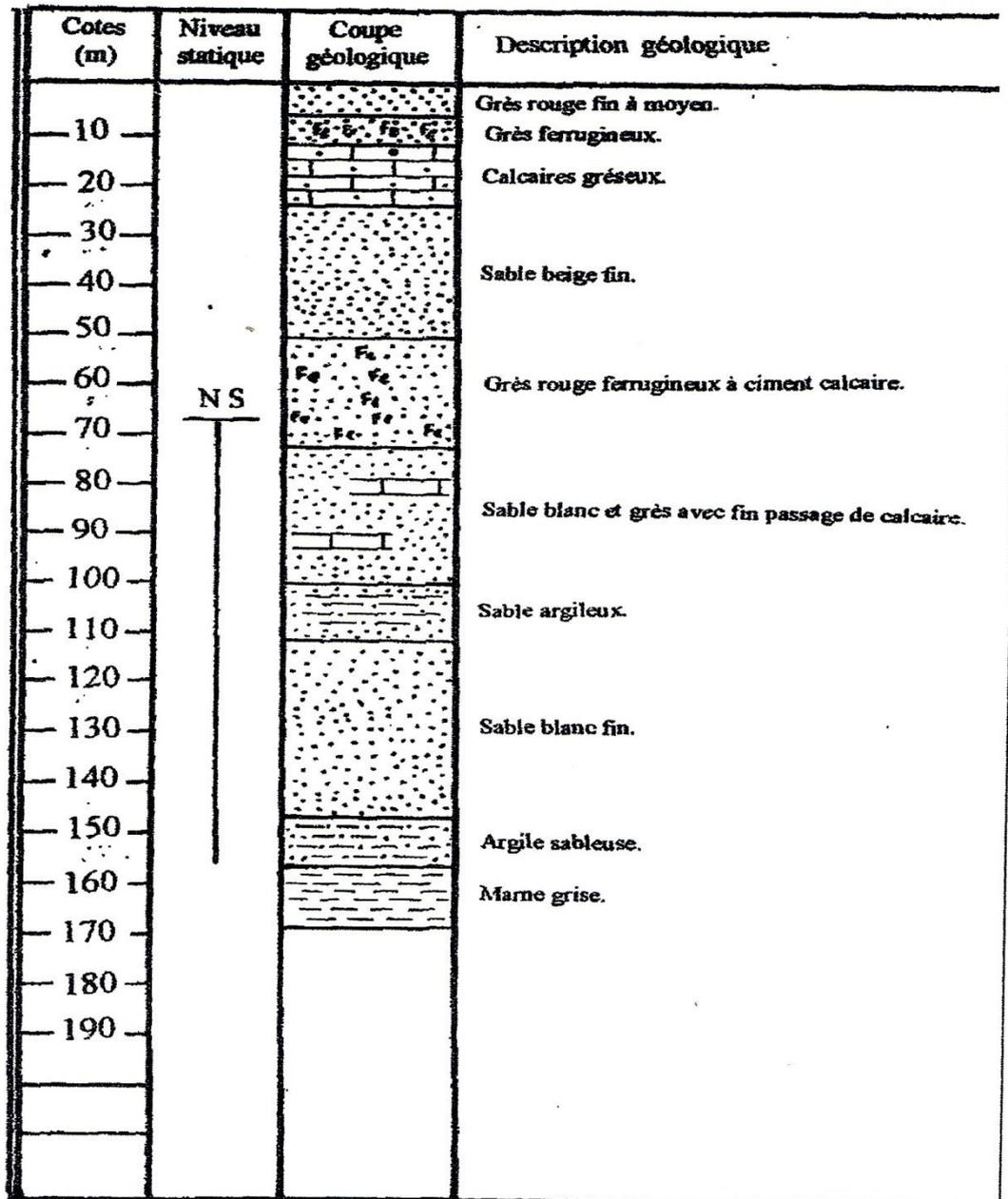


Figure II.3. Forage Ouled Djbara [21].

- Forage Sidi Kacem (**Figure II.4**) : (Coordonnées Lambert X = 146.9 km, Y = 237.65 km) situé dans les meilleures conditions hydrogéologiques au niveau de la vallée de l'oued Sennane où l'on remarque un écoulement souterrain privilégié et des débits notables entre les deux massifs Sidi Kacem et Manguel. Le niveau statique se situe à 4.75 m [21].

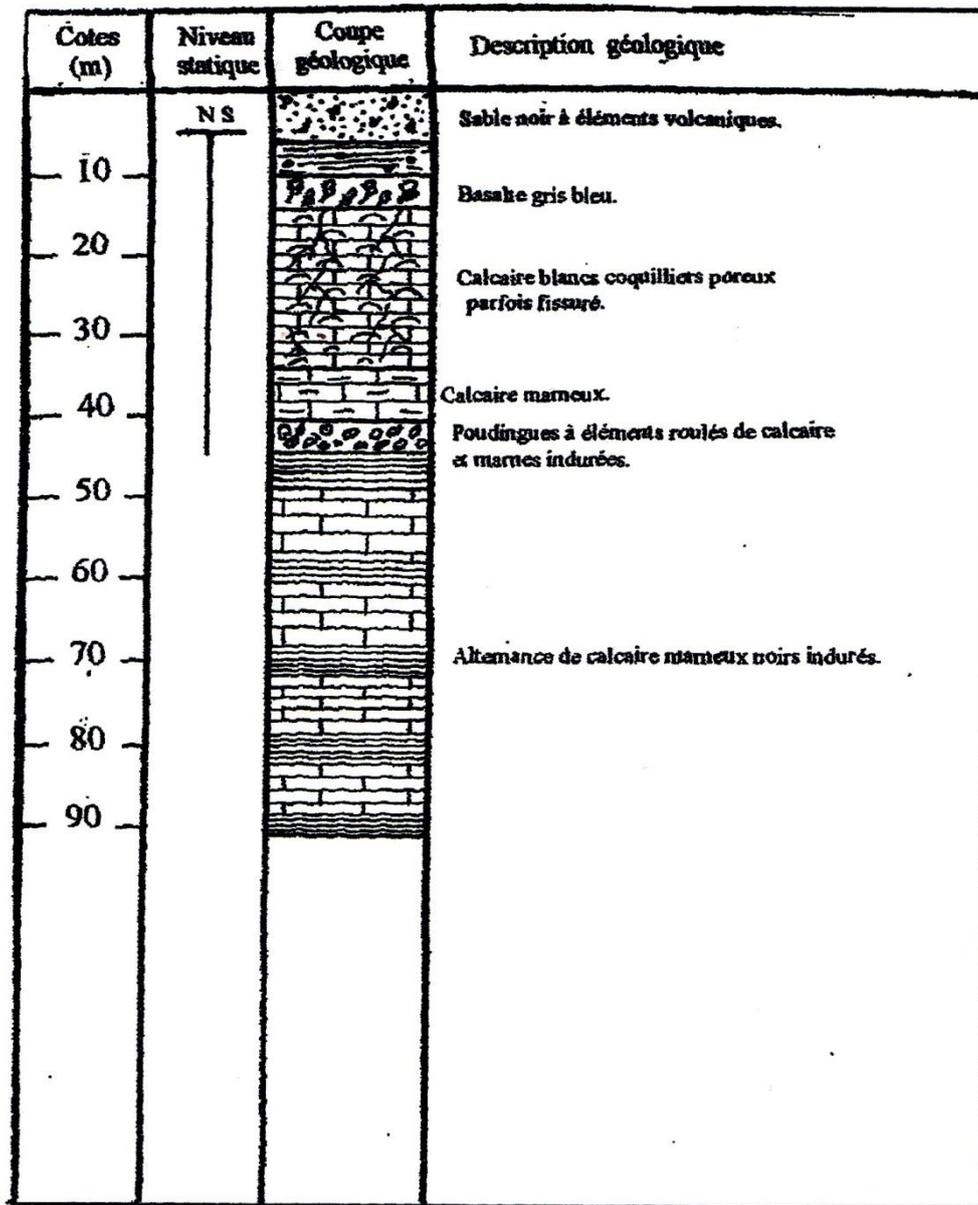


Figure II.4. Forage Sidi Kacem [21].

## II.7. La situation hydraulique

### II.7.1. Les eaux Potables

Selon la direction des ressources en eau, la ration d'alimentation en eau potable par habitant dans la wilaya de Ain Témouchent est passée de 80 litres/jour/ habitant en 2010 à 200 litres/jour/ habitant en fin d'année 2012 actuellement ce chiffre a passé à 250 litres / jours / habitant, cette amélioration a été rendue possible grâce aux investissements effectués par les pouvoirs publics tant en matière de réalisation de la station de dessalement de Chatt El Hilal à Béni Saf et de réservoirs de stockage, que celui relatif à la réhabilitation des réseaux de distribution [21].

### II.7.2. Les eaux non conventionnelles

Le recours à l'utilisation des différents procédés de valorisation des eaux non conventionnelles (déminéralisation des eaux saumâtres, des salement de l'eau de mer, épuration des eaux usées), la ville d'Ain Témouchent possède une station d'épuration des eaux usées à boue active à faible charge dont on va la décrire dans le chapitre III.



Figure II.5. La STEP d'Ain Témouchent.

### II.7.3. La situation de l'Assainissement

La figure suivante (Figure II.6) nous présente les principaux rejets de la ville d'Ain Témouchent vers la STEP.



Figure II.6. Les principaux rejets de la ville d'Ain Témouchent vers la STEP sur Auto CAD.

### II.7.4. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique présente dans la zone d'étude une direction dominante Nord Nord-Ouest, selon laquelle s'organisent les grands systèmes de cours d'eau. L'écoulement naturel dans le réseau est irrégulier : les eaux ruissellement sont en générale peu abondante, en raison de la pluviosité ne dépassant pas les 500mm/an.

Les Oueds de la région, temporaires se transforment torrents à la suite de pluie prolongées ou d'orages brusques et violents. Le tableau suivant donne les valeurs des apports annuels caractéristiques obtenues d'après les données de jaugeage des oueds de la région [21].

**Tableau II.5.** Les apports annuels moyens des oueds [21].

| Oued       | Surface (km <sup>2</sup> ) | Min (m <sup>3</sup> /s) | Max (m <sup>3</sup> /s) | Moy (m <sup>3</sup> /s) | Module spécifique (l/s km <sup>2</sup> ) | Lame d'eau écoulee (mm) | Période d'observations |
|------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--|-------------------------|------------------------|
| El-Malah   | 310                        | 0.319                   | 0.945                   | 0.617                   | 1.99                                     | 62.8                    | 1985-1996              |
| El-Halfouf | 34                         | 0.013                   | 0.180                   | 0.064                   | 1.88                                     | 59.3                    | 1975                   |

L'oued Senane, situé entre ces deux oueds, admet un régime hydrologique analogue. Le module spécifique étant presque identique pour les deux oueds jaugeés, celui de l'oued Senane sera d'environ 1.94 l/s km<sup>2</sup> [21].

### II.8. La situation climatique

Le bioclimat est de type semi-aride (**Figure II.7**), modulé par la proximité de la mer au Nord et par l'augmentation des altitudes vers le Sud. De plus, la diversité morphologiques, les dénivelées importantes et l'orientation des reliefs induisent des nuances locales soit vers le frais et humide (retombée nord des Monts de Tessala et des Traras), soit vers le chaud et sec (retombée sud des Monts des Traras, plaine de M'Léta et la zone de Oulhaça). Ainsi en année moyenne, ce domaine semi-aride possède des enclaves soit subhumides (les sommets les plus élevés des reliefs et hauts de versants à l'exposition ouest ; soit arides (zones déprimées, en position d'abri comme la zone des Traras sud et la plaine de Ain Témouchent et El Amria) [26].

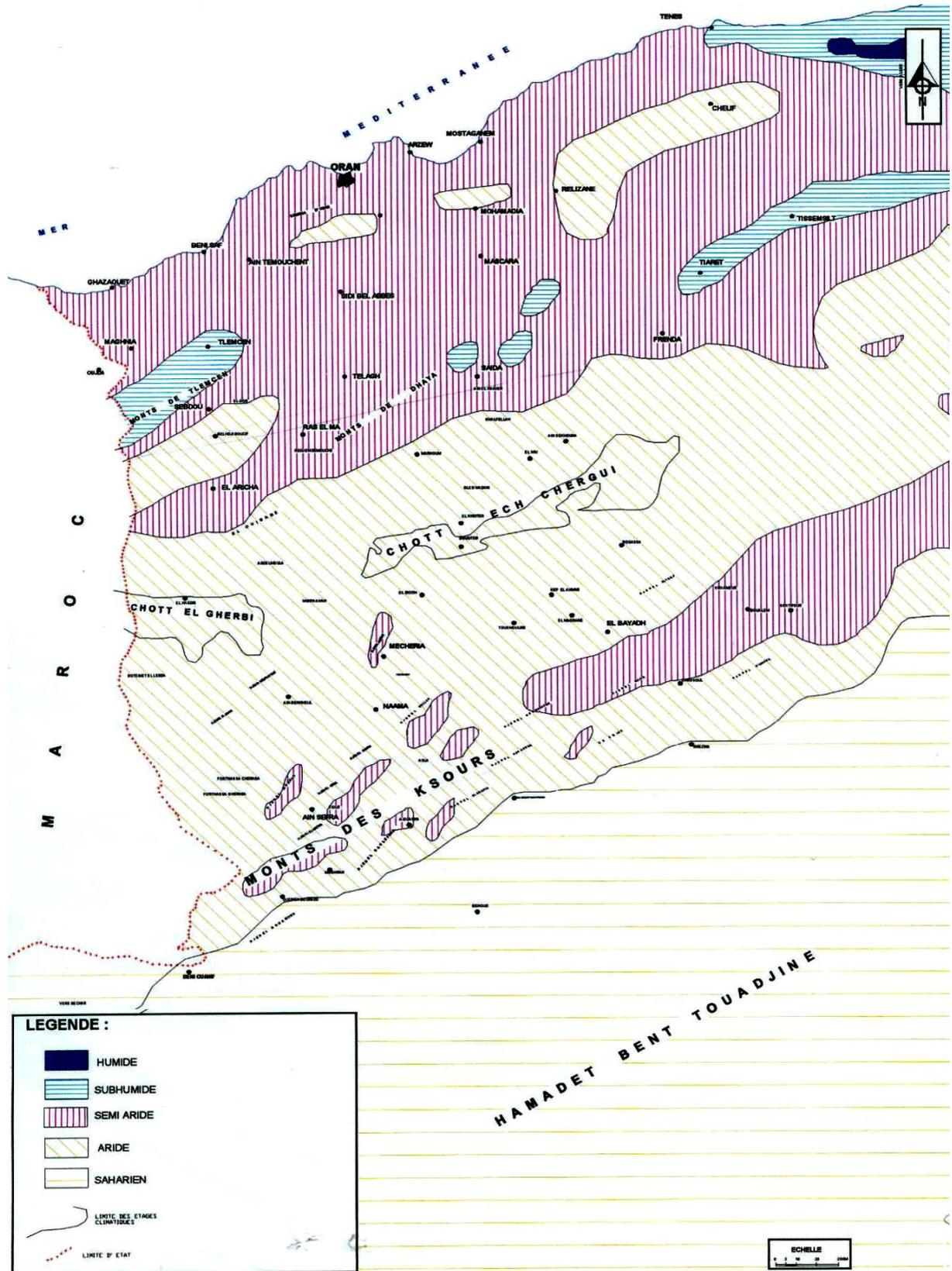
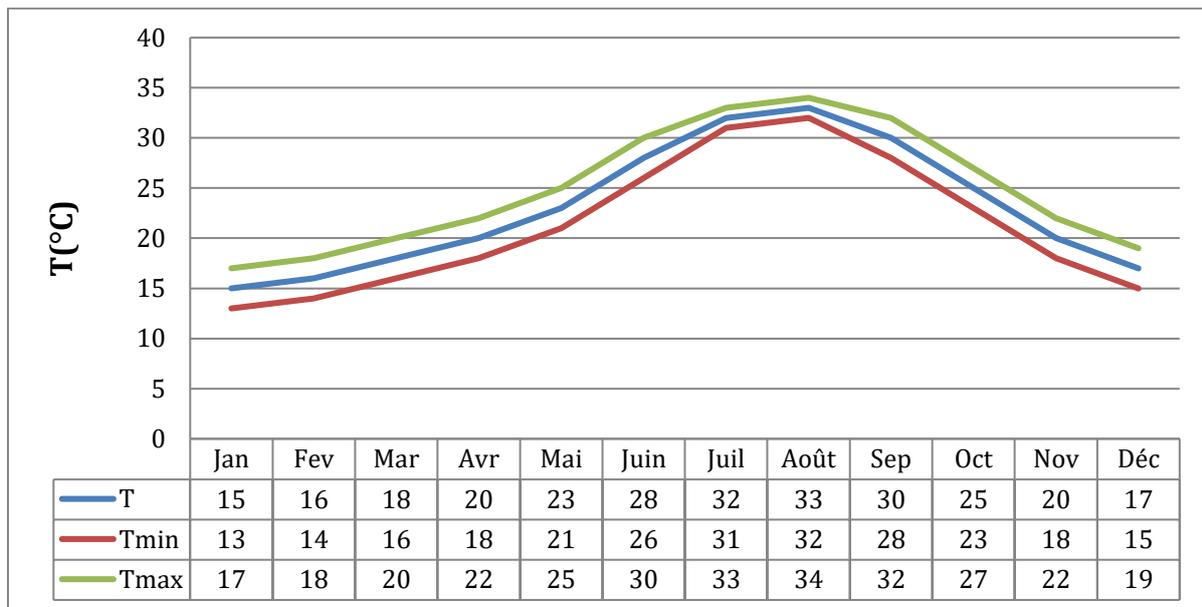


Figure II.7. La bioclimatologie de l'Algérie [25].

### II.8.1. La température

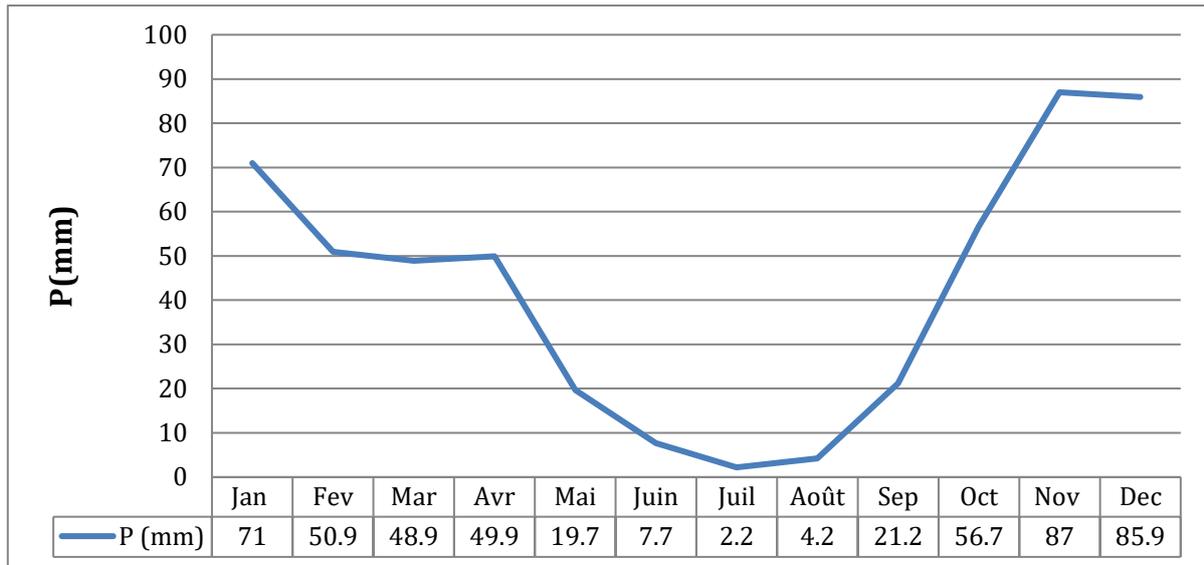
On remarque (**Figure II.8**) que la température diminue pendant les trois mois d'Hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint le minimum de 15°C en Janvier, elle augmente pendant les trois mois d'été (Juin, Juillet, Août) et atteint le maximum de 33°C en Août. La moyenne annuelle est de 23°C.



**Figure II.8.** Les moyennes mensuelles des températures en (°C) période (1950-2010) [27].

### II.8.2. Les précipitations

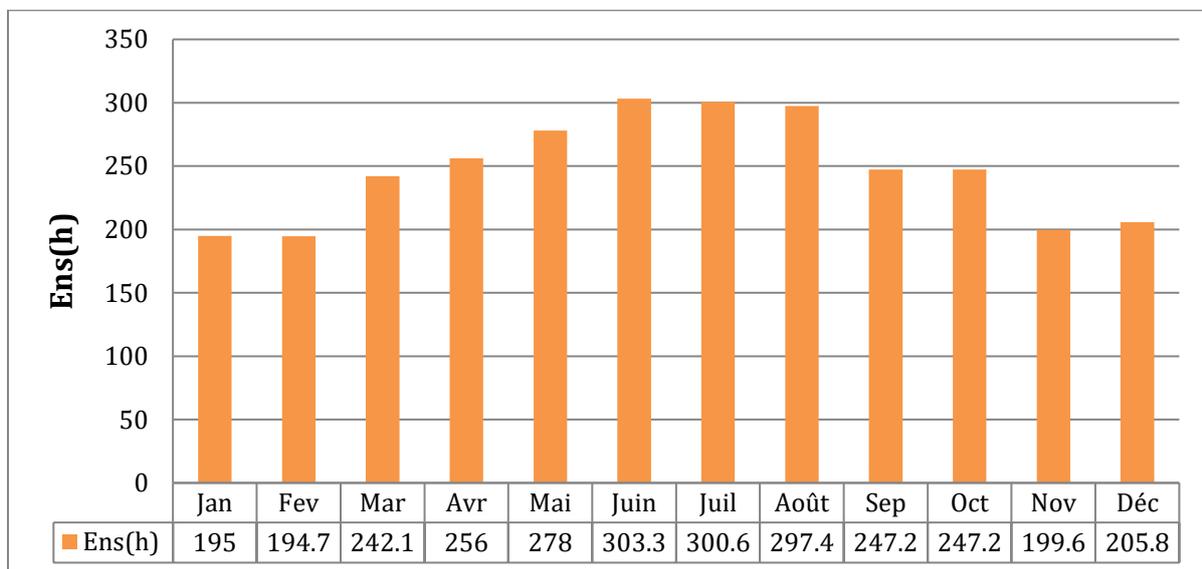
D'après le tableau suivant (**Figure II.9**) on remarque la valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de Novembre (87.0 mm), tandis que le minimum est atteint au mois de juillet (2.2 mm).



**Figure II.9.** Les moyennes mensuelles des précipitations en (mm) période (1974-2010) [27].

### II.8.3. L'ensoleillement

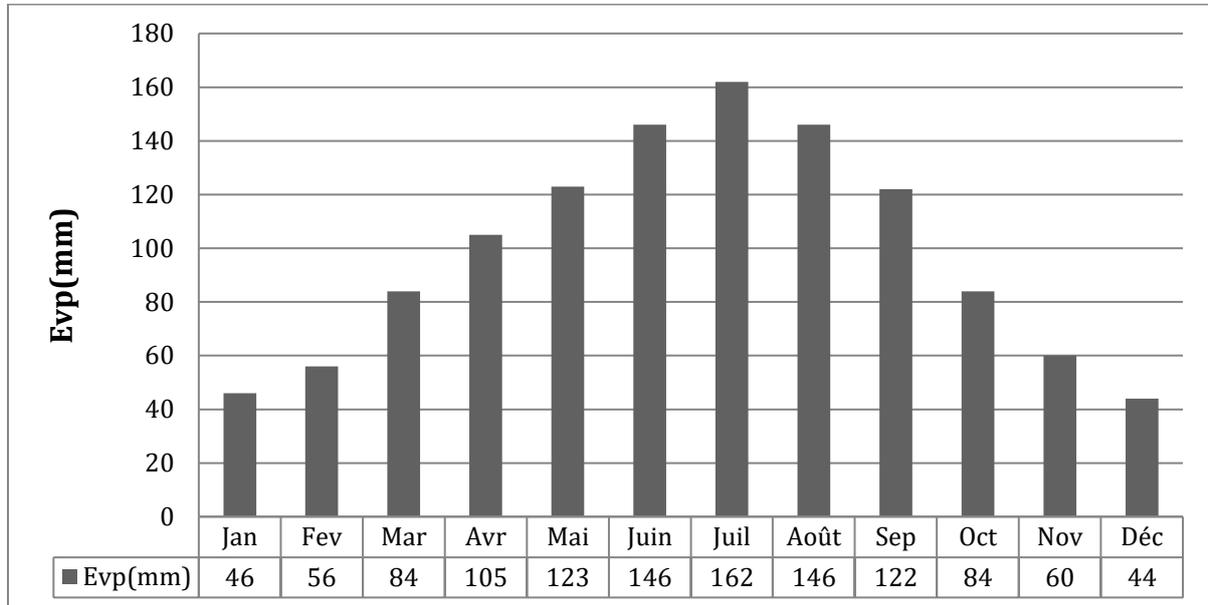
On peut remarquer que les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois d'Avril au mois d'Août (**Figure II.10**), la valeur la plus élevée est celle du mois de juin (303.3heures).



**Figure II.10.** Les moyennes mensuelles d'ensoleillement (En heures entières) période (1994 - 2014) [27].

### II.8.4. L'évaporation

Le tableau et le graphe suivants (**Figure II.11**) nous montrent que l'évaporation est importante en été. Elle atteint son maximum au mois de Juillet avec une valeur de 162 mm le minimum est enregistré au mois de Décembre avec une valeur de 44 mm.

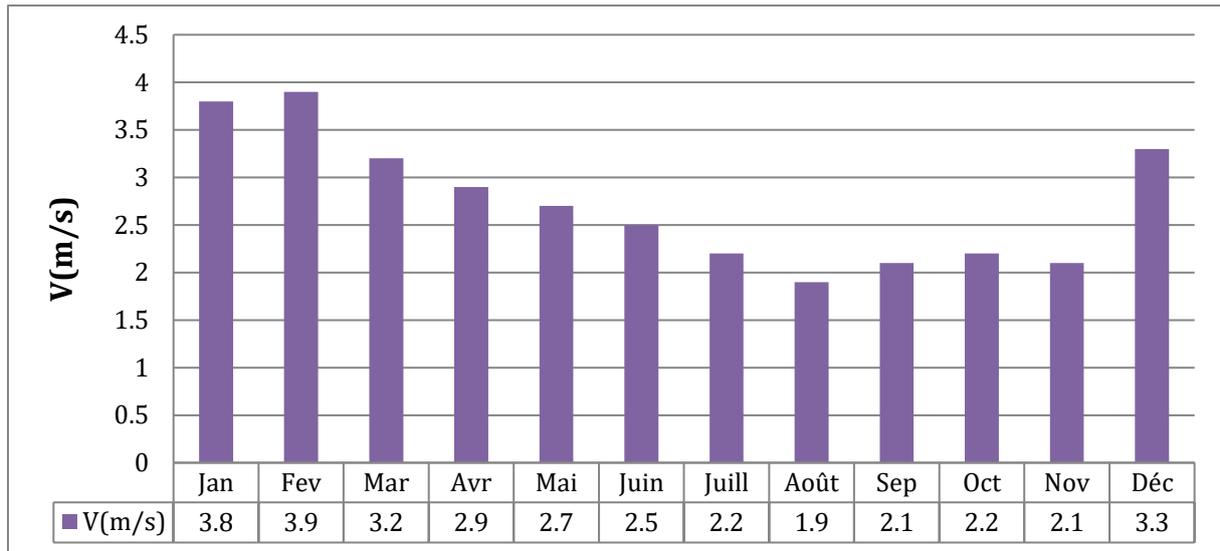


**Figure II.11.** Les moyennes mensuelles de l'Evaporation en (mm) période (1950 - 2010) [27].

### II.8.5. Le vent

Le vent est le mouvement au sein d'une atmosphère, masse de gaz située à la surface d'une planète, d'une partie de ce gaz. Les vents sont globalement provoqués par un réchauffement inégalement réparti à la surface de la planète provenant du rayonnement stellaire (énergie solaire), et par la rotation de la planète.

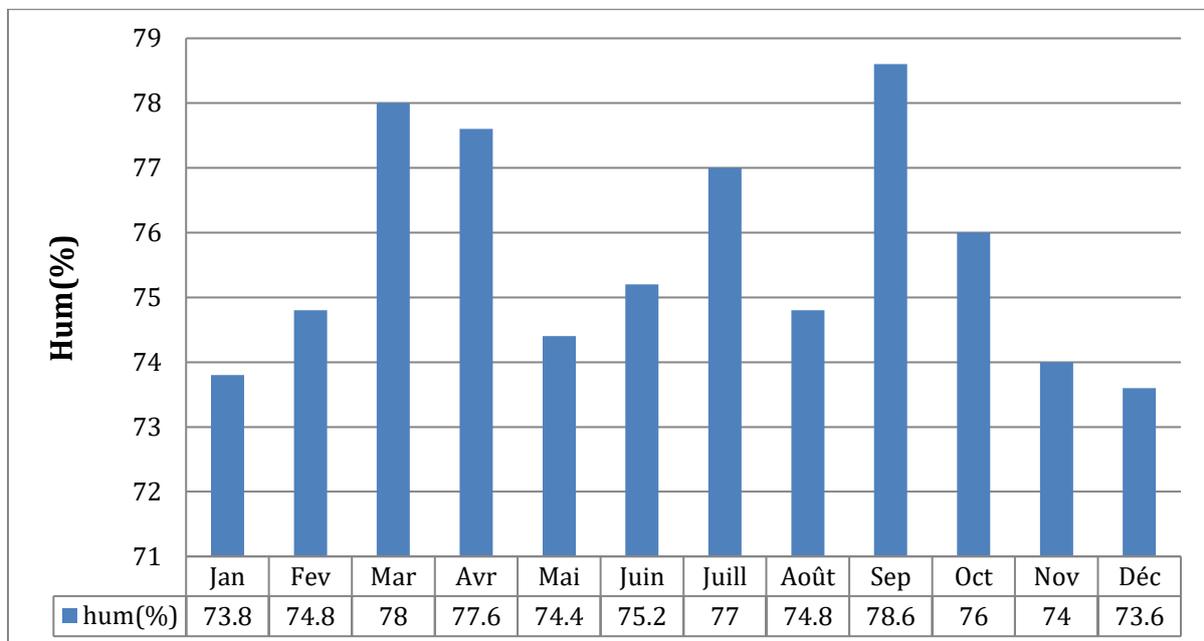
Les données enregistrées (**Figure II.12**) au niveau de la station montrent que les vents prédominants sont d'une vitesse moyenne qui varie de 1.9 à 3.9 m/s pour une moyenne annuelle de 2.7 m/s.



**Figure II.12.** Les moyennes mensuelles des vitesses de vent en (m/s) période (2010-2014) [27].

### II.8.6. L'humidité relative

On remarque (**Figure II.13**) que l'humidité est supérieure à 73% sur toute l'année. Le maximum est enregistré au mois de Septembre avec 78.6% alors que le minimum 73.6%, est observé au mois de Décembre.



**Figure II.13.** Les moyennes mensuelles du taux d'humidité relative en (%) période (2010-2014) [27].

### II.8.7. Le quotient pluviométrique d'Emberger

L'indice d'Emberger « Q » exprime la sécheresse globale d'un climat en comparant la dépense en eau (évaporation et transpiration) au gain (précipitation) par le rapport (P/E) dans la quel l'évaporation est exprimée par une fonction de la température.

L'équation définitive du quotient Q est comme suite :

$$Q = 2000 \times P / (M^2 - m^2)$$

Où ;

Q: Coefficient pluviométrique d'Emberger ;

P : Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

M : Moyenne des températures maximale du mois le plus chaud (°K) ;

m : moyenne des températures minimale du mois le plus froid (°K).

Dans notre cas:

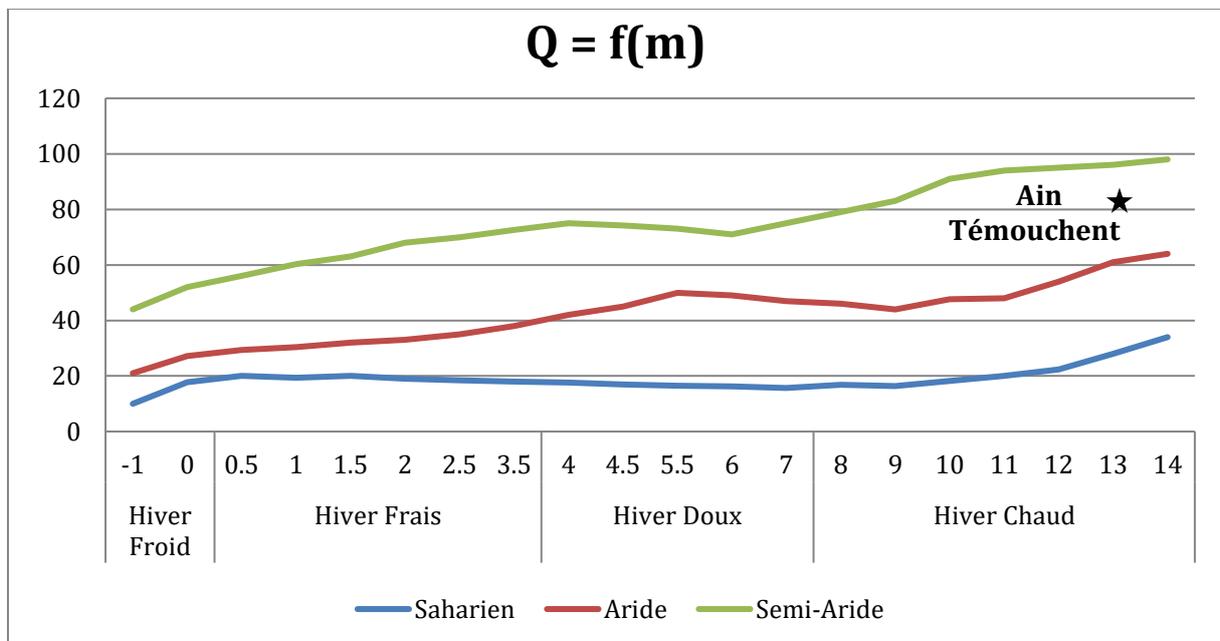
$$P = 505.3 \text{ mm}$$

$$M = 34 + 273 = 307 \text{ °K}$$

$$m = 13 + 273 = 286 \text{ °K}$$

$$\Rightarrow Q = 2000 \times 0.5053 / (307^2 - 286^2) \Rightarrow Q = 81.15$$

D'après le diagramme bioclimatique d'Emberger (**Figure II.14**), notre zone d'étude est située dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver chaud.

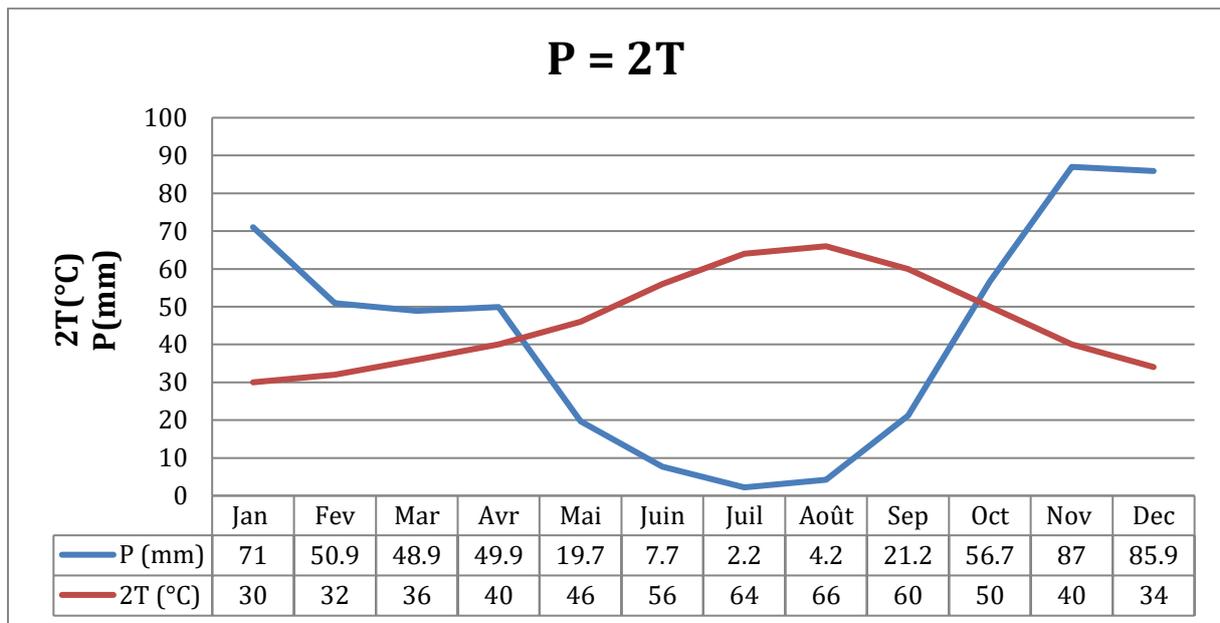


**Figure II.14.** La position d'Ain Témouchent dans le diagramme d'Emberger.

### II.8.8. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

On utilise une méthode très simple efficace de discrimination entre la saison sèche et la saison pluvieuse : le critère  $P = 2T$  (Diagramme de Bagnouls et Gaussen)

D'après les résultats obtenus (**Figure II.15**) on déduit que la période de sécheresse dure 6 mois et donc c'est à partir du mois de Mai jusqu'au mois d'Octobre.



**Figure II.15.** Le diagramme ombrothermique période (1974-2010) [27].

### II.8.9. L'indice d'Emanuel De Martonne

L'indice de l'aridité, noté I, est un indicateur quantitatif du degré d'aridité d'une région.

Pour le calculer, on utilise la relation suivante :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

Avec:

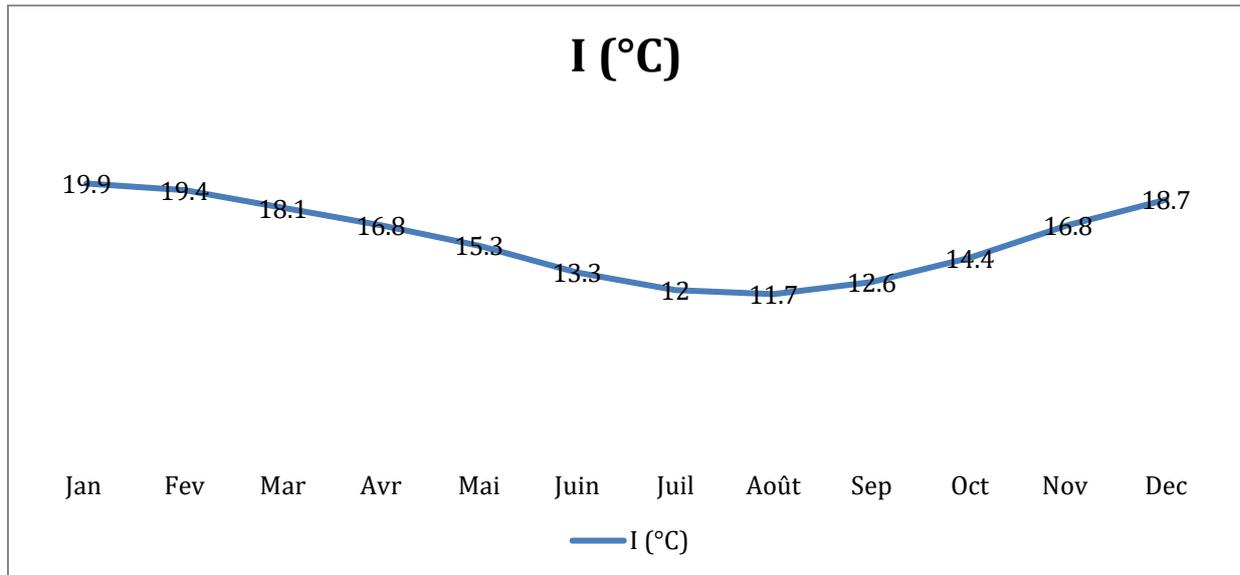
P: Précipitation moyenne annuelle (mm) ;

T: Température moyenne mensuelle (°C).

Au niveau mondial, De Martonne a proposé six grands types de macroclimats allant des zones désertiques ou hyperarides ( $I < 5$ ) aux zones humides à forêt prépondérante ( $I > 30$ ). En général, l'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue.

**Tableau II.6.** La limite des climats, l'indice climatique De Martonne [21].

| Valeur de I      | Type de climat      | Irrigation            |
|------------------|---------------------|-----------------------|
| $I \leq 5$       | Désertique          | Indispensable         |
| $5 < I \leq 10$  | Très sec            | Indispensable         |
| $10 < I \leq 20$ | Sec                 | Souvent indispensable |
| $20 < I \leq 30$ | Relativement Humide | Parfois utile         |
| $I > 30$         | Humide              | Inutile               |

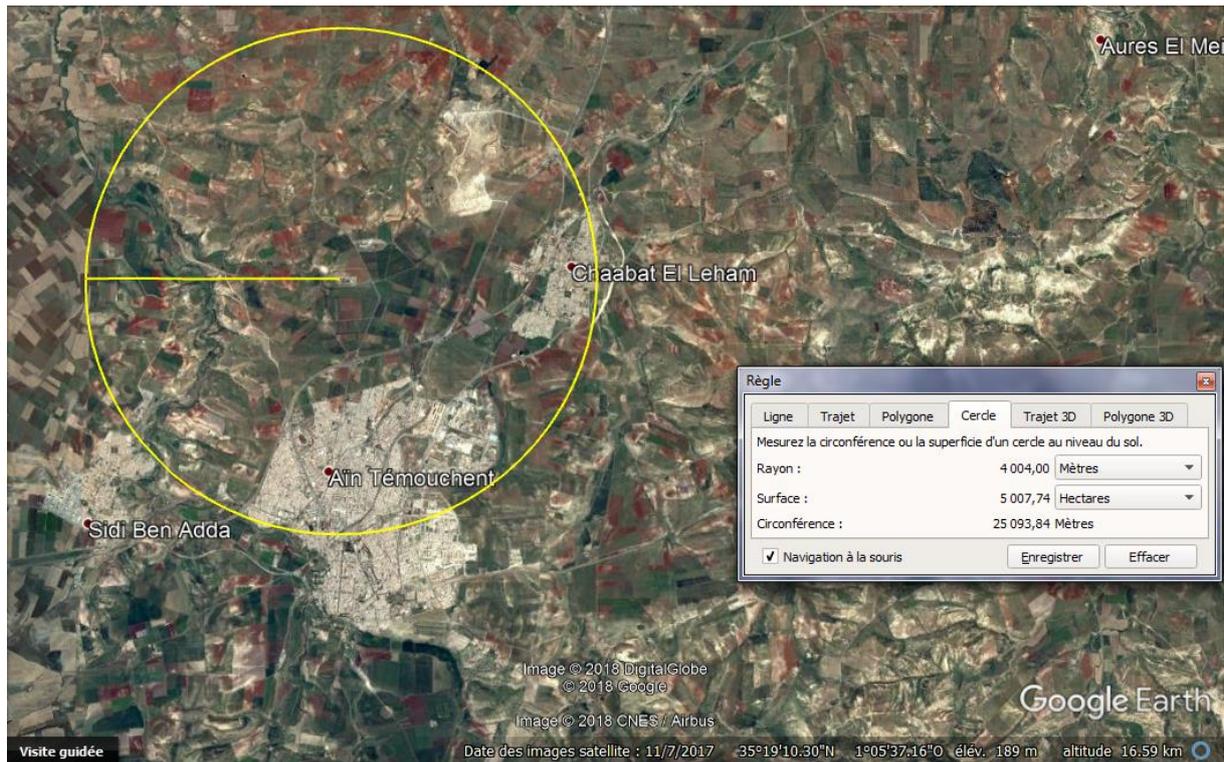
**Figure II.16.** L'indice d'aridité en (°C).

Selon les résultats obtenus on déduit que le climat dans notre région est du type sec donc l'irrigation est souvent indispensable.

### II.9. La station d'épuration d'Ain Témouchent

La station d'épuration d'Ain Témouchent à boue activée à faible charge avec déphosphoration se situe dans le rayon Ain Témouchent, Chaabat El Leham et Sidi Ben Adda (**Figure II.17**), à proximité de la route nationale RN01 vers Terga limitée à l'est par le poste police de la ville, au sud par la route nationale RN02 (vers Oran), au nord par l'oued Senane, à l'ouest par des habitations.

La station d'épuration gérée et exploitée par l'office national de l'assainissement, réalisée en collaboration de deux entreprises Hydrotraitement (Algérie) et Comsa Incorporation (Espagne) sur une durée de 19 mois avec un montant de 2 milliards de Dinar Algérien, l'étude a été réalisée en collaboration de deux bureaux d'études experts El Bina (Algérie) et Enco Engineering (Italie).



**Figure II.17.** La situation de la STEP sur l'imagerie satellitaire de Google Earth.

La station d'épuration s'étend sur une surface de 6 hectares, épure actuellement 2/3 des eaux usées de la ville d'Ain Témouchent et comme projet futur elle va épurer les eaux usées des deux communes ; Sidi Ben Adda et Chaabat El Leham.

La station d'épuration est réalisée dans le but de :

- La protection du milieu récepteur.
- La protection du littoral.
- La protection des eaux souterraines.
- La réutilisation des eaux épurées et des boues produite dans le domaine agricole.
- La lutte contre l'irrigation par les eaux usées.

La STEP d'Ain Témouchent est équipée par deux filières : une pour les eaux usées et l'autre pour les boues.

## II.9.1. La description des ouvrages de traitement de la filière eaux

### II.9.1.1. Le déversoir d'orage

Le déversoir d'orage installé à l'amont de la STEP a une longueur de 6 m à pour objectif la collecte entre le réseau de rejet et la STEP et la séparation entre les eaux pluviales et domestiques.

De ce déversoir les eaux usées diluées seront véhiculées gravitairement vers la STEP (puits de réception) par une conduite de diamètre 800 mm en béton et sur une longueur de 250 m.

Les eaux excédantes au 3Q<sub>24</sub>, seront déviées latéralement vers l'oued par le biais d'un canal [28].



Figure II.18. Le déversoir d'orage.

II.9.1.2. Le prétraitement : comporte les procédés suivants :

#### a. Le dégrillage

Le dégrillage est destiné à piéger les matières plus ou moins volumineuses et les déchets de toutes sortes contenus dans le chenal d'admission d'un ouvrage hydraulique ou au stade de prétraitement d'eaux usées domestiques, agricoles ou industrielles, pour

permettre leur extraction puis stockage en benne et évacuation vers une voie de traitement.

La STEP d'Ain Témouchent est composée de deux grilles sont les suivante :

- Grille mécanique grossière

La grille mécanique grossière motorisée pour le prétraitement est du type, elle est réalisée en AISI 304 et fonctionne automatiquement suivant l'augmentation de niveau amont (largeur 1000 mm, espacement des barreaux 35 mm, épaisseur des barreaux 15 mm) [28].



**Figure II.19.** La grille mécanique grossière.

- Grilles fines motorisées

Les deux grilles fines sub-verticales sont installées, dont l'inclinaison est de 85°, la largeur est de 1000 mm, l'espacement entre les barreaux est de 3 m, la hauteur de déchargement par rapport au fond du canal est de 45 mm, avec la possibilité de fonctionner simultanément ensemble dans le cas du débit égal à  $3Q_{24}$  [28].



Figure II.20. Les grilles fines motorisées.

### b. Le dessablage-déshuilage

Le dessablage et le déshuilage-dégraissage consistent à faire passer l'eau dans des bassins où la réduction de vitesse d'écoulement fait se déposer les sables et flotter les graisses. L'injection des microbulles d'air permet d'accélérer la flottation des graisses. Les sables sont récupérés par pompage alors que les graisses sont raclées en surface.

Les deux déssableurs - déshuileurs installés sont aptes à satisfaire le rejet jusqu'au 2030 avec un volume de 120 m<sup>3</sup> chacun, une largeur de 5.7 m, une hauteur de 5 m, une superficie utile de 10 m<sup>2</sup> et une longueur de 12 mètres.

Les sables et les graisses sont récupérés au moyen d'un pont mobile motorisé équipé d'un racleur de fond pour les sables. Les éléments flottants de même que les huiles sont évacuées au moyen d'un pont racleur dans deux bassins de stockage ayant une capacité de 20 m<sup>3</sup> (2×2×5 mètres) chacun, incorporés dans le coté aval des déssableurs.

Le sable décanté dans le fond du bassin est déplacé par raclage dans la fosse située à l'entrée des déssableurs. Une pompe pneumatique récupère par intermittence les sables en les refoulant dans un dispositif de lavage. Le temps de rétention prévu pour un débit moyen étant de 25 minutes, et un rendement de 98.5 % pour des granulométries

comprises entre 0.12 et 0.16 mm, les deux compresseurs pour le fonctionnement du système « air lift » sont situés dans un local incorporé dans la partie inférieure des déssableurs vers l'entrée des eaux, dans la STEP d'Ain Témouchent cette installation joue le rôle d'un décanteur primaire [28].



**Figure II.21.** Les deux déssableurs-déshuileurs.

### **III.9.1.3. Le traitement secondaire ou biologique**

La dénitrification biologique peut être définie comme un processus à travers lequel les microorganismes réduisent les ions du nitrate et de l'azote gazeux ( $N_2$ ).

Ce phénomène étant présent avec le processus principal de l'élimination du  $DBO_5$ , dans les installations de traitement biologique à boues activées.

Dans la STEP d'Ain Témouchent, il existe deux bassins de dénitrification, dont les dimensions sont : hauteur utile 4.75 m, largeur 20 m, et une longueur de 22 m.

Le processus de dissimilation des nitrates survient à travers une série de réactions complexes de catalyse des enzymes en deux étapes :

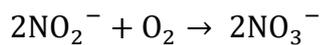
Dans la première, les nitrates sont réduits en nitrites, dans la deuxième les nitrites sont réduits en azote gazeux ( $N_2$ ).

Au cours de cette section les eaux usées sont soumises à une forte agitation à l'aide d'une série de mélangeurs agissant en contre courant .Ce type d'appareil dérive par sa conception des pompes submersibles, il présente des caractéristiques de mélange optimal.

Les eaux sortant du bassin de dénitrification débordent le mur de séparation qui fait la fonction de déversoir pour obtenir un déplacement uniforme sur toute la largeur du bassin. sur le fond de bassin est prévue un réseau des diffuseurs d'air de type à membrane ayant une porosité de 60  $\mu$ .

Pour chaque bassin il existe un compresseur d'alimentation d'air à vitesse fixe (débit d'air 4700 m<sup>3</sup>/h), et un deuxième à débit d'air variable de 2350 à 4500 m<sup>3</sup>/h équipé d'un convertisseur de fréquence asservi à l'instrument de la mesure de l'oxygène dissous [28].

- La nitrification :



- La dénitrification :

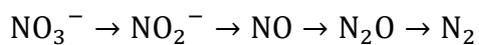


Figure II.22. Les bassins d'aération.

### III.9.1.4. Le traitement tertiaire

#### a. La clarification

La STEP d'Ain Témouchent dispose de deux décanteurs secondaires circulaires à traction périphérique ayant pour chacun un diamètre de 25 m et une hauteur totale de 4.4 m. Le décanteur est équipé d'un racleur de fond, d'un déflecteur central de distribution radiale, d'une lame superficielle pour l'évacuation des écumes vers la boive à écumes reliée à un puits et d'une pompe mobile assura l'évacuation de ces écumes avec les huiles et les graisses [28].



Figure II.23. Le décanteur secondaire.

#### b. La clariflocculation

Les eaux venant des clarificateurs sont dirigées vers un puits répartiteur, et être mélangées avec le chlorure ferrique par l'intermédiaire d'un agitateur rapide, puis elles seront séparées et dirigées chacune vers le clariflocculateur pour la précipitation du phosphore sous forme des boues chimiques, au moyen du puits des boues chimiques, ces dernières sont évacuées dans l'épaisseur [28].



**Figure II.24.** Le clarifloculateur.

### **c. La désinfection**

Notre installation contient un bassin de désinfection dont les dimensions sont : une hauteur de 2.75 m, une largeur de 5m, et une longueur de 23 m, on utilise comme réactif pour la désinfection l'hypochlorite de sodium ( $\text{NaClO}$ ).

La solution de l'hypochlorite de sodium est un produit instable, mais sa décomposition peut être contrôlée en augmentant la valeur du ph jusqu'au 11, en évitant la présence des ions métalliques qui ont l'effet de catalyseur de la décomposition.

Même pour un local isolé thermiquement et à l'abri de la lumière, le temps de stockage doit être limité à 60 jours [28].



**Figure II.25.** Le bassin de désinfection.

### **III.9.2. La description des ouvrages de traitement de la filière boues**

#### **II.9.2.1. Recyclage et évacuation des boues en excès**

On soustrait les boues activées du fond de clarifloculateur et on les renvoie en tête de traitement biologique, afin de régénérer celui-ci et d'y maintenir une concentration sensiblement constante en micro-organismes épurateurs.

L'opération de recyclage est assurée pour chaque ligne par une pompe submergée et une deuxième pompe de réserve, placées dans un puits, les caractéristiques de ces pompes sont les suivantes : débit unitaire 466 m<sup>3</sup>/h, hauteur manométrique 6,5 m.

Dans chaque ligne de recyclage est placé un débitmètre à induction électromagnétique accouplé à une vanne motorisée pour permettre la possibilité d'adapter le débit de recyclage en fonction de celui à l'entrée de la STEP [28].

#### **III.9.2.2. L'épaississement des boues biologiques et chimiques**

Les boues en excès sont dirigées vers un épaisseur circulaire dont le diamètre est de 16 m, et la hauteur utile totale est de 4.5 m, on applique la mécanisation dans la cuve à radier à faible pente, c'est-à-dire un système de raclage et d'agitation lente dont le but de

faciliter le glissement des boues vers la fosse centrale d'où elles sont extraites et de permettre le dégagement de l'eau interstitielle et des gaz occlue dans les boues.

L'épaississement est un investissement supplémentaire et une source d'éventuelles nuisances mais ceci est largement compensé par les gains sur la filière aval :

- Réduction de la taille des digesteurs anaérobies ou des réacteurs de stabilisation aérobie.
- Suppression des épaisseurs en aval des procédés de stabilisation biologique et donc diminution des retours de pollution en tête de station.
- Possibilité d'extraire des boues diluées des décanteurs primaires, évitant ainsi les fermentations dans ces ouvrages, entraînant moussage et foisonnement (bactéries filamenteuses) en traitement biologique.
- Généralement réduction des taux de conditionnement en amont de la déshydratation.
- Augmentation de la production des appareils de déshydratation et réduction des consommations d'énergie.
- Très nette diminution des débits de pompage, des conduites de transfert et des éventuels stockages intermédiaires [28].



**Figure II.26.** L'épaississeur de la boue.

### III.9.2.3. La déshydratation des boues

La déshydratation constitue la deuxième étape de réduction de volume des boues au cours de laquelle on réalise sur les boues concentrées, stabilisées ou non une élimination plus au moins poussée de leurs humidité résiduelle, au niveau de notre STEP on traite la déshydratation des boues par lits de séchage et par bande presseuse [28].

- Le lit de séchage

La station comporte 6 lits de séchage, dont les dimensions de chaque lit a une longueur de 20 m, et une largeur de 5 m, la surface de séchage est dimensionnée pour une capacité de production de 0.2 à 0.6 Kg MS/m<sup>2</sup> jour, la durée de séchage est d'environ 4 à 6 semaines, mais elle peut atteindre 3 à 4 mois dans des conditions météorologiques défavorables [28].



**Figure II.27.** Les lits de séchage.

- Les bandes presseuses

La déshydratation des boues est conduite sur filtres à bandes presseuses classiques. Il existe deux bandes presseuses dans un local de déshydratation approprié, chaque bande

a une largeur de toiles de 2500 mm ,et une capacité de séchage des boues de 240 KgMST/h mètre de largeur, pendant une période de fonctionnement de 8 heures par jours, en travaillant 5 jours par semaine [28].



**Figure II.28.** Les bandes presseuses.

## **II.10. Conclusion**

Ce chapitre nous a permis :

- La présentation des diverses situations de la ville d'Ain Témouchent (géographique, géologique, topographique, hydrologique, hydraulique, hydrogéologique et climatologiques)
- La description de la station d'épuration des eaux usées d'Ain Témouchent, ses caractéristiques, son procédé épuratoire, ces infrastructures et les dimensions de chaque ouvrage.

## **PARTIE 02 :**

### *Partie Expérimentale*

## Evaluation de la qualité des eaux usées

### III.1. Introduction

Afin de déterminer les différents paramètres permettant d'évaluer la qualité des eaux de la STEP d'Ain Témouchent ainsi de déterminer la possibilité d'irrigation à partir des eaux épurées, une série des analyses a été faite.

Les analyses microbiologiques des eaux usées brutes et épurées ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'hygiène de la wilaya qui est géré par l'équipe technique de la direction de la santé publique.

Les analyses physicochimiques des eaux usées brutes et épurées ont été faites au niveau du laboratoire de la STEP qui est géré par l'équipe technique de l'office national de l'assainissement.

### III.2. Résultats et discussions

#### III.2.1. La qualité physicochimique

Dans cette partie nous allons discuter sur le rendement physicochimique de la STEP d'Ain Témouchent et comparer les résultats des analyses obtenus avec les normes Algérienne d'irrigation (voir **Annexe 03**)

##### III.2.1.1. Le rendement épuratoire

Le rendement épuratoire la station d'épuration est calculé par la formule suivante :

$$\eta = \frac{\eta_{MES} + \eta_{DCO} + \eta_{DBO_5}}{3}$$

$$\eta = \frac{C_{m_{Brute}} - C_{m_{Traitée}}}{C_{m_{Brute}}}$$

$C_m$  : la charge massique.

La figure suivante (**Figure III.1**) nous présente la qualité des eaux usées à l'entrée et à la sortie des principaux paramètres tels que la demande biochimique en oxygène  $DBO_5$ , la conductivité électrique CE ... etc.

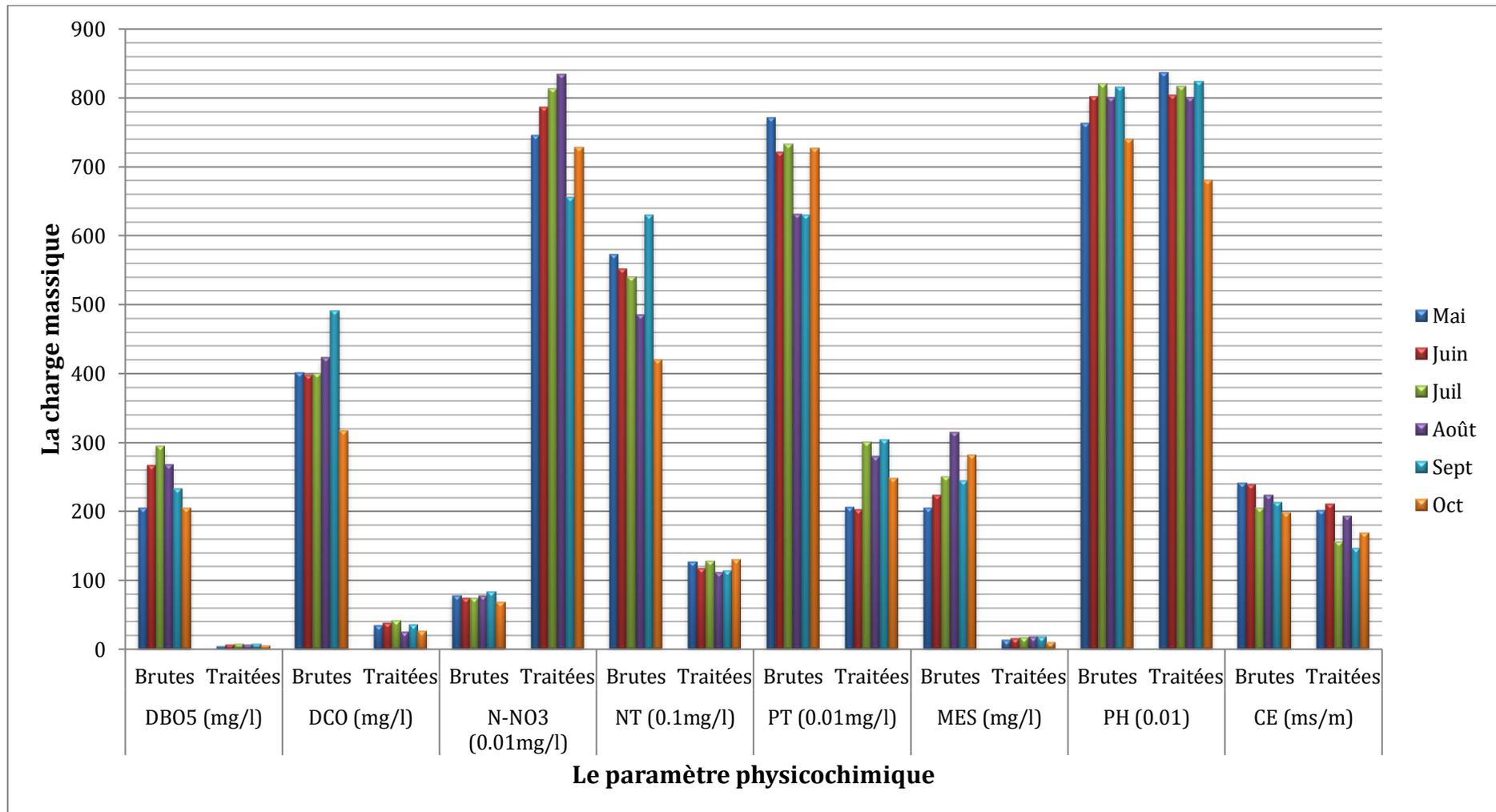


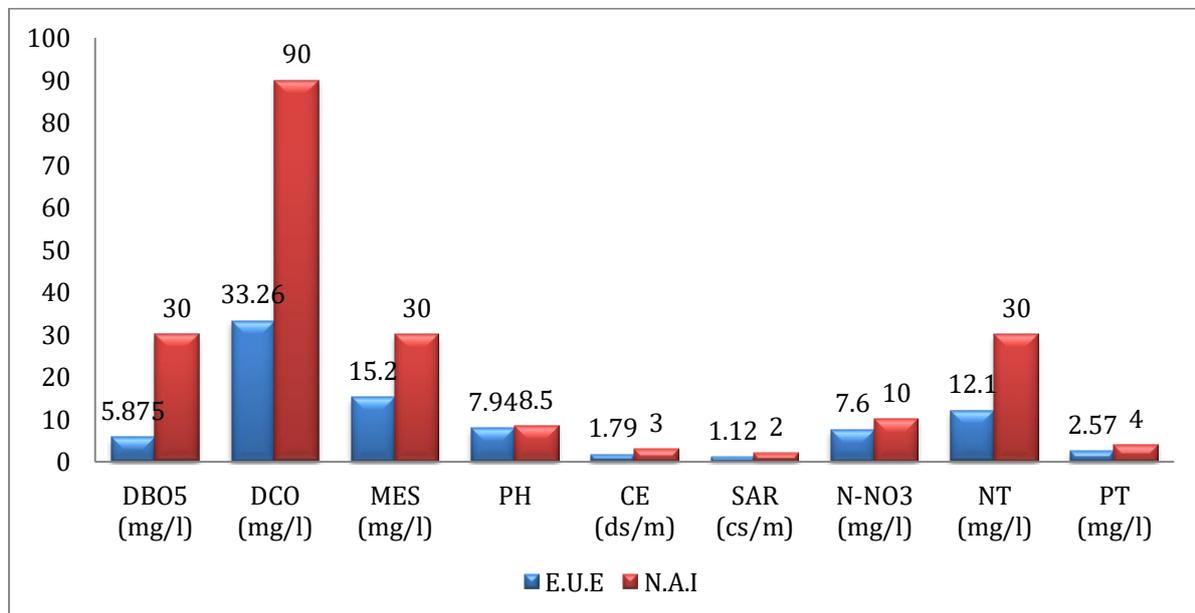
Figure III.1. Les résultats des analyses physico-chimiques [32].

$$\eta = \frac{\eta_{MES} + \eta_{DCO} + \eta_{DBO_5}}{3} = 94.345\%$$

La (**Figure III.1**) nous a permis de calculer le rendement de la STEP d'Ain Témouchent qui est égal à 94.345%, le rendement est excellent ce qui prouve que les ouvrages fonctionnent bien ainsi qu'ils sont bien maintenus.

### III.2.1.1. La comparaison des résultats avec les normes algériennes d'irrigation

Après avoir interprété et évalué la qualité physicochimique des eaux usées brutes et épurées de la STEP, nous comparons dans la figure suivante (Figure III.2) la qualité à la sortie E.U.E avec les normes algériennes d'irrigation N.A.I mentionnées dans le (**Tableau I.2**).



**Figure III.2.** La comparaison des eaux usées épurées avec les normes algériennes d'irrigation [33].

A partir de la figure ci-dessus (**Figure III.2**) nous déduisons que tous les paramètres physico-chimiques répondent positivement aux normes algériennes d'irrigation, donc pour déterminer la possibilité de la réutilisation de ces eaux dans le domaine agricole nous devons passer à une autre étude qui est l'évaluation de la qualité microbiologique.

### III.2.2. La qualité microbiologique

Dans cette partie nous allons discuter sur le rendement microbiologique de la STEP d'Ain Témouchent et comparer les résultats des analyses obtenus avec les normes Algérienne d'irrigation (voir **Annexe 03**).

#### III.2.2.1. Le rendement épuratoire

Le tableau et les deux figures suivantes nous renseignent la qualité microbiologique des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP d'Ain Témouchent.

Dans notre étude nous avons basé sur l'évaluation de 4 principaux paramètres microbiologiques sont les suivants :

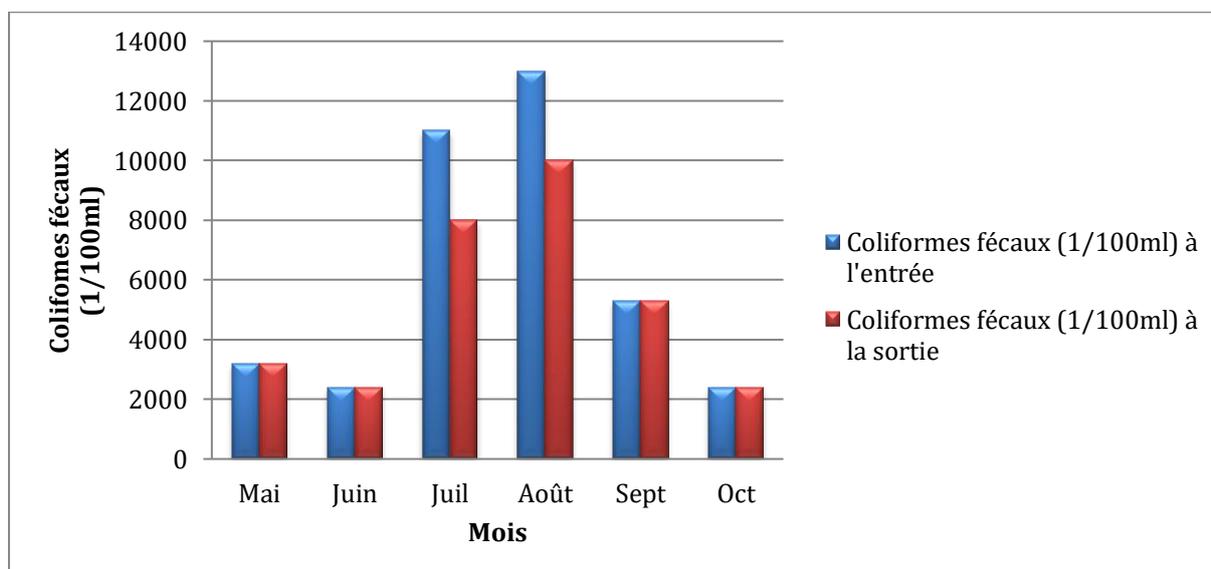
- Les vibrions cholériques et les salmonelles :

**Tableau III.1.** Les résultats des analyses des salmonelles et des vibrions cholériques

[34].

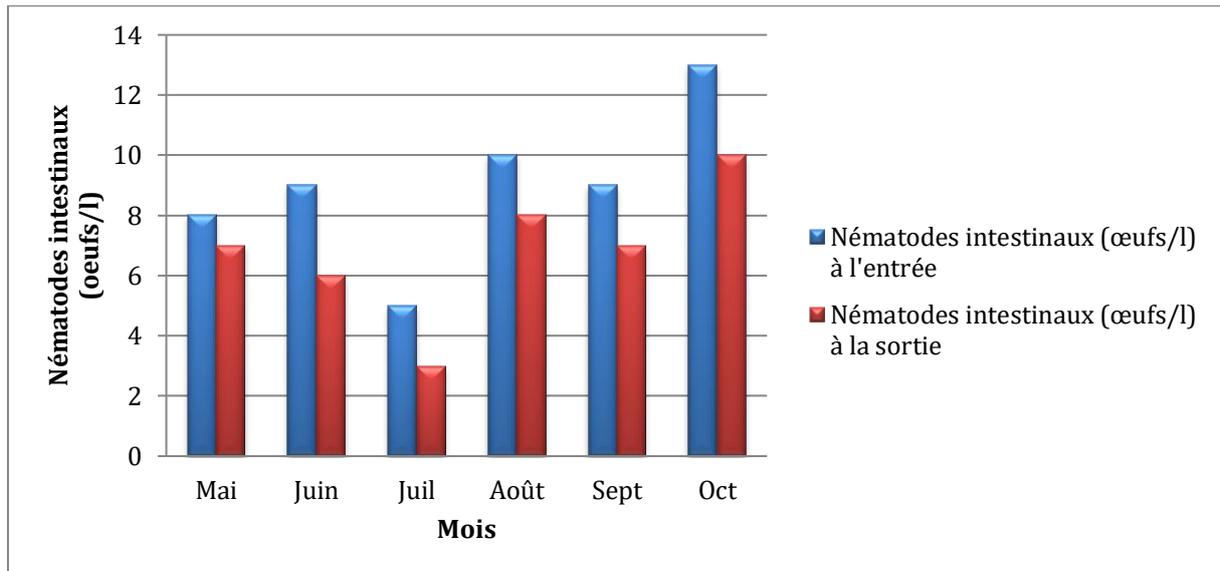
| Le paramètre         | Mai     | Juin | Juil | Août | Sept | Oct |
|----------------------|---------|------|------|------|------|-----|
| Salmonelle           | Absence |      |      |      |      |     |
| Vibrions Cholériques | Absence |      |      |      |      |     |

- Les coliformes fécaux :



**Figure III.3.** Les résultats des analyses des coliformes fécaux [34].

- Les nématodes intestinaux :



**Figure III.4.** Les résultats des analyses des nématodes intestinaux [34].

Nous justifions la médiocrité du rendement microbiologique par dire que le bassin de désinfection (**Figure II.25**) de la STEP d'Ain Témouchent ne fonctionne pas actuellement, ce qui est plus important dans ce type d'analyse est l'absence des paramètres qui contaminent l'eau et qui causent des maladies épidémiques à transmission hydrique tel que les salmonelles et les vibrions cholériques, les autres paramètres (coliformes fécaux, colibacilles, streptocoques, nématodes) s'éliminent naturellement soit par les rayons solaires ultraviolets ou bien par infiltration dans les couches de sol (voir, **Annexe 02**).

### III.2.2.2. La comparaison des résultats avec les normes algériennes d'irrigation

Après avoir interprété et évalué la qualité microbiologique des eaux usées brutes et épurées de la STEP, nous comparons la qualité à la sortie avec les normes algériennes d'irrigation mentionnées dans le (**Tableau I.1**), nous déduisons que les eaux usées épurées à partir de la STEP peuvent être réutilisées dans l'irrigation mais à des conditions, ces conditions sont :

- L'exigence du mode d'irrigation à utiliser qui limite le mouillage des fruits et des légumes, on appelle cette technique irrigation localisée, ce mode est détaillé dans le chapitre 01 (**I.7.2**).

- Les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.
- La précision des groupes des cultures autorisés à irriguer, ces groupes sont mentionnés dans le tableau suivant (**Tableau III.2**).

**Tableau III.2.** Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées [33].

| Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées | Liste des cultures   |
|--|--|
| Arbres fruitiers   | Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix olive. |
| Agrumes  | Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.  |
| Cultures fourragères   | Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.   |
| Culture industrielles  | Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.                                 |
| Cultures céréalières   | Blé, orge, triticales et avoine.   |
| Cultures de production de semences                                     | Pomme de terre, haricot et petit pois.   |
| Arbustes fourragers  | Acacia et atriplex.  |
| Plantes florales à sécher ou à usage industriel                        | Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.   |

### III.3. Quelques statistiques sur la réutilisation des eaux usées épurées à partir de la STEP dans le domaine agricole

#### III.3.1. L'autorisation de la réutilisation des eaux usées épurées en irrigation

La direction des ressources en eau de la wilaya d'Ain Témouchent a autorisée récemment (l'année 2017) aux agriculteurs de réutiliser les eaux usées épurées à des fins agricole pour plusieurs raisons :

- La lutte contre l'irrigation agricole avec les eaux usées.
- Le bon rendement et la bonne qualité des eaux de la STEP d'Ain Témouchent.
- La préservation des autres ressources en eau et les destiner aux usages potables.

Le tableau suivant présente une fiche de renseignement sur les autorisations de l'irrigation à partir de la STEP d'Ain Témouchent, ce tableau comprend les lieux de situation des terrains agricoles, leurs surfaces, les cultures autorisées à irriguer et les dates d'autorisation.

**Tableau III.3.** Fiche de renseignement sur les autorisations de l'irrigation à partir de la STEP d'Ain Témouchent [21].

| Commune          | Culture à irriguer  | Date       | Superficie a irriguée |
|------------------|---|------------|-----------------------|
| Sidi Ben Adda    | Arbres fruitières, blé dur                                | 08/04/2017 | 15 ha                 |
| Chaabat El Leham | Arbres fruitières, blé dur et tendre                      | 18/06/2017 | 15 ha                 |
| Chaabat El Leham | Arbres fruitières, blé dur et tendre                      | 10/08/2017 | 14 ha                 |
| Chaabat El Leham | Oliviers, semences pomme de terre                         | 13/08/2017 | 13 ha                 |
| Chaabat El Leham | Oliviers, les vignobles, semences pomme de terre          | 13/08/2017 | 22 ha                 |
| Chaabat El Leham | Arbres fruitières, les vignobles, semences pomme de terre | 13/08/2017 | 17 ha                 |
| Chaabat El Leham | Arbres fruitières, blé dur et tendre                      | 19/10/2017 | 13 ha                 |
| Chaabat El Leham | Arbres fruitières, blé dur et tendre, pomme de terre      | 19/10/2017 | 13 ha                 |
| Chaabat El Leham | Arbres fruitières, blé dur et tendre                      | 10/12/2017 | 13 ha                 |
| TOTAL            |   |            | 135 ha                |

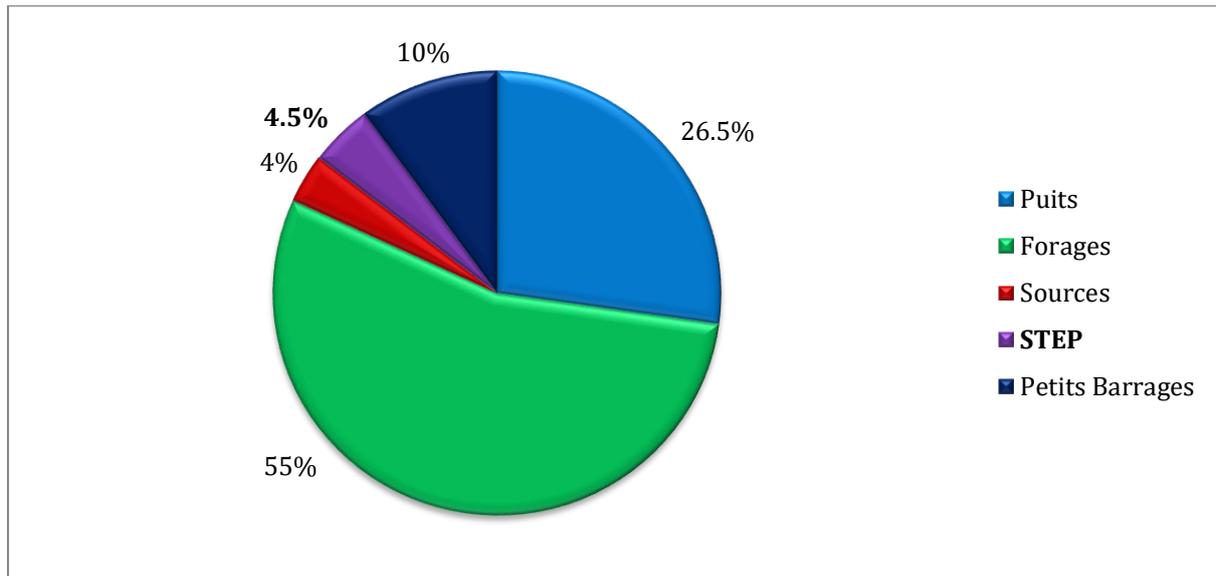
**III.3.2. Le recensement des sources de l'eau destinées à l'agriculture**

Le (Tableau III.4) et les (Figure III.5 et Figure III.6) suivantes nous présente le recensement actuel des sources de l'eau destinées à l'agriculture.

**Tableau III.4.** Le recensement actuel et futur de sources de l'eau destinées à l'agriculture [22].

| Type de Sources        | Nombre | Surface irriguée (Ha) | Q (l/s) soutire | Volume mobilisé (m <sup>3</sup> ) |
|------------------------|--------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Puits                  | 73     | 810                   | 1245            |                                   |
| Forages                | 168    | 1625                  | 1136            |                                   |
| Sources                | 01     | 106                   | 18              |                                   |
| STEP <sub>Actuel</sub> | 01     | 135                   | 21.4            |                                   |
| STEP <sub>Futur</sub>  | 01     | 800                   | 126.8           |                                   |
| Petits Barrages        | 01     | 300                   |                 | 2100000                           |

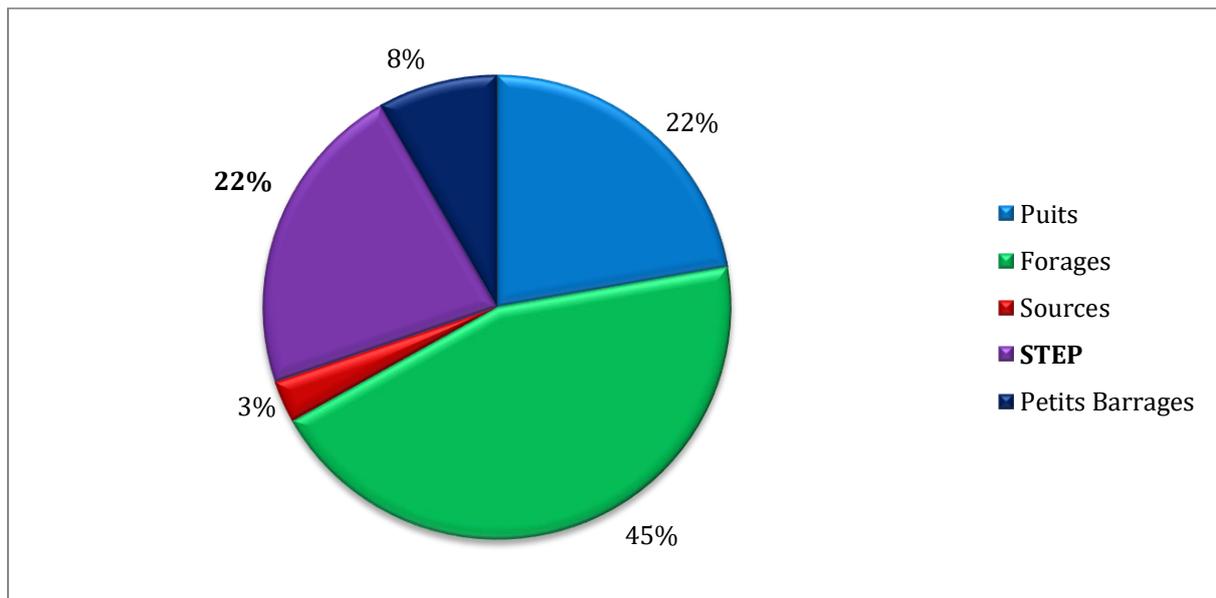
### III.3.2.1. Le recensement actuel



**Figure III.5.** Le recensement actuel de sources de l'eau destinées à l'agriculture.

Pour un début les eaux usées épurées à partir de la STEP d'Ain Témouchent irriguent un pourcentage très important égal à 4.5% de la surface agricole totale de la zone de situation de la STEP (Ain Témouchent – Chaabat El Leham – Sidi Ben Adda), ce pourcentage correspond à 135 Ha.

### III.3.2.2. Le recensement futur



**Figure III.6.** Le recensement futur de sources de l'eau destinées à l'agriculture.

La STEP d'Ain Témouchent est sensée irriguer 800 Ha de la superficie agricole totale de sa zone de situation comme c'est mentionné dans sa fiche technique, ce chiffre correspond à 22% ce qui prouve la grande importance de la STEP d'Ain Témouchent comme source d'eau non conventionnelle destinée à l'irrigation.

#### **III.4. Le dimensionnement du réseau d'irrigation afin d'alimenter une parcelle agricole en eau d'irrigation à partir des eaux de la STEP**

Après avoir étudié la possibilité de la réutilisation des eaux usées épurées à partir de la STEP en comparant les qualités physicochimique et microbiologique des eaux à la sortie avec les normes algériennes d'irrigation agricole, nous avons réalisé un dimensionnement du réseau d'irrigation localisée.

Le dimensionnement d'une parcelle dépend impérativement de trois principales études sont les suivantes :

- Une étude climatique déjà réalisée dans la partie 01, chapitre 02 où nous devons baser sur les (**Figure II.11, Figure II.14, Figure II.15, Tableau II.6 et Figure II.16**) afin de déterminer les besoins en eau et la nécessité en irrigation.
- Une étude pédologique qui sert à déterminer le type du sol et ses caractéristiques les plus essentiels pour calculer les doses en eau.
- Une étude technico-hydraulique qui sert à déterminer les dimensions du réseau ainsi que les caractéristiques physiques et mécaniques tel que les pertes de charge, la vitesse d'écoulement.

##### **III.4.1. Identification du périmètre choisi**

La parcelle que nous avons choisie (**Figure III.7**) est située dans le voisinage de la STEP d'Ain Témouchent (côté aval) s'étend sur une superficie de 2.6 Ha, s'alimente en eau d'irrigation à partir d'Oued Senane (filère Oued Slouguiya) qui est situé dans l'exutoire de la STEP, cette parcelle est exploitée actuellement en oléiculture.

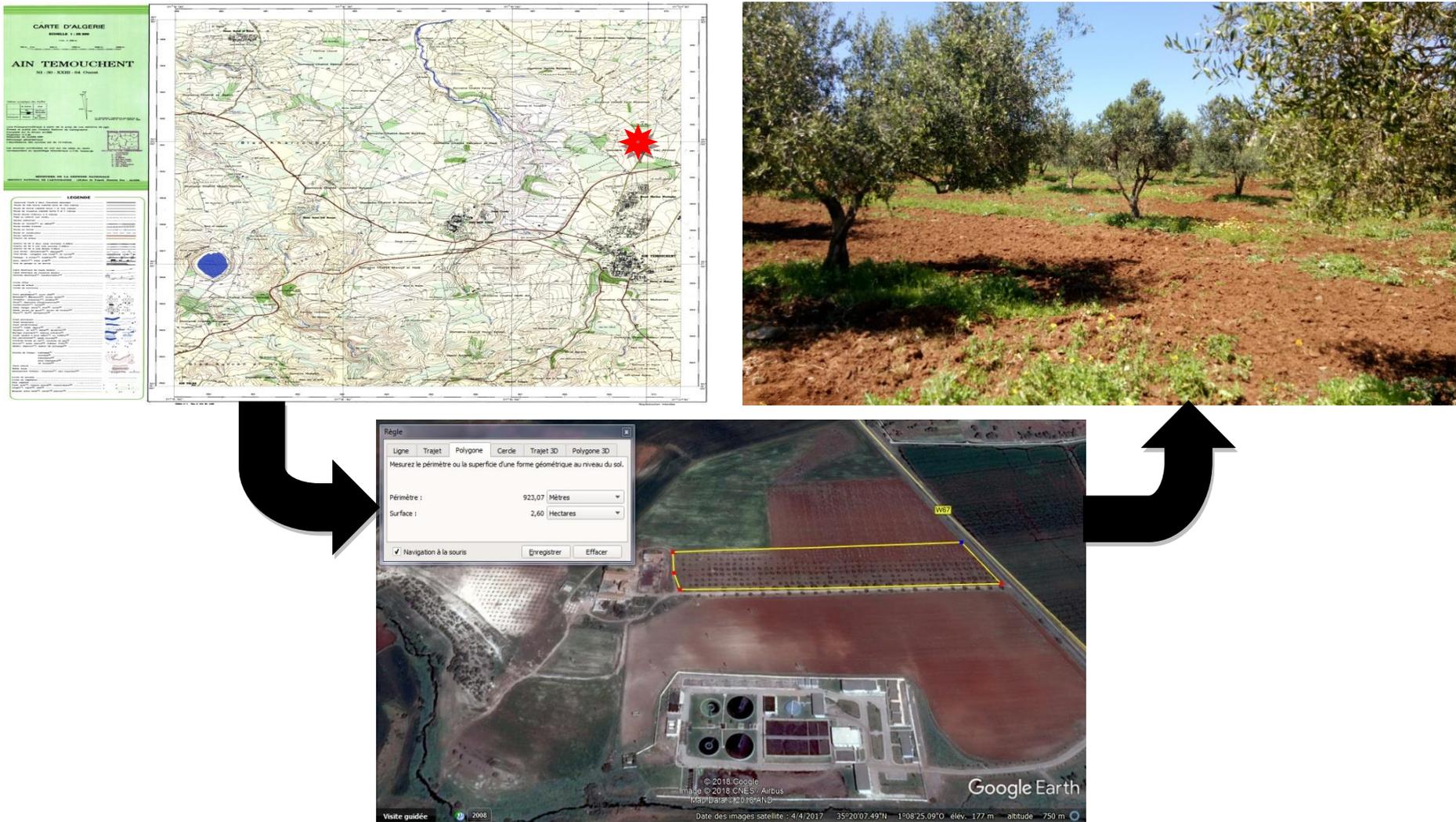


Figure III.7. La parcelle choisie sur la carte administrative, sur l'imagerie satellitaire de Google Earth et sur image réelle.

### **III.4.2. Etude pédologique**

Cette partie a été réalisée dans le laboratoire du centre universitaire, institut de la technologie, département génie civil.

Les essais réalisés sont les suivants :

- Essai granulométrique.
- Essai du bleu de méthylène.
- Essai d'Atterberg.
- Essai de la densité.
- Essai de pourcentage de la matière organique.

#### **III.4.2.1. Matériels et méthodes**

##### **a. Essai granulométrique**

###### **a.1. Le Tamisage**

###### **But de l'essai Analyse granulométrique :**

Cet essai "analyse granulométrique" nous permet d'identifier des sols, les classer et même également les nommer.

###### **Domaine d'application :**

Classification des sols, étude des matériaux de construction.

###### **Appareillage spécial pour l'analyse granulométrique :**

- balance et différents poids.
- tamis en mm (20-16-12,5-10-8-6,3-5,4-3,5-1-0,2-0,08).
- vibreur de tamis.

###### **Durée de l'essai :**

Après le prélèvement : 03 jours

###### **Mode opératoire :**

- On place l'échantillon à étudier à l'étuve à 105°C pendant 24h (au moins 3kg).
- Prélever 2kg de matériau.
- Imbiber cette quantité dans l'eau pendant 24h.
- On le repasse à l'étuve pendant 24h après avoir lavé le matériau pour éliminer les fines.
- On sort le matériau que l'on verse sur les tamis disposés comme dans l'appareillage et on secoue à la main ou au vibreur de tamis, il y aura un passage selon le diamètre des tamis.

- On enlève chaque tamis et on pèse le refus, au fur et à mesure en faisant un cumul sur le tamis suivant.



**Figure III.8.** Les tamis utilisés

## **a.2. La sédimentation**

### **Domaine d'application et but :**

L'analyse granulométrique d'un sol par la méthode de sédimentation a pour objet de déterminer la distribution pondérale de la taille des particules d'un sol fin.

Cet essai s'applique sur les particules passant au travers d'un tamis maille carré de 0.080 mm, cependant les particules d'une taille inférieure à 0.001 mm ne peuvent être différenciées, par cet essai.

### **Principe :**

L'essai utilise le fait que dans un milieu liquide au repos, la vitesse de décantation des grains fins à très fins est fonction de leurs dimensions. La loi de Stokes donne, dans le cas des grains sphériques de même masse volumique, la relation entre le diamètre et leur vitesse de sédimentation. Par convention, cette loi est appliquée aux éléments d'un sol pour déterminer des diamètres équivalent des particules.

### **Méthode :**

Les particules inférieures à 0.080 mm séparées du sol sont mises en suspension dans de l'eau additionnée de défloculant. Les particules sédimentent à différentes vitesses selon leurs tailles. Au moyen d'un densimètre dans le temps est mesurée l'évolution dans le

temps de la masse volumique de la solution et la profondeur d'immersion de l'appareil. La distribution pondérale est calculée à partir de ces données.

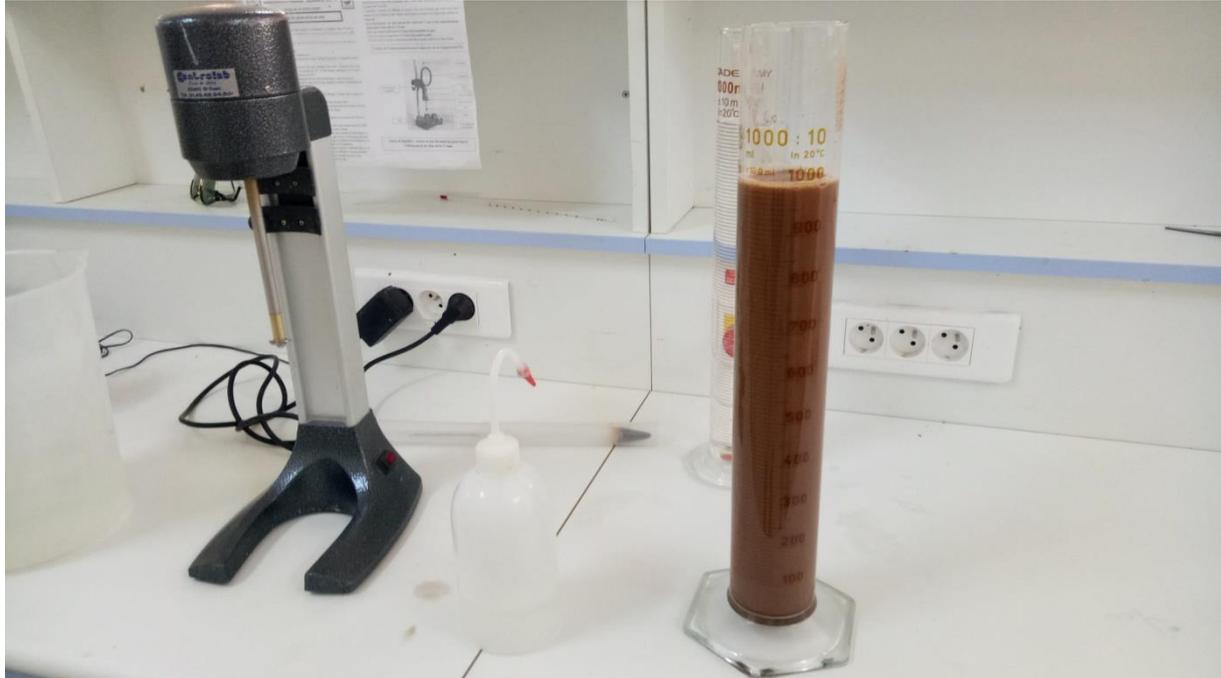


Figure III.9. L'éprouvette à essais.

## b. Essai du bleu de méthylène

### L'essai en bref :

L'essai au bleu de méthylène dit A LA TACHE permet la détermination de l'activité et de la quantité de la fraction argileuse d'un échantillon.

Le dosage s'effectue en ajoutant successivement des quantités de solution de "bleu" et en contrôlant l'adsorption au fur et à mesure. Une goutte de suspension est prélevée et est déposée sur un filtre. L'essai consiste à déterminer l'adsorption maximale obtenue lorsque la tâche est entourée d'une auréole bleu-clair persistante.

### Description

L'appareillage spécifique comprend :

- Un statif rigide supportant un agitateur électrique à arbre creux pour palette suspendue dia 70mm.
- Vitesse de 3 à 1600tr/min (alimentation 220V-50Hz).
- Un distributeur permettant d'injecter une dose de 2,5 et 10cm<sup>3</sup> de solution de bleu et garantissant une incertitude absolue mieux que 1cm<sup>3</sup> sur la quantité totale injectée.

- Variante : burette graduée de 50 / 0.1cm<sup>3</sup> avec à son extrémité inférieure un robinet d'arrêt.
- Un cristalliseur de 3000cm<sup>3</sup> en verre ou plastique (option).
- Une baguette d'agitation en verre dia. 8mm.
- Du papier filtre sans cendres (mieux que 0.01%), surface spécifique de 94g/m<sup>2</sup>, épaisseur de 0.2mm, vitesse de filtration de 75sec, diamètre de rétention de 8 microns.
- Un flacon réservoir en verre ambré de 1l pour la conservation de la solution de bleu.
- Un flacon de 100g de bleu de méthylène selon NF P18-592.



Figure III.10. L'appareil d'essai et le teste sur papier filtre.

### c. Essai d'Atterberg

#### But de l'essai

Identification et classification des sols

#### Domaine d'application

Travaux de terrassement – de compactage

#### Appareillage

- Appareil de CASAGRANDE
- Balance de 5kg (précision 1g)
- Etuve ventilé
- Planche à roulets

- Capsules en verre
- Spatules
- Mortier et pilon en porcelaine

**Durée de l'essai :**

03 jours

**Mode opératoire**

**N.B :** Cet essai est réalisé sur la partie granulométrique appelée mortier inférieur à 0,4mm.

- On malaxe rigoureusement la totalité de l'échantillon afin de bien homogénéiser.
- On remplit la coupelle au tiers.
- On trace le milieu de l'échantillon à l'aide d'un outil à rainurer et l'essai comme immédiatement.
- La coupelle fixée à l'appareil est soumise à une série de chocs réguliers jusqu'à ce que les deux lèvres se ferment (le nombre de coups de fermeture doit être compris entre 15 et 35).
- Pour confirmer le nombre de chocs, il faut recommencer immédiatement l'essai, si les deux essais successif ne diffèrent pas plus d'un choc, on prélève à l'aide d'une spatule deux échantillon de chaque côté des lèvres et on détermine la teneur en eau.



**Figure III.11.** L'étalant.

#### **d. Essai de la densité**

##### **Principe pour la densité d'un liquide**

Le flacon utilisé s'appelle un pycnomètre. Il est constitué d'un petit ballon (d'environ 50 cm<sup>3</sup>) sur lequel vient s'adapter un bouchon rôdé creux surmonté d'un tube capillaire et d'une ampoule de garde.

Sur une balance adaptée, on réalise les trois pesées suivantes :

Pycnomètre rempli de liquide jusqu'au trait de jauge.

Pycnomètre rempli d'eau jusqu'au trait de jauge.

Pycnomètre vide et sec.



**Figure III.12.** Le pycnomètre.

#### **e. La teneur pondérale en matières organiques d'un sol**

Cet essai (réalisé à l'aide des techniciens du laboratoire) détermine la teneur massique en matières organiques d'un sol, par méthode chimique. Elle s'applique à tout échantillon de sol naturel intact ou remanié, à l'exclusion des granulats.

##### **Principe :**

L'essai consiste à déterminer, par un procédé chimique, la teneur en carbone d'un échantillon de sol.

**Méthode :**

Une prise d'essai de masse connue d'un échantillon de sol est mélangée à une solution de dichromate de potassium additionnée d'acide sulfurique. Les matières organiques se trouvant dans la prise d'essai sont oxydées par la solution. Le dichromate de potassium restant après la phase d'oxydation est dosé par une solution de sulfate double d'ammonium et de fer. L'addition d'acide orthophosphorique peut atténuer la coloration du fer ferrique formée avec certains corps chimiques contenus dans le sol. Elle n'évite pas les interférences en cours d'oxydation.



**Figure III.13.** L'étuve utilisée.

**III.4.2.2. Résultats et discussions****a. Essai granulométrique****a.1. Le Tamisage**

**Tableau III.5.** Les résultats de l'essai du tamisage.

| Ouvertures des tamis (mm) | Refus partiel (g) | Tamis cumulé (g) | Tamis cumulé (%) |
|---------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| 4                         | 5                 | 1995             | 99.75            |
| 2                         | 25.6              | 1969.4           | 98.47            |
| 1                         | 27.2              | 1942.2           | 97.11            |
| 0.5                       | 34.9              | 1907.3           | 95.36            |
| 0.25                      | 360.4             | 1546.9           | 77.36            |
| 0.125                     | 286               | 1260.7           | 63.03            |
| Fond                      | 60.6              | 1200.1           | 60               |

## a.2. La sédimentation

Tableau III.6. Les résultats de l'essai de sédimentation.

| t (min) | Rt (kg/l) | Ht (cm) | P (%) | D (µm) |
|---------|-----------|---------|-------|--------|
| 0.5     | 1.014     | 17.89   | 56.6  | 76     |
| 1       | 1.0135    | 18.04   | 54.1  | 56     |
| 2       | 1.013     | 18.20   | 52.2  | 40     |
| 3       | 1.012     | 17.10   | 48.2  | 32     |
| 5       | 1.0115    | 17.26   | 46.1  | 25     |
| 10      | 1.011     | 17.41   | 44.2  | 7.2    |
| 60      | 1.0085    | 18.18   | 34.1  | 5      |
| 120     | 1.008     | 18.34   | 32.1  | 2      |
| 240     | 1.0075    | 18.49   | 30.1  | 0.3    |
| 1440    | 1.005     | 19.26   | 10    | 0.1    |

$$P = \left( 100 \times \frac{V_s}{m} \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_w} \rho_w \right) (R_t - 1)$$

P : le pourcentage des particules en suspension.

V<sub>s</sub> : le volume de la suspension (1litre).

m : la masse de la prise d'essai (40g).

ρ<sub>s</sub> : la masse volumique des grains solide (2650kg/m<sup>3</sup>).

ρ<sub>w</sub> : la masse volumique d l'eau.

R<sub>t</sub> : la lecture de l'éprouvette en temps t.

$$D = F \sqrt{\frac{H_t}{t}}$$

D : le diamètre des particules

F : un facteur donné (à 22°C → F = 0.132).

H<sub>t</sub> : la profondeur effective du centre de poussée de densimètre.

$$H_t = 22.2 - 100 \times 3.8(R_t - R_b) - H_c$$

R<sub>b</sub> : la lecture de l'éprouvette témoin (1kg/l).

H<sub>c</sub> : le déplacement de la suspension (égale à 0 pour les 3 premières lectures et à 1.4cm pour les autres).

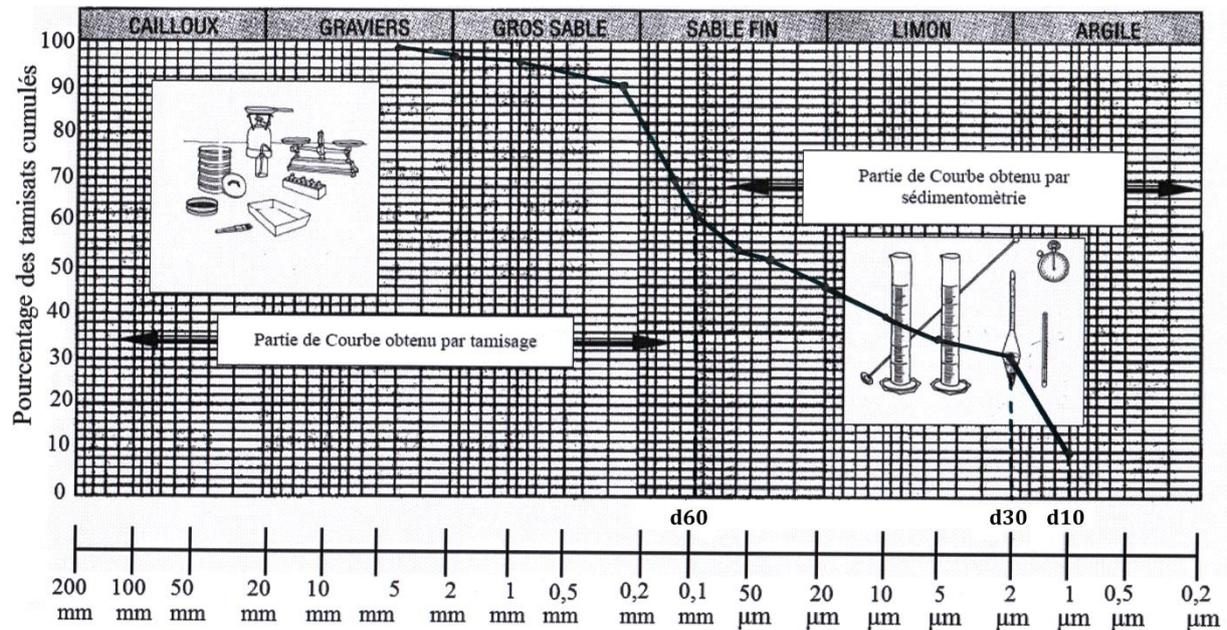


Figure III.14. La courbe granulométrique.

$$Cu = \frac{d60}{d10}$$

Cu : le coefficient d'uniformité.

d60 : le tamis correspondant à 60% du passant cumulé sur la courbe granulométrique.

d10 : le tamis correspondant à 10% du passant cumulé sur la courbe granulométrique.

$$Cu = \frac{d60}{d10} = \frac{87\mu m}{1\mu m}$$

$Cu \gg 6 \rightarrow$  La granulométrie est dite étalée.

$$Cc = \frac{d30^2}{d10 \times d60}$$

Cc : le facteur de courbure

d30 : le tamis correspondant à 30% du passant cumulé sur la courbe granulométrique.

$$Cc = \frac{d30^2}{d10 \times d60} = \frac{(2\mu m)^2}{100\mu m \times 1\mu m}$$

$Cc \ll 1 \rightarrow$  Le sol est mal gradué.

### b. Essai du bleu de méthylène

$$VBS = \frac{V}{m}$$

VBS : la valeur du bleu du sol.

V : le volume du bleu en  $cm^3$ .

m : la prise d'essai.

$$VBS = \frac{18 \times 5}{30} = \frac{90}{18} = 5$$

**Tableau III.7.** Le type de sol en fonction de la valeur « VBS ».

| VBS       | Type de sol             |
|-----------|-------------------------|
| < 0.2     | Sol sableux             |
| 0.2 - 2.5 | Sol limoneux            |
| 2.5 - 6   | Sol argileux - limoneux |
| 6 - 8     | Sol argileux            |
| > 8       | Sol très argileux       |

VBS ∈ [2.5 - 6] → Le sol est argileux - limoneux

### c. Essai d'Atterberg

$$W_L = W_N \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

$$W_N = \frac{(mh - ms)}{mh} \times 100$$

$W_L$  : la limite de liquidité.

N : le nombre de coups.

$W_N$  : la teneur en eau correspondant a N.

mh : la masse du sol humide.

ms : la masse du sol sec.

$$IP = 0.73 (W_L - 20)$$

IP : l'indice de plasticité pour N=25 coups.

**Tableau III.8.** La limite de liquidité a la coupelle de CASAGRANDE.

| Mesure n°           | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Masse tare (g)      | 22.25 | 22.57 | 22.30 | 22.66 | 22.07 |
| Masse tare + mh (g) | 33.09 | 31.78 | 33.27 | 34.13 | 32.83 |
| Masse tare + ms (g) | 30.28 | 29.46 | 28.78 | 31.25 | 30.26 |
| mh (g)              | 10.84 | 9.21  | 10.97 | 11.47 | 10.76 |
| ms (g)              | 8.03  | 6.89  | 6.48  | 8.59  | 8.19  |
| $W_N$               | 34.86 | 33.67 | 29.67 | 33.53 | 31.38 |
| N                   | 10    | 18    | 22    | 25    | 37    |
| $W_L$               | 31.2  | 32.35 | 29.70 | 33.01 | 32.90 |

$$IP = 0.73 \times (W_L - 20) = 0.73 \times (33.01 - 20)$$

IP = 9.4973 ≈ 9.5 → Sol argileux-limoneux peu plastique.

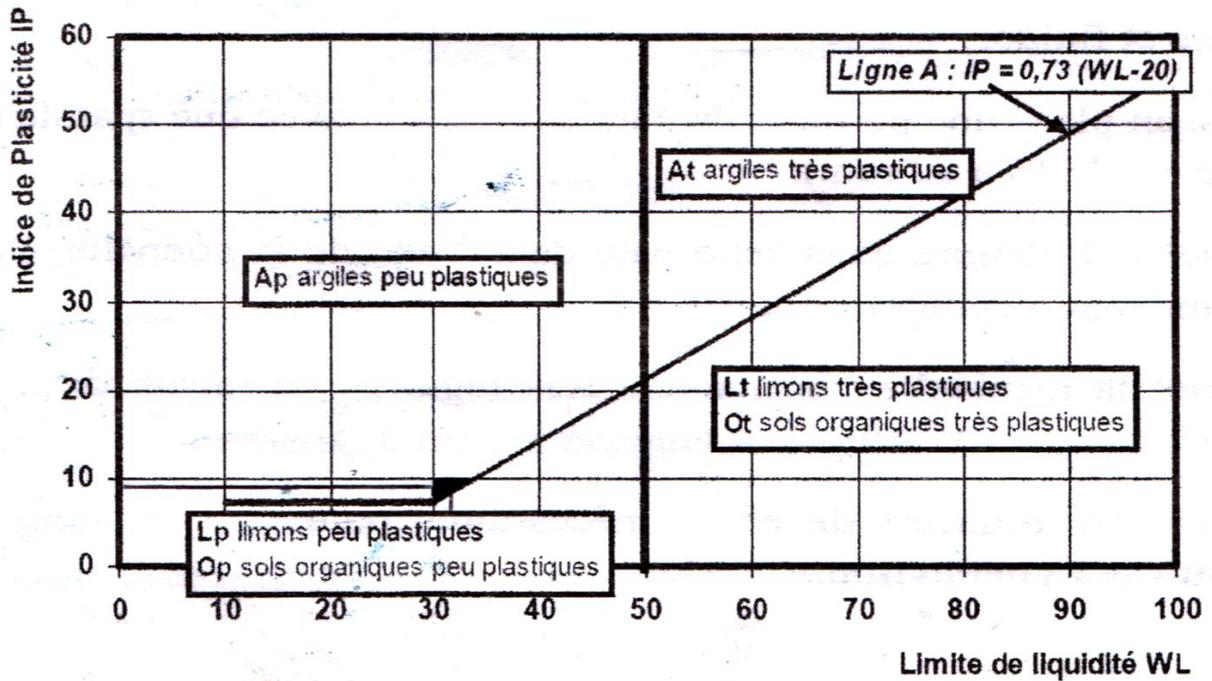


Figure III.15. L'indice de plasticité.

**d. Essai de la densité**

$$Ds = \frac{ms}{Vs} = \frac{m_2 - m_1}{m_4 + m_2 - m_1 - m_3}$$

$m_1$  : le pycnomètre (la fiole) vide.

$m_2$  : le pycnomètre (la fiole) vide+ sol.

$m_3$  : le pycnomètre (la fiole) vide + le sol + l'eau distillée.

$m_4$  : le pycnomètre (la fiole) vide + l'eau distillée.

$$Ds = \frac{296.35 - 281.23}{1273.51 + 296.35 - 281.23 - 1282.55} = 2.1$$

**Tableau III.9.** Le classement granulométrique des sols selon leurs densités apparentes.

| Type de sol             | Densité apparente au sol |
|-------------------------|--------------------------|
| Sol argileux            | 2.027 ± 0.8              |
| Sol limoneux - argileux | 1.833 ± 0.6              |
| Sol limoneux            | 1.628 ± 0.3              |
| Sol sableux             | 1.284 ± 0.3              |
| Sol sableux modèle      | 1.057 ± 0.2              |

$$Ds = 2.1 \rightarrow \begin{cases} \text{Sol argileux} \\ \text{Sol limoneux - argileux} \end{cases}$$

**e. La teneur pondérale en matières organiques d'un sol**

$$C_{\text{MOC}} = \frac{1}{n} \sum (m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)$$

$m_0$  : le creuset vide

$m_1$  : le creuset + le sol humide

$m_2$  : le creuset + le sol sec

$$\text{Creuset 01 : } \begin{cases} m_1 = 149.60\text{g} \\ m_0 = 99.48\text{g} \\ m_2 = 146.29\text{g} \end{cases}$$

$$\text{Creuset 01 : } \begin{cases} m_1 = 153.97\text{g} \\ m_0 = 102.41\text{g} \\ m_2 = 158.87\text{g} \end{cases}$$

$$C_{\text{MOC}} = \frac{1}{2} \left( \frac{149.60 - 99.48}{149.60 - 146.29} + \frac{153.97 - 102.41}{153.97 - 158.87} \right)$$

$$C_{\text{MOC}} = 0.063 \approx 6.3\%$$

**La classification finale du sol**

$$\text{CSE} = (\text{Hcc} - \text{Hpf}) \times \text{Da} \times \text{Ep} \times (1 - \text{Tc})$$

CSE : la capacité de stockage de l'eau par le sol (en % ou mm).

Hcc : l'humidité pondérale à la capacité au champ Hcc = 17g/100g.

Hpf : l'humidité pondérale au point de flétrissement Hpf = 6.8g/100g.

Da : la densité apparente du sol Da = 2.1g/cm<sup>3</sup>.

Ep : l'épaisseur de la couche de sol considéré Ep = 0.24dm.

Tc : la teneur en cailloux ou volume des éléments grossiers Hcc = 62% [22].

$$\text{CSE} = (17 - 6.8) \times 10^{-2} \times 2.1 \times 10^{-3} \times 0.24 \times 10^{-1} \times (100 - 62) \times 10^{-2}$$

$$\text{CSE} = 1.95 \times 10^{-3} \text{mm} = 1.95 \mu\text{m} < 2 \mu\text{m} \rightarrow \text{Le sol est une argile limoneuse.}$$

Après l'application de l'équation de CSE sur les résultats des expériences réalisées nous déduisons que le sol qu'on étudie est une argile limoneuse, mal graduée, peu plastique, très dense, étalée et riche en matière organique.

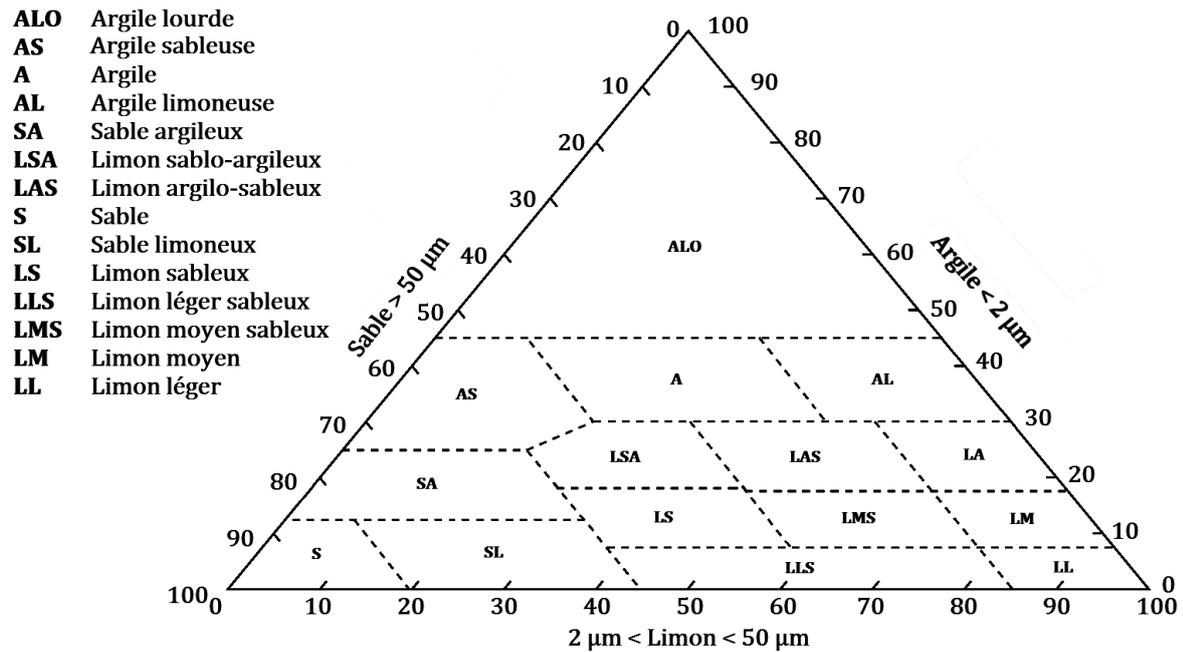


Figure III.16. Le triangle textural [35].

### III.4.3. Etude technico-hydraulique

Dans cette partie nous allons travailler sur la détermination des besoins, des doses en eau et finalement des dimensions du réseau (voir I.7.2.2, I.7.2.4), et nous avons basé sur des équations hydro-agricoles, sur des équations de mécanique des fluides et sur l'exploitation de l'imagerie satellitaire de Google Earth.

Quelques données :

- Le rendement d'irrigation  $\eta = 75\% = 0.75$ .
- Le coefficient d'uniformité (lié au goutteurs)  $C_u = 87\% = 0.87$ .
- Le coefficient de couverture de sol  $C_s = 60\% = 0.6$ .
- Le débit nominal  $Q = 4\text{l/h}$  [22].

#### III.4.3.1. Les besoins en eau

- Le coefficient cultural ( $K_c$ ) d'olivier :

La formule de Keller et Karmeli :

$$K_c = \frac{C_s}{0.85} = \frac{0.6}{0.85} = 0.7 = 70\%$$

La formule de Decroix :

$$K_c = 0.1 + C_s = 0.7 = 70\%$$

Donc :  $K_{c_{\text{moy}}} = 70\%$

- Le besoin journalier de pointe :

L'évapotranspiration journalière :  $ET = EV \times K_{C_{moy}}$

$EV_j = EV/30$ , (voir **Figure II.11**)

$ET_j = ET/30$

**Tableau III.10.** L'évapotranspiration moyenne mensuelle et journalière.

| Mois      | Jan  | Fev  | Mar  | Avr  | Mai  | Juin | Juil  | Août | Sep  | Oct  | Nov | Déc  |
|-----------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-----|------|
| EV(mm)    | 46   | 56   | 84   | 105  | 123  | 146  | 162   | 146  | 122  | 84   | 60  | 44   |
| EVj(mm/j) | 1.53 | 1.8  | 2.8  | 3.5  | 4.1  | 4.87 | 5.4   | 4.87 | 4.1  | 2.8  | 2   | 1.46 |
| ET(mm)    | 32.2 | 39.2 | 58.8 | 73.5 | 86   | 102  | 113.5 | 102  | 85.4 | 58.8 | 42  | 31   |
| ETj(mm/j) | 1.07 | 1.3  | 1.93 | 2.45 | 2.87 | 3.4  | 3.78  | 3.4  | 2.85 | 1.96 | 1.4 | 1.03 |

Le besoin journalier de pointe pour cette série est celui du mois le plus chaud qui est Août (**Figure II.8**), donc le besoin journalier  $B_j = 3.40$  mm/j

- Le besoin en eau pour l'irrigation localisé :

$B_i = B_j \times K_c$

$B_i = B_j \times (0.1 + C_s) = 3.4 \times (0.1 + 0.6) = 2.38$  mm/j

#### III.4.3.2. Les doses en eau

- La dose nette :

$$D_{nette} = \frac{2}{3} \times Z \times (H_{cc} - H_{pf})$$

$$D_{nette} = \frac{2}{3} \times 1.35 \times (17 - 6.8) = 10.62 \text{ mm}$$

- La dose pratique :

$$D_{pratique} = \frac{D_{nette}}{C_u}$$

$$D_{pratique} = \frac{10.62}{0.87} = 12.2 \text{ mm}$$

- La dose brute :

$$D_{brute} = \frac{D_{pratique}}{\eta}$$

$$D_{brute} = \frac{12.2}{0.75} = 16.27 \text{ mm}$$

- La fréquence d'arrosage :

$$I = \frac{D_{nette}}{B_i}$$

$$I = \frac{16.27}{2.38} = 6.84 \text{ j}$$

- La durée d'arrosage :

$$t = (D_{brute} \times E_g \times E_r) / Q$$

$$t = \frac{16.27 \times 0.5 \times 6}{4} = 12.2 \text{ h}$$

$$t_j = \frac{t}{I} = \frac{12.20}{6.84} = 1.78 \text{ h/j}$$

### III.4.3.3. Le dimensionnement du réseau

#### a. La rampe

- La longueur de la rampe :

$$L_r = 68.7 \text{ m}$$

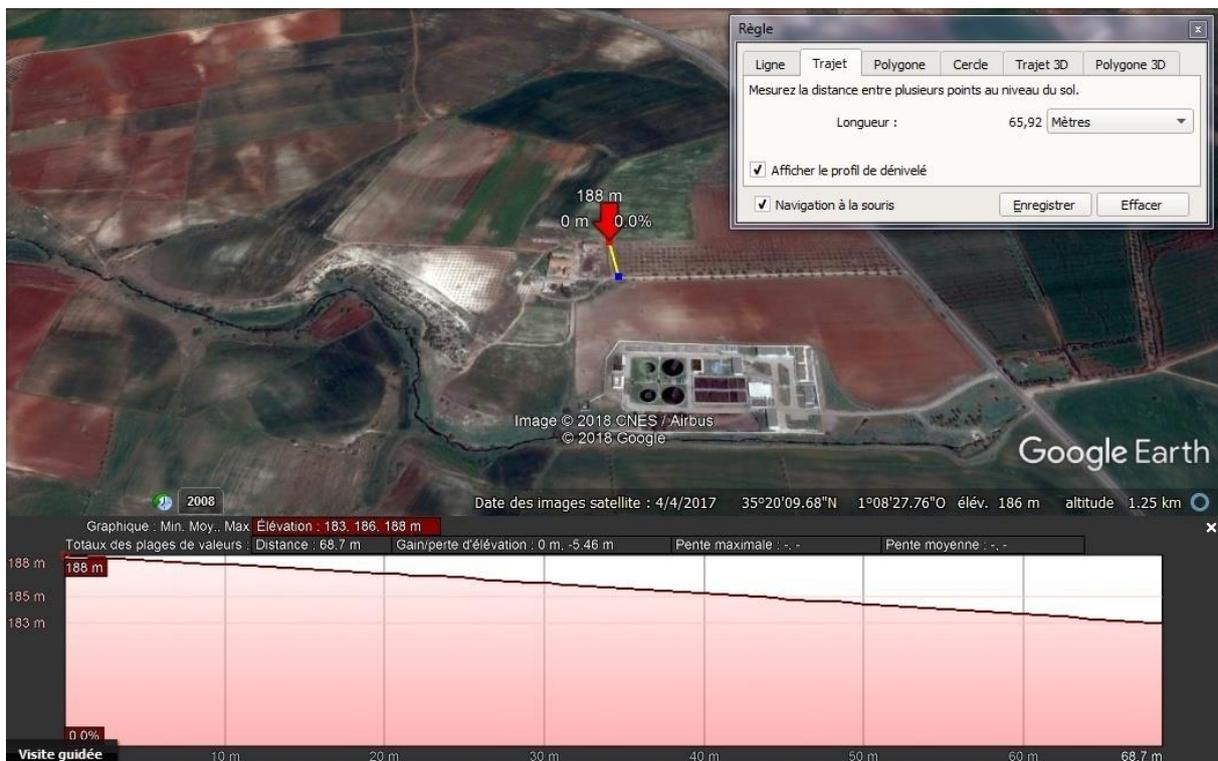


Figure III.17. La rampe sur l'imagerie satellitaire de Google Earth.

- Le nombre des rampes :

$$Nr = \frac{S}{Lr \times El}$$

$$Nr = \frac{2.6 \times 10^4}{68.7 \times 6} \approx 63 \text{ rampes}$$

- Le débit :

$$Qr = Q \times Nr$$

$$Qr = \frac{4 \times 63 \times 10^{-3}}{3600} = 7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Le diamètre : Equation de continuité

Prenant la vitesse 1 m/s

$$\varnothing_r = \sqrt{\frac{4 \times Qr}{\pi \times V}}$$

$$\varnothing_r = \sqrt{\frac{4 \times 7 \times 10^{-5}}{\pi}} = 0.0095 \text{ m} \approx 13 \text{ mm}$$

- La vitesse :

$$Vr = \frac{4 \times Qr}{\pi \times \varnothing_r^2}$$

$$Vr = \frac{4 \times 7 \times 10^{-5}}{\pi \times 0.013^2} = 0.53 \text{ m/s}$$

### **b. La porte rampe**

- La longueur de la porte rampes :

$$Lpr = 381 \text{ m}$$



Figure III.18. La porte rampes sur l'imagerie satellitaire de Google Earth.

- Le débit :

$$Q_{pr} = Q_r \times N_{pr}$$

$$Q_{pr} = Q_r \times 24 \times \frac{I}{t}$$

$$Q_{pr} = 7 \times 10^{-5} \times 24 \times \frac{6.84}{12.2} = 0.94 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Le diamètre : Equation de continuité

Prenant la vitesse 1 m/s

$$\phi_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}}$$

$$\phi_{pr} = \sqrt{\frac{4 \times 0.94 \times 10^{-3}}{\pi}} = 0.035 \text{ m} \approx 40 \text{ mm}$$

- La vitesse :

$$V_{pr} = \frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times \phi_{pr}^2}$$

$$V_{pr} = \frac{4 \times 0.94 \times 10^{-3}}{\pi \times 0.04^2} = 0.75 \text{ m/s}$$

### c. La conduite principale

- La longueur de la conduite principale :

$$L_{cp} = 315 \text{ m}$$

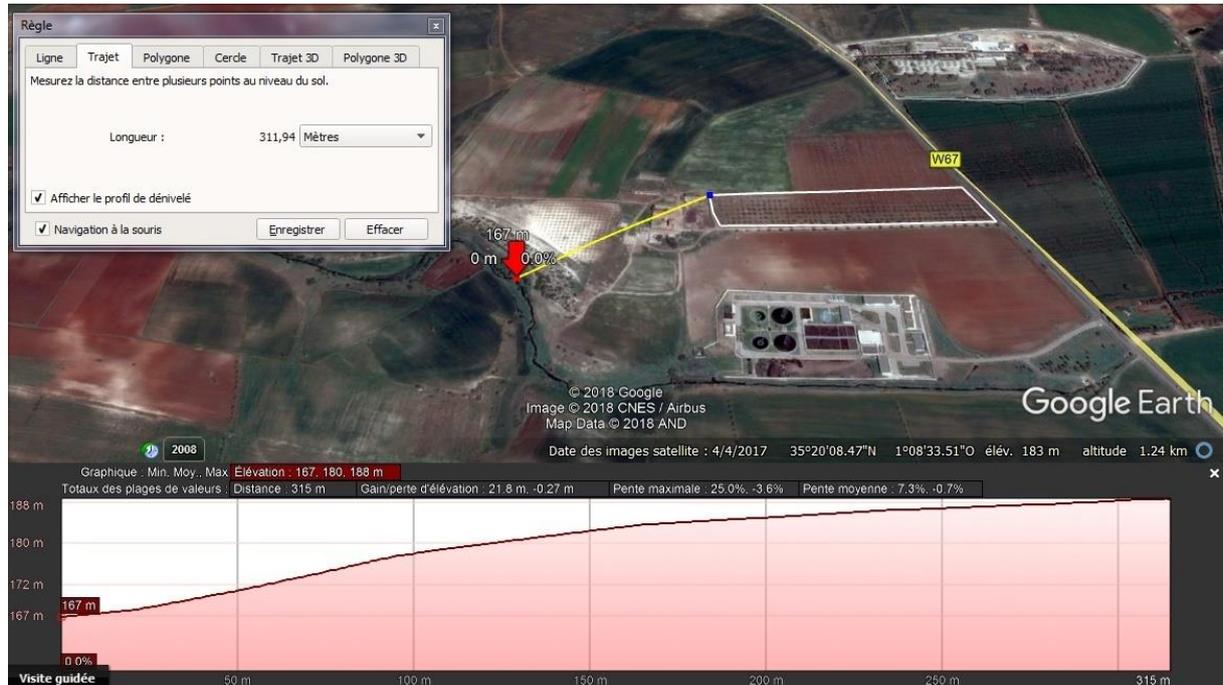


Figure III.19. La conduite principale sur l'imagerie satellitaire de Google Earth.

- Le débit :

$$Q_{cp} = Q \times N_g$$

$$Q_{cp} = Q \times \frac{S}{E_g \times E_r}$$

$$Q_{cp} = \frac{4 \times 10^{-3}}{3600} \times \frac{2.6 \times 10^4}{0.5 \times 6} = 9.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

- Le diamètre : Equation de continuité

Prenant la vitesse 1 m/s

$$\phi_{cp} = \sqrt{\frac{4 \times Q_{pr}}{\pi \times V}}$$

$$\phi_{cp} = \sqrt{\frac{4 \times 9.6 \times 10^{-3}}{\pi}} = 0.110 \text{ m} \approx 110 \text{ mm}$$

- La vitesse :

$$V_{cp} = 1 \text{ m/s}$$

#### d. Les pertes de charge

La formule de calcul des pertes de charge linéaires pour la conduite principale, les rampes et les portes rampes est dite loi de Darcy :

$$J = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

J : la perte de charge par frottement en M de colonne d'eau par mètre de tuyau en m.

D : le diamètre de la conduite en m.

V : la vitesse d'écoulement en m/s.

g : l'accélération de la pesanteur en m/s<sup>2</sup>.

L : la longueur de la conduite en m.

$$Re = \frac{V \times D}{\vartheta}$$

Re : le nombre de Reynolds.

$\vartheta$  : la viscosité cinématique,  $\vartheta = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

$\lambda$  : le coefficient de perte de charge, on le calcule par plusieurs méthodes (Colebrook, Swanee-Jain, Blasius et Haaland ...).

- **Les rampes :**

$$\varnothing_r = 13 \text{ mm} = 0.013 \text{ m}$$

$$Q_r = 7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_r = 68.7 \text{ m}$$

$$V_r = 0.53 \text{ m/s}$$

Le calcul de  $\lambda$  :

On commence par le calcul du nombre de Reynolds pour découvrir le régime d'écoulement :

$$Re = \frac{V_r \times \varnothing_r}{\vartheta}$$

$$Re = \frac{0.53 \times 0.013}{10^{-6}} = 6890 \geq 2400$$

Le régime est turbulent.

On calcule le  $\lambda$  avec l'équation de Blasius :

$$\lambda = 0.3164 \times \text{Re}^{-0.25}$$

$$\lambda = 0.3164 \times 6890^{-0.25} = 0.0347$$

Donc :

$$J_r = 0.0347 \times \frac{68.7}{0.013} \times \frac{0.53^2}{2 \times 9.81} = 2.6 \text{ m}$$

▪ **Les portes rampes :**

$$\varnothing_{pr} = 40 \text{ mm} = 0.04 \text{ m}$$

$$Q_{pr} = 0.94 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{pr} = 381 \text{ m}$$

$$V_{pr} = 0.75 \text{ m/s}$$

Le calcul de  $\lambda$  :

On commence par le calcul du nombre de Reynolds pour découvrir le régime d'écoulement :

$$\text{Re} = \frac{V_{pr} \times \varnothing_{pr}}{\vartheta}$$

$$\text{Re} = \frac{0.75 \times 0.04}{10^{-6}} = 30000 \geq 2400$$

Le régime est turbulent.

On calcul le  $\lambda$  avec l'équation de Haaland :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -1.8 \log\left(\frac{6.9}{\text{Re}} + \left(\frac{\varepsilon}{3.7 \varnothing_{pr}}\right)^{1.11}\right)$$

$\varepsilon$  : le coefficient de rugosité équivalente de la paroi.

( $D \leq 200 \text{ mm}$ ,  $\varepsilon = 0.01 \text{ mm}$ ,  $D > 200 \text{ mm}$ ,  $\varepsilon = 0.02 \text{ mm}$ ).

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -1.8 \log\left(\frac{6.9}{30000} + \left(\frac{0.01 \times 10^{-3}}{3.7 \times 0.04}\right)^{1.11}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{6.47^2} = 0.0239$$

Donc :

$$J_{pr} = 0.0239 \times \frac{381}{0.04} \times \frac{0.74^2}{2 \times 9.81} = 6.35 \text{ m}$$

▪ **La conduite principale :**

$$\varnothing_{cp} = 110 \text{ mm} = 0.11 \text{ m}$$

$$Q_{cp} = 9.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{cp} = 315 \text{ m}$$

$$V_{cp} = 1.0 \text{ m/s}$$

Le calcul de  $\lambda$  :

On commence par le calcul du nombre de Reynolds pour découvrir le régime d'écoulement :

$$Re = \frac{V_{cp} \times \varnothing_{cp}}{\nu}$$

$$Re = \frac{1.0 \times 0.11}{10^{-6}} = 110000 > 2400$$

Le régime est turbulent.

On calcul le  $\lambda$  avec l'équation de Swanee-Jain :

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3.7 \varnothing_{cp}} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$\varepsilon$  : le coefficient de rugosité équivalente de la paroi.

( $D \leq 200 \text{ mm}$ ,  $\varepsilon = 0.01 \text{ mm}$ ,  $D > 200 \text{ mm}$ ,  $\varepsilon = 0.02 \text{ mm}$ ).

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{0.01 \times 10^{-3}}{3.7 \times 0.11} + \frac{5.74}{110000^{0.9}} \right) \right]^2} = 0.018$$

Donc :

$$J_{cp} = 0.018 \times \frac{315}{0.11} \times \frac{1.0^2}{2 \times 9.81} = 2.6 \text{ m}$$

▪ **La perte de charge totale :**

$$\Delta h = \Delta h_L + \Delta h_S$$

$$\Delta h_S \approx 15\% \times \Delta h_L$$

$$\Delta h = \Delta h_L + 0.15 \Delta h_L$$

$$\Delta h_L = J_{cp} + J_{pr} + J_r$$

$$\Delta h_L = 2.6 + 6.35 + 2.6 = 11.55 \text{ m}$$

$$\Delta h = 11.55 + 0.15 \times 11.55 = 13.28 \text{ m} \approx 13.3 \text{ m}$$

### III.4.3.4. Choix de la pompe

D'après la (**Figure III.19**) on remarque que le niveau de la côte du terrain de la parcelle agricole est supérieur au niveau de l'Oued (Oued Slouguiya) qui est la source d'alimentation en eau d'irrigation, la dénivellation est de 21 m. Ce cas donc nécessite un pompage, la pompe adéquate est du type volumétrique immergée.

Dans cette partie nous allons calculer les principales caractéristiques, voir la partie 01, chapitre 01 (**I.7.3.2**).

- Le débit ( $Q_p$ ) :

$$Q_p = 10 \times \frac{B_j \times S}{t_j \times \eta \times 24}$$

$$Q_p = 10 \times \frac{3.4 \times 2.6}{0.75 \times 1.78 \times 24} = 2.76 \text{ m}^3/\text{h}$$

- La hauteur manométrique totale (HMT) :

L'équation de Bernoulli :

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \text{HMT} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta h$$

On prend  $V_1 = V_2$

$$P_1 = P_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} \approx 0 \text{ bar}$$

Besoin en pression pour le système goutte à goutte :  $P_2 = [2 - 3] \text{ bar}$  [39].

On prend  $P_2 = 3 \text{ bar} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$

$$\text{HMT} = \frac{P_2}{\rho g} + (Z_2 - Z_1) + \Delta h$$

$$\text{HMT} = \frac{3 \times 10^5}{9.81 \times 10^3} + (188 - 167) + 13.3$$

$$\text{HMT} = 30.58 + 21 + 13.3 = 64.9 \approx 65 \text{ m}$$

- La puissance de la pompe (P) :

$$P = \frac{Q \times \text{HMT} \times g}{\eta_p}$$

$$P = \frac{0.76 \times 65 \times 9.81}{0.6}$$

$$P = 807.7 \text{ watt} \approx 0.8077 \text{ Kwatt}$$

$$P = \frac{0.8077}{0.736} = 1.1 \text{ Ch}$$

$\eta_p$  : Rendement de la pompe égale à 60%.

$g$  : La gravité du pesanteur.

### III.4.3.5. Tableau récapitulatif

**Tableau III.11.** Tableaux récapitulatifs du dimensionnement.

#### LES BESOINS EN EAU :

| Besoin Journalier | Besoin en eau pour l'irrigation localisée |
|-------------------|---|
| 3.4 mm/j          | 2.38 mm/j                                 |

#### LES DOSES EN EAU :

| La dose nette | La dose pratique | La dose brute | La fréquence d'arrosage | La durée d'arrosage |
|---------------|------------------|---------------|-------------------------|---------------------|
| 10.62 mm      | 12.2 mm          | 16.27 mm      | 6.84 j                  | 1.78 h/j            |

#### LES CALCULS DU RESEAU :

| Les dimensions                     | Les rampes                              | Les portes Rampes                          | La conduite principale                    |
|------------------------------------|---|--|---|
| La longueur                        | 68.7 m                                  | 381 m                                      | 315 m                                     |
| Le débit                           | $7 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ | $0.94 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ | $9.6 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Le diamètre                        | 13 mm                                   | 40 mm                                      | 110 mm                                    |
| La vitesse                         | 0.53 m/s                                | 0.75 m/s                                   | 1 m/s                                     |
| Le coefficient De pertes de charge | 0.0347                                  | 0.0239                                     | 0.018                                     |
| Les pertes de charge linéaire      | 2.6 m                                   | 6.35 m                                     | 2.6 m                                     |
| Les pertes de charge singulière    | 0.39 m                                  | 0.95 m                                     | 0.39 m                                    |

#### LE CHOIX DE LA POMPE :

| Le débit                        | La hauteur manométrique totale | La puissance                                |
|---------------------------------|--------------------------------|---|
| $Q = 2.76 \text{ m}^3/\text{h}$ | HMT = 65 m                     | $P = 0.8077 \text{ Kwatt} = 1.1 \text{ Ch}$ |

### **III.5. Conclusion**

Ce chapitre nous a permis :

- L'évaluation de la qualité des eaux usées brutes et épurées à partir de la station d'épuration d'Ain Témouchent.
- L'interprétation des résultats obtenus en les comparant avec les normes algériennes d'irrigation.
- Le dimensionnement du réseau d'irrigation adopté à la qualité des eaux usées épurées en basant sur l'analyse (calculs hydro-agricoles, calculs de mécanique des fluides, calculs hydro-climatiques) et l'expérimentation (des essais sur le sol afin de déterminer ses caractéristiques et son type).

***Conclusion  
Générale :***

## Conclusion Générale

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique.

En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus réaliste, cette réutilisation n'est pas un nouveau concept.

Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et l'amélioration de niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau.

C'est particulièrement important pour notre pays puisqu'il est la plupart du temps arides ou semi arides. Il bénéficie de faibles précipitations la plupart du temps saisonnières et à distribution irrégulière. Par ailleurs, la qualité de l'eau se détériore fortement.

L'investissement en irrigation est considéré beaucoup plus rentable que si la ressource en eau est disponible à n'importe quel moment, dans le cas de l'usage d'une eau non conventionnelle, surtout épurée, cela peut s'avérer possible en tenant compte de la capacité des stations d'épuration existantes.

Il reste aux agriculteurs de se soumettre à cette nouvelle réalité de l'usage réglementé des eaux non conventionnelles, car ceci peut leur procurer une régularité en matière de disponibilité, à même d'avoir à gérer des stations d'épuration par le biais de la concession et surtout de procéder périodiquement au suivi et aux analyses nécessaires.

L'eau est une ressource limitée, il faut agir pour conserver et préserver ce patrimoine commun irremplaçable.

***Références***  
***Bibliographiques***

## Références bibliographiques

- [1] Dierickx H, Bruxelles, ville verte, ville nature, Racine, 2010.
- [2] Culot M et Gého H, Bruxelles et la senne, archives d'architecture moderne, 1997.
- [3] Tarmoul F, « détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel « cas de lagune de beni-messous », mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de magistère, 2007.
- [4] Beadry J, « chimie des eaux », 1992.
- [5] Rodier J, l'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, 2005.
- [6] Grosclaude G, l'eau : usage et polluant, tome II, 4<sup>ème</sup> édition. Inra, paris, 1999.
- [7] Mansoura M, contribution à l'étude de quelque paramètre physico-chimique et microbiologique des eaux usées dans la station d'épuration wastewater gardens (temacine-touggourt). mém. d.e.s. microbiologie. Université d'Ouargla, 2009.
- [8] Metahri A, élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de tizi-ouzou, obtention de diplôme de master, 2012.
- [9] Banzaoui N et Elbouz F, Epuration des eaux usées par les procédés des boues activées au niveau de la commune de Touggourt. Mémoire d'ingénieur, Université d'Annaba, 2009.
- [10] Asano K, wastewater réclamation and reuse. Water quality management library, 1998.
- [11] Ramade F, dictionnaire encyclopédique des pollutions. ed. edi science international, paris, 2000.
- [12] Schmidt R, l'utilisation des eaux usées organiques, 1981.
- [13] Lazarova V et Brissaud F, Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, 2007.
- [14] Organisation Mondiale de la santé, 2007.
- [15] Faby J.A et Brissaud F, l'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, 1997.
- [16] Puil C, la réutilisation des eaux usées urbaines après épuration. Mém. D.u.e.s.s. « eau et environnement », d.e.p, université de picardie, amiens, 1998.
- [17] Loi 84-09 du 4 février 1984 relative à l'organisation territoriale du pays; JO n° 6 du 7 février 1984, p. 110.

- [18] Décret du Président de la République du 26 décembre 1851 Dictionnaire de la législation algérienne 1830-1860 - page 669.
- [19] Décret n°55-1148 du 28 août 1955 portant création de neuf arrondissements nouveaux dans les départements d'Alger, d'Oran et de Constantine.
- [20] Carillo A, Ain-Temouchent, terre d'Algérie, 1957.
- [21] Direction des ressources en eau d'Ain Témouchent, 2017.
- [22] Direction des services agricoles d'Ain Témouchent, 2017.
- [23] Site officiel de la wilaya d'Ain Témouchent : [www.wilaya-aintemouchent.dz](http://www.wilaya-aintemouchent.dz).
- [24] Direction de la planification et d'aménagement du territoire d'Ain Témouchent, 2015.
- [25] Agence Nationale d'Aménagement du Territoire d'Oranie, 2007.
- [26] Mazour M, 1993 érosions en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. cah. orstom, sér. pédol., vol. xxviii, n°2, 1993.
- [27] Office national de la météorologie de Béni Saf « Ain Témouchent ».
- [28] La notice de l'exploitation de la STEP, 2013.
- [29] Site officiel du ministère des ressources en eaux et de l'environnement : [www.mree.gov.dz](http://www.mree.gov.dz).
- [30] Site officiel de l'entreprise espagnole comsa corporación : [www.comsa.com](http://www.comsa.com).
- [31] Site officiel du bureau d'étude italien enco engineering : [www.enco.in](http://www.enco.in).
- [32] Office national de l'assainissement d'Ain Témouchent, 2017.
- [33] Journal officiel de la république algérienne dimanche 25 chaâbane 1433 correspondant au 15 juillet 2012, Page 19-20.
- [34] Laboratoire d'hygiène de la wilaya d'Ain Témouchent, 2017.
- [35] Site officiel de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture : [www.fao.org](http://www.fao.org).
- [36] Site arabe d'agronomie et d'Hydraulique agricole : [www.agronomie.info](http://www.agronomie.info).
- [37] Site officiel français de l'association française interprofessionnelle de l'olive : [www.afidol.org](http://www.afidol.org).
- [38] Site officiel français de pompage et pompe à eau par Pompes Guinard Loisirs : [www.pompesguinard-loisirs.fr](http://www.pompesguinard-loisirs.fr).
- [39] Site officiel français de l'association régionale pour la maîtrise des irrigations : [www.ardepi.fr](http://www.ardepi.fr).

# ***Annexe 01***

**MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU****Arrêté interministériel du 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011 portant déclaration d'utilité publique l'opération d'expropriation relative au renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.**

Le ministre de l'intérieur et des collectivités locales,

Le ministre des finances,

Le ministre des ressources en eau,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 93-186 du 27 juillet 1993, complété, déterminant les modalités d'application de la loi n° 91-11 du 27 avril 1991, complétée, fixant les règles relatives à l'expropriation pour cause d'utilité publique notamment son article 10 ;

Vu l'arrêté n° 1130 du 5 août 2007 du wali de la wilaya de Mila portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;

Vu l'arrête n° 1566 du 24 septembre 2007 du wali de la wilaya de Constantine portant ouverture de l'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique ;

Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Mila ;

Vu l'avis favorable de la commission d'enquête préalable de la wilaya de Constantine ;

**Arrêtent :**

Article 1er. — Est déclarée d'utilité publique l'opération d'expropriation relative à la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa, wilaya de Mila.

Art. 2. — La superficie globale des biens à exproprier devant servir d'assiette à la réalisation de ce projet est de 28 266 m<sup>2</sup> répartis comme suit :

— commune de Ain Etine (wilaya de Mila) : 2681 m<sup>2</sup>,

— commune de Sidi Khelifa (wilaya de Mila) : 6244 m<sup>2</sup>,

— commune de Ibn Ziade (Wilaya de Constantine) : 19341 m<sup>2</sup>.

Art. 3. — Le montant global de l'opération d'expropriation est évalué à trois millions de dinars (3.000.000,00 DA).

Art. 4. — Au titre de la consistance des travaux, la réalisation du projet de renforcement en eau potable du centre de Sidi Khelifa comporte les ouvrages suivants :

— réalisation de deux (2) stations de pompage,

— pose de conduites sur un linéaire de 5 250 ml.

Art. 5. — Le délai maximal imparti pour l'expropriation est fixé à quatre (4) années.

Art. 6. — Le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 23 Chaâbane 1432 correspondant au 25 juillet 2011.

Le ministre de l'intérieur  
et des collectivités locales

Daho OULD KABLIA

Le ministre  
des ressources en eau

Abdelmalek SELLAL

Pour le ministre des finances

Le secrétaire général

Miloud BOUTEBBA

**Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.**

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;

**Arrêtent :**

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation conformément à l'annexe jointe.

Art. 2. — le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.

Le ministre  
des ressources en eau

Abdelmalek SELLAL

Le ministre de l'agriculture  
et du développement rural

Rachid BENAÏSSA

Le ministre de la santé, de la population  
et de la réforme hospitalière

Djamel OULD ABBES

## ANNEXE

SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES  
UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

## 1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

| GROUPES DE CULTURES  | PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES                               |   |
|--|---|---|
|  | Coliformes fécaux<br>(CFU/100ml)<br>(moyenne géométrique) | Nématodes intestinaux<br>(œufs/1)<br>(moyenne arithmétique) |
| Irrigation non restrictive.<br>Culture de produits pouvant être consommés crus.  | <100  | Absence   |
| Légumes qui ne sont consommés que cuits.<br>Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.  | <250  | <0,1  |
| Arbres fruitiers (1).<br>Cultures et arbustes fourragers (2).<br>Cultures céréalières.<br>Cultures industrielles (3).<br>Arbres forestiers.<br>Plantes florales et ornementales (4). | Seuil<br>recommandé<br><1000                              | <1  |
| Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).   | pas de norme<br>recommandée                               | pas de norme<br>recommandée                                 |

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

## 2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

| PARAMETRES               |                                 | UNITÉ | CONCENTRATION<br>MAXIMALE ADMISSIBLE |
|--------------------------|---------------------------------|-------|--------------------------------------|
| Physiques                | pH                              | —     | $6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$        |
|                          | MES                             | mg/l  | 30                                   |
|                          | CE                              | ds/m  | 3                                    |
|                          | Infiltration le SAR = 0 - 3 CE  | ds/m  | 0.2                                  |
|                          | 3 - 6                           |       | 0.3                                  |
|                          | 6 - 12                          |       | 0.5                                  |
| 12 - 20                  | 1.3                             |       |                                      |
| 20 - 40                  | 3                               |       |                                      |
| Chimiques                | DBO5                            | mg/l  | 30                                   |
|                          | DCO                             | mg/l  | 90                                   |
|                          | CHLORURE (Cl)                   | meq/l | 10                                   |
|                          | AZOTE (NO <sub>3</sub> - N)     | mg/l  | 30                                   |
|                          | Bicarbonate (HCO <sub>3</sub> ) | meq/l | 8.5                                  |
| Eléments<br>toxiques (*) | Aluminium                       | mg/l  | 20.0                                 |
|                          | Arsenic                         | mg/l  | 2.0                                  |
|                          | Béryllium                       | mg/l  | 0.5                                  |
|                          | Bore                            | mg/l  | 2.0                                  |
|                          | Cadmium                         | mg/l  | 0.05                                 |
|                          | Chrome                          | mg/l  | 1.0                                  |
|                          | Cobalt                          | mg/l  | 5.0                                  |
|                          | Cuivre                          | mg/l  | 5.0                                  |
|                          | Cyanures                        | mg/l  | 0.5                                  |
|                          | Fluor                           | mg/l  | 15.0                                 |
|                          | Fer                             | mg/l  | 20.0                                 |
|                          | Phénols                         | mg/l  | 0.002                                |
|                          | Plomb                           | mg/l  | 10.0                                 |
|                          | Lithium                         | mg/l  | 2.5                                  |
|                          | Manganèse                       | mg/l  | 10.0                                 |
|                          | Mercure                         | mg/l  | 0.01                                 |
|                          | Molybdène                       | mg/l  | 0.05                                 |
|                          | Nickel                          | mg/l  | 2.0                                  |
|                          | Sélénium                        | mg/l  | 0.02                                 |
|                          | Vanadium                        | mg/l  | 1.0                                  |
| Zinc                     | mg/l                            | 10.0  |                                      |

(\*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

**Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.**

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;

**Arrêtent :**

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.

Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.

Le ministre  
des ressources en eau

Abdelmalek SELLAL

Le ministre de l'agriculture  
et du développement rural

Rachid BENAÏSSA

Le ministre de la santé,  
de la population et de la réforme hospitalière

Djamel OULD ABBES

ANNEXE

**LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES**

| Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées | Liste des cultures  |
|--|---|
| Arbres fruitiers (1)   | Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive. |
| Agrumes  | Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.   |
| Cultures fourragères (2)   | Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.  |
| Culture industrielles  | Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.                                  |
| Cultures céréalières   | Blé, orge, triticales et avoine.  |
| Cultures de production de semences                                     | Pomme de terre, haricot et petit pois.  |
| Arbustes fourragers  | Acacia et atriplex.   |
| Plantes florales à sécher ou à usage industriel                        | Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.  |

(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

**Décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent.**

Le Chef du Gouvernement,

Sur le rapport du ministre des ressources en eau,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 85-05 du 16 février 1985, modifiée et complétée, relative à la protection et à la promotion de la santé ;

Vu la loi n° 87-17 du 1er août 1987 relative à la protection phytosanitaire ;

Vu la loi n° 89-02 du 7 février 1989 relative aux règles générales de protection du consommateur ;

Vu la loi n° 90-08 du 7 avril 1990, complétée, relative à la commune ;

Vu la loi n° 90-09 du 7 avril 1990, complétée, relative à la wilaya ;

Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale ;

Vu la loi n° 03-10 du 19 Jomada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable ;

Vu la loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau ;

Vu le décret présidentiel n° 06-175 du 26 Rabie Ethani 1427 correspondant au 24 mai 2006 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 06-176 du 27 Rabie Ethani 1427 correspondant au 25 mai 2006 portant nomination des membres du Gouvernement ;

**Décète :**

Article 1er. — En application des dispositions des articles 76 et 78 de la loi n° 05-12 du 28 Jomada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005, susvisée, le présent décret a pour objet de fixer les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges- type y afférent.

**CHAPITRE I**

**DISPOSITIONS PRELIMINAIRES**

Art. 2. — Au sens du présent décret, on entend par « eau usée épurée destinée à l'irrigation », toute eau usée dont la qualité, après un traitement approprié dans une station d'épuration ou de lagunage est conforme aux spécifications fixées par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé et de l'agriculture.

**CHAPITRE II**

**CONCESSION D'UTILISATION  
DES EAUX USEES EPUREES**

Art. 3. — L'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation est soumise au régime de la concession.

La concession peut être octroyée à toute personne morale ou physique, de droit public ou privé, qui se propose de distribuer, à des usagers, des eaux usées épurées à des fins d'irrigation au sens de l'article 2 ci-dessus.

Art. 4. — L'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation doit être conforme aux clauses du cahier des charges-type annexé au présent décret auquel doit souscrire tout concessionnaire.

Art. 5. — Le dossier de demande de concession est adressé par le demandeur, en double exemplaire, au wali territorialement compétent.

La wilaya compétente est celle sur le territoire de laquelle sont situées les parcelles destinées à être irriguées par les eaux usées épurées.

Art. 6. — La demande de concession doit comporter les noms, prénoms, et adresses pour les personnes physiques ou la raison sociale et l'adresse du siège social pour les personnes morales. Elle doit être accompagnée d'un mémoire technique, comportant notamment les documents et informations suivants :

— une description de la station d'épuration ou de lagunage d'où proviennent les eaux usées épurées ainsi que le mode de traitement utilisé ;

— la description et les plans des ouvrages de stockage, d'amenée et de distribution des eaux usées épurées à réaliser ;

— une fiche d'analyse des eaux usées épurées dont la qualité doit être conforme, aux spécifications en vigueur. Les analyses doivent dater de moins de trois (3) mois ;

— la localisation et la superficie des terres destinées à être irriguées, avec un plan parcellaire à une échelle appropriée où seront indiqués les parcelles destinées à être irriguées et le mode d'irrigation préconisé ;

— un accord écrit de l'organisme gestionnaire de la station d'épuration ou de lagunage par lequel il s'engage à fournir les volumes d'eaux usées épurées, en quantité et qualité requises ;

— un engagement des agriculteurs, utilisateurs des eaux usées épurées ;

— un plan de situation des installations d'amenée, de stockage et de distribution des eaux usées épurées, sur lequel doivent être reportés les ouvrages et réseaux d'alimentation en eau potable situés à proximité ainsi que les installations d'épuration.

Art. 7. — Les services de l'hydraulique de la wilaya doivent procéder à une étude technique de la demande de concession, en concertation avec les services de l'agriculture, de la santé et de la protection de l'environnement. Ils doivent, notamment :

- vérifier la disponibilité, en quantité et en qualité, des eaux usées épurées destinées à l'irrigation ;
- faire une évaluation technique de la faisabilité du projet ;
- procéder à une visite des lieux ;
- évaluer les risques de contamination des personnes, des cultures et des ressources en eau, ainsi que les conséquences sur l'environnement ;
- recueillir l'avis des assemblées populaires communales concernées.

Art. 8. — La concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation est octroyée par arrêté pris par le wali territorialement compétent.

Quand les terres destinées à être irriguées et la station d'épuration ou de lagunage sont situées sur le territoire de plus d'une wilaya, la concession est octroyée par un arrêté du ministre chargé des ressources en eau.

Art. 9. — L'arrêté de concession doit comporter les indications suivantes :

- la station d'épuration ou de lagunage d'où proviennent les eaux usées épurées ;
- les volumes des eaux usées épurées qui seront utilisés annuellement ;
- la localisation et la superficie des terres destinées à être irriguées.

Art 10 – L'administration a le droit de s'assurer, en tout temps, par la visite des ouvrages et des parcelles irriguées ainsi que par des prélèvements d'eau et de produits agricoles aux fins d'analyse, que les conditions auxquelles a souscrit le concessionnaire sont et demeurent observées.

Art. 11. — En cas de rejet de la demande de concession, l'autorité compétente notifie sa décision, motivée, au demandeur.

Art. 12. — En cas de refus, le demandeur peut introduire un recours dans un délai ne dépassant pas un mois à compter de la date de notification du refus avec de nouveaux éléments d'information ou de justification pour l'appui de sa demande.

Art. 13. — La concession peut être modifiée, réduite ou révoquée, à tout moment :

- en cas de non-respect des clauses du cahier des charges par le concessionnaire. Ce cas n'ouvre droit à aucune indemnité ;
- pour cause d'intérêt général. Ce cas ouvre droit à une indemnité, au profit du bénéficiaire, si ce dernier subit un préjudice.

### CHAPITRE III

#### PREVENTION DES RISQUES LIES A L'USAGE DES EAUX USEES EPUREES

Art. 14. — L'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommables crus est interdite.

Art. 15. — La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées est fixée par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé.

Art. 16. — Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée à l'article 15 ci-dessus.

Art. 17. — L'irrigation par les eaux usées épurées des cultures autorisées doit cesser au moins deux semaines avant la récolte.

La consommation des fruits tombant au sol est interdite ; ces fruits tombés doivent être détruits ou transportés à la décharge publique.

Art. 18. — L'irrigation des arbres fruitiers par aspersion, ou par tout autre système mettant l'eau usée épurée en contact avec les fruits est interdite.

Art. 19. — Le pâturage direct sur les parcelles et aires irriguées par les eaux usées épurées est interdit.

Art. 20. — Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable.

Art. 21. — L'irrigation des parcs et des espaces verts, au moyen des eaux usées épurées, doit s'effectuer en dehors des heures d'ouverture au public.

Art. 22. — Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.

Art. 23. — Toutes les bornes et tous les robinets d'irrigation du réseau de distribution des eaux usées épurées doivent comporter obligatoirement une plaque inamovible, signalant que l'eau est non potable et par conséquent impropre à la consommation.

Art. 24. — En cas de dégradation de la qualité de l'eau des puits situés à proximité des zones irriguées par les eaux usées épurées, l'utilisation d'eau de ces puits est soumise aux mêmes spécifications et conditions d'usage imposées aux eaux usées épurées. En cas de préjudice pour les agriculteurs concernés, la reconversion des cultures ainsi que des dommages subis sont à la charge du concessionnaire.

Art. 25. — L'exploitation à des fins d'irrigation des puits situés à l'intérieur des zones irriguées avec les eaux usées épurées n'est permise que pour les cultures autorisées sur ces zones.

#### CHAPITRE IV

### CONTROLES SANITAIRES

Art. 26. — Lors de la mise en œuvre de la concession, les dispositions nécessaires doivent être prises par les différents intervenants, chacun en ce qui le concerne, de façon à :

— prévenir les risques de contamination des eaux de la nappe souterraine ;

— éviter que l'irrigation avec les eaux usées épurées ne soit, en aucun cas, la cause de stagnation d'eau, de mauvaises odeurs et de gîtes larvaires ;

— prévenir les risques de contamination des produits agricoles.

Art. 27. — La qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation doit faire l'objet d'un contrôle régulier par le concessionnaire, l'exploitant agricole, le gestionnaire de la station d'épuration ou de lagunage, les directions de wilaya de l'hydraulique, de la santé, de l'agriculture et du commerce et ce, afin de s'assurer que leur qualité est conforme aux spécifications fixées par la réglementation en vigueur.

Les analyses doivent être effectuées dans les laboratoires dont la liste est fixée par arrêté conjoint des ministres chargés des ressources en eau, de la santé, du commerce et de l'agriculture.

Art. 28. — Les services de l'hydraulique de la wilaya sont tenus de mettre en place un dispositif de suivi et de contrôle de :

— la qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation ;

— l'évolution de la qualité de l'eau de la nappe souterraine ;

— l'état des ouvrages de stockage et de distribution des eaux usées épurées.

Art. 29. — Les services de la santé de la wilaya doivent assurer un contrôle régulier de la santé du personnel affecté à l'irrigation avec les eaux usées épurées.

Art. 30. — Les services de l'agriculture de la wilaya doivent assurer :

— un contrôle phytosanitaire des cultures irriguées avec les eaux usées épurées ;

— l'évolution des caractéristiques des sols, sous irrigation avec des eaux usées épurées.

Art. 31. — Les services du commerce de la wilaya doivent assurer un contrôle biologique et physico-chimique des produits agricoles irrigués avec les eaux usées épurées.

#### CHAPITRE V

### DISPOSITIONS FINANCIERES

Art. 32. — Le concessionnaire est tenu de régler les redevances fixées par la loi de finances, dues en raison de l'usage du domaine public hydraulique.

Art. 33. — Les tarifs applicables pour la fourniture d'eau usée épurée à usage agricole sont fixés conformément à la réglementation en vigueur.

Art. 34. — Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007.

Abdelaziz BELKHADEM.

#### ANNEXE

### CAHIER DES CHARGES-TYPE RELATIF A L'UTILISATION DES EAUX USEES EPUREES A DES FINS D'IRRIGATION

Article 1er. — Le présent cahier des charges fixe les modalités et conditions d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation.

#### CHAPITRE I

### ETENDUE DE LA CONCESSION

Art. 2. — Par arrêté n° ..... du ..... le wali de ..... octroie à ..... la concession d'utilisation, à des fins d'irrigation, des eaux usées épurées provenant de la station d'épuration de ....., sise dans la commune de .....

Les parcelles destinées à être irriguées sont situées sur le territoire de(s) commune(s) de ..... et occupent une superficie totale de .....ha, conformément au plan annexé au cahier des charges.

Art. 3. — Le présent cahier des charges confère à ....., désigné ci-dessous par « le concessionnaire », le droit exclusif d'assurer, au profit des usagers ci-après désignés, la distribution à des fins d'irrigation des eaux usées épurées provenant de la station d'épuration citée à l'article 2, ci-dessus.

L'exclusivité est assurée à l'intérieur des zones à irriguer, indiquées sur le plan annexé au présent cahier des charges.

Art. 4. — La durée de la concession est fixée à dix (10) ans, renouvelable.

## CHAPITRE II DROITS ET OBLIGATIONS DU CONCESSIONNAIRE

### Section 1

#### Utilisation des eaux usées épurées

Art. 5. — Le concessionnaire est tenu d'assurer une exploitation rationnelle des eaux usées épurées mises à sa disposition.

Art. 6. — Le concessionnaire est tenu de vérifier que la qualité des eaux usées épurées distribuées aux usagers est, constamment, conforme aux spécifications fixées par la réglementation en vigueur.

Art. 7. — Au titre de l'évolution des paramètres fertilisants (N.P.K) au niveau du sol irrigué à partir des eaux usées épurées, le concessionnaire est tenu de communiquer aux exploitants agricoles toutes les analyses concernant la teneur de ces éléments fertilisants au niveau des eaux usées épurées afin de leur permettre d'adapter, en conséquence, un éventuel apport en engrais.

### Section 2

#### Exploitation et entretien des ouvrages de stockage et de distribution des eaux

Art. 8. — Les canalisations transportant des eaux usées épurées doivent être marquées d'une bande rouge de façon à les distinguer de celles destinées à l'approvisionnement en eau potable.

Art. 9. — Dans les cas où les canalisations transportant des eaux usées épurées doivent être posées à proximité de canalisations d'eau potable, elles devront être enterrées au moins 0,50 m au dessous de la canalisation d'eau domestique.

Art. 10. — Toutes les sorties, vannes, bornes et prises sur les réseaux de distribution des eaux usées épurées, doivent être sécurisées et protégées dans des chambres inviolables afin d'empêcher leur utilisation par des personnes non-autorisées.

Toutes les sorties doivent être peintes en rouge et porter sur un écriteau visible, de dimensions minimales 30 cm x 30 cm, portant la mention « Eaux usées épurées pour l'irrigation ».

Art. 11. — Les bassins de stockage des eaux usées épurées doivent être clôturés et leur accès interdit au public.

Art. 12. — Le concessionnaire a, à sa charge, l'entretien préventif et la réparation des ouvrages et des canalisations du réseau de distribution des eaux usées épurées. Il doit s'assurer de leur bon fonctionnement et éviter les fuites et le déversement de ces eaux en dehors des parcelles à irriguer.

Art. 13. — Les déchets et les produits de curage des ouvrages de stockage de l'eau usée épurée doivent être rassemblés dans un lieu protégé. Leur utilisation à des fins agricoles ne sera permise qu'après autorisation des services agricoles concernés.

### Section 3

#### Irrigation des cultures

Art. 14. — Le concessionnaire s'engage à n'approvisionner en eau que les parcelles portant une culture autorisée telle que fixée sur la liste indiquée à l'article 15 du décret fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation, visées à l'article 2 du présent cahier des charges-type.

Art. 15. — Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées doivent comporter obligatoirement un écriteau portant la mention « pâturage interdit ».

### Section 4

#### Contrôles

Art. 16. — Le concessionnaire doit établir et tenir à jour les listes nominatives des exploitants agricoles et de leurs ouvriers manipulant les eaux usées épurées. Il doit transmettre ces listes aux services de la santé de la wilaya en vue de programmer leur contrôle sanitaire.

Art. 17. — Le concessionnaire doit aviser les exploitants agricoles ainsi que leurs employés, qui sont en contact direct avec les eaux usées épurées, des risques que présentent ces eaux pour leur santé ainsi que des précautions à prendre.

Ces précautions consistent notamment, en :

- le port d'une tenue de travail réservée à la manipulation de ces eaux ;
- le respect des règles d'hygiène corporelle ;
- l'application des recommandations faites par les services sanitaires en matière d'hygiène corporelle et d'examen médicaux.

## CHAPITRE III PREROGATIVES DE L'AUTORITE CONCEDANTE

Art. 18. — L'autorité concédante, à travers les différents services concernés de la wilaya, exerce les pouvoirs de contrôle sur le concessionnaire. Ces services peuvent à tout moment s'assurer que les activités du concessionnaire sont effectuées en conformité avec les dispositions du décret portant concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation et du présent cahier des charges.

Art. 19. — Lorsque ces services constatent que la qualité des eaux usées épurées n'est pas conforme aux spécifications fixées par la réglementation en vigueur, l'autorité concédante prononce la suspension à titre provisoire de la fourniture d'eau jusqu'à rétablissement de la qualité de l'eau usée épurée.

Art. 20. — En cas d'inexécution des conditions du présent cahier des charges, la concession peut être révoquée six (6) mois après la décision de suspension provisoire.

#### CHAPITRE IV CLAUSES DIVERSES

Art. 21. — Le concessionnaire est tenu d'informer ses abonnés des conditions d'utilisation des eaux usées épurées. Il doit aussi reprendre et inclure, dans le contrat le liant aux exploitants agricoles concernés, toute clause qui engage directement les usagers.

Art. 22. — Le concessionnaire des eaux usées épurées doit organiser, conjointement avec les services de l'hydraulique et de la santé de la wilaya, des séances de formation destinées au personnel, ceux qui assurent l'exploitation et la maintenance des équipements ainsi qu'aux agriculteurs et à leur personnel qui utilisent les eaux usées épurées.

Cette formation doit inclure les aspects techniques, environnementaux et sanitaires.

Les agriculteurs doivent être sensibilisés sur les restrictions des cultures et les précautions à prendre en matière d'irrigation avec les eaux usées épurées.

Art. 23. — Sont annexés à l'original du cahier des charges particulier et en font partie intégrante, les documents ci-après :

— un accord écrit de l'organisme gestionnaire de la station d'épuration ou de lagunage par lequel il s'engage à fournir les volumes d'eaux usées épurées, en quantité et qualité requises ;

— une fiche d'analyse des eaux usées épurées dont la qualité doit être conforme aux normes fixées par la réglementation en vigueur ;

— le plan de situation des zones à irriguer ;

— un modèle du contrat liant l'agriculteur au concessionnaire.

Fait à ....., le .....

Pour le concessionnaire. Pour l'autorité concédante.



**Décret exécutif n° 07-150 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 portant dissolution du centre national des techniques spatiales et transfert de ses biens, droits, obligations et personnels à l'agence spatiale algérienne.**

Le Chef du Gouvernement ;

Sur le rapport du ministre de la poste et des technologies de l'information et de la communication ,

Vu la Constitution, notamment ses articles 85-4° et 125 (alinéa 2) ;

Vu la loi n° 90-30 du 1er décembre 1990 portant loi domaniale et ensemble les textes pris pour son application ;

Vu le décret n° 87-81 du 14 avril 1987, modifié et complété, portant transformation de l'école nationale des sciences géodésiques en centre national des techniques spatiales ;

Vu le décret présidentiel n° 02-48 du 2 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 16 janvier 2002, modifié, portant création, organisation et fonctionnement de l'agence spatiale algérienne ;

Vu le décret présidentiel n° 06-175 du 26 Rabie Ethani 1427 correspondant au 24 mai 2006 portant nomination du Chef du Gouvernement ;

Vu le décret présidentiel n° 06-176 du 27 Rabie Ethani 1427 correspondant au 25 mai 2006 portant nomination des membres du Gouvernement ;

#### Décrète :

Article 1er. — Le centre national des techniques spatiales, par abréviation (C.N.T.S), créé par le décret n° 87-81 du 14 avril 1987, susvisé, est dissous.

Art. 2. — La dissolution du centre national des techniques spatiales (C.N.T.S) emporte transfert de l'ensemble de ses biens, droits, obligations et personnels à l'agence spatiale algérienne (A.S.A.L).

Art. 3. — Le transfert prévu ci-dessus donne lieu à l'établissement d'un inventaire quantitatif, qualitatif et estimatif par une commission, conformément à la législation et à la réglementation en vigueur.

L'inventaire prévu à l'alinéa ci-dessus est établi par une commission dont les membres sont désignés conjointement par le ministre de la poste et des technologies de l'information et de la communication et le ministre des finances.

Art. 4. — Le personnel chercheur du centre national des techniques spatiales (C.N.T.S) dissous demeure régi par les dispositions statutaires ou contractuelles en vigueur à la date de publication du présent décret au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Art. 5. — A titre transitoire, l'agence spatiale algérienne continue à assurer l'activité de formation graduée et post-graduée en cours, à la date de dissolution du centre national des techniques spatiales (C.N.T.S).

Art. 6. — Sont abrogées les dispositions du décret n° 87-81 du 14 avril 1987, susvisé.

Art. 7. — Le présent décret sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007.

Abdelaziz BELKHADEM.

# ***Annexe 02***

# **Le traitement de l'eau par UV, une méthode efficace pour éliminer les micro-organismes**

Très utilisée par les Allemands et les Autrichiens, la désinfection de l'eau par rayonnement UV (ultra-violet) tend à s'imposer en France. Elle peut constituer l'une des étapes d'un traitement « multibarrières », avec plusieurs phases de traitement ciblées. Performante pour la destruction des microorganismes, elle nécessite cependant une eau claire en amont. Pour Jean-Yves Perrot, du département UV/ozone d'ITT France, « les UV sont le seul vrai désinfectant des eaux destinées à la potabilisation ». Focus sur ce mode de désinfection en dix points.

## **Les eaux qui peuvent être concernées par le traitement par UV**

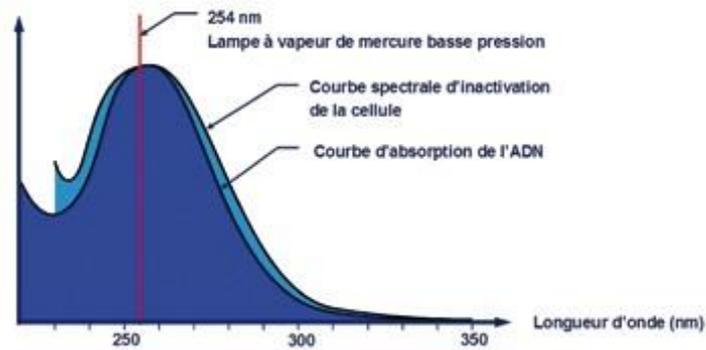
Les eaux de surface peuvent être traitées par les UV pour en éliminer les micro-organismes pathogènes. Les eaux résiduaires, qui véhiculent tout une variété de bactéries et de virus plus ou moins dangereux pour la santé publique, peuvent également être traitées par UV. Les eaux de procès qui exigent l'absence de désinfectant rémanent sont également un excellent vecteur d'application.

## **À quel usage pourront être destinées les eaux traitées par UV**

On peut traiter par UV les eaux destinées à la potabilisation, les eaux de procès pour la chimie, la pharmacie, dans l'agroalimentaire, les eaux à embouteiller, les eaux de piscine, mais aussi les eaux qui peuvent être réintégrées dans les nappes phréatiques ou encore rejetées dans le milieu naturel... Partout où une eau doit être désinfectée, les UV peuvent être utilisés.

## **Exemple de microorganismes contenus dans des eaux traitées par UV**

Si l'on prend le cas des eaux usées, on pourra distinguer les principaux groupes suivants : les virus (entérovirus, adénovirus, reovirus, rotavirus pour les plus importants), les bactéries (entérobactéries, vibronacées, spirillacées, pseudomonadasées, etc.), les protozoaires (amibes, flagellés, sporozoaires) et les vers (helminthes, nématodes, trématodes, cestodes, etc.).



**Courbe d'inactivation des micro-organismes lors d'un traitement UV.** C'est avec une longueur d'onde de 254 nm, que les lampes du traitement UV sont les plus efficaces.

Compte tenu des coûts analytiques pour dénombrer ces micro-organismes, on recherchera principalement les indicateurs de contamination fécale (les eschérichia coli, les coliformes fécaux, les coliformes totaux et les streptocoques fécaux). Ce sont des entérobactéries qui se trouvent dans le tube digestif de l'homme et sont rejetées dans ses selles. Leur présence est toujours associée à celle de germes pathogènes. Ils génèrent des infections urinaires, des infections cutanées, des abcès intraabdominaux, des endocardites bactériennes et également des septicémies. Parmi les germes pathogènes présents dans les eaux usées, on trouvera principalement : les salmonelles, les staphylocoques, les pseudomonas, les campylobacters, les clostridium perfringens et botulinium, le b.cereus, les shigelles, les légionelles, le virus de la poliomyélite, la listeria ainsi que bien d'autres virus. On les retrouve aussi chez l'homme mais également chez l'animal et/ou dans l'environnement. Ils provoquent des fièvres (typhoïdes, paratyphoïdes), des septicémies, des gastro-entérites, des intoxications alimentaires, des infections urinaires, des méningites. Le traitement UV permettra d'éliminer efficacement ces micro-organismes pathogènes.

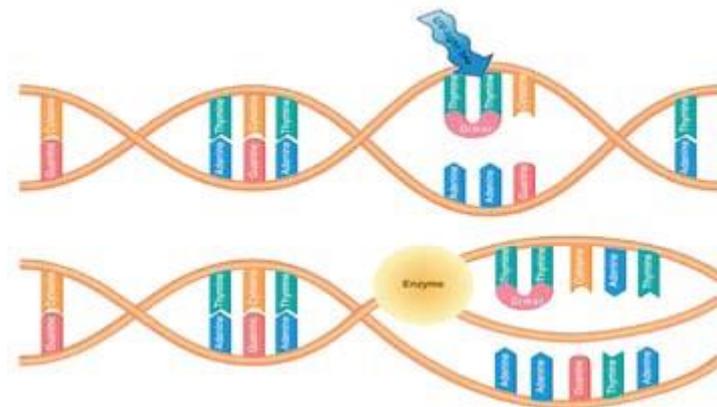
### **Les conditions requises pour la désinfection par UV**

Pour que ce traitement soit possible, il faut que la qualité de l'eau soit compatible pour laisser passer les rayons UV. Les principaux paramètres à prendre en compte sont au nombre de sept. Il faut évaluer la transmittance de l'eau (c'est la transparence de l'eau au rayonnement UV émis à 254 nm), la couleur (plus une eau sera claire, plus le rayonnement UV pourra la traverser), sa turbidité (plus elle sera faible, moins le rayonnement UV émis sera freiné ou détourné de son chemin). Seront également à prendre en compte la teneur en fer et en manganèse de l'eau, qui sont des sels

métalliques pouvant précipiter sur les gaines protectrices des lampes, la teneur en matières organiques, qui peut absorber la lumière UV à 254 nm et enfin le caractère plus ou moins entartrant de l'eau.

### **Comment agit ce traitement par UV**

Les UV agissent efficacement sur la plupart des micro-organismes (tous ceux qui ont un ADN ou un ARN – bactéries, virus, protozoaires etc.), mais avec des doses UV différentes, car leur sensibilité (ou leur résistance) diffère.



### **Mécanisme de l'irradiation : effet de l'irradiation UV sur l'ADN.**

Les UV agissent sur l'ADN ou l'ARN des micro-organismes, en modifiant le nucléotide appelé thymine, l'une des quatre bases azotées des micro-organismes. Une fois cette modification effectuée avec la production d'un dimère, le micro-organisme ne peut plus se reproduire et il meurt. La dose UV ou fluence est le paramètre de dimensionnement d'une installation UV. C'est le produit de l'intensité émise par les lampes, multiplié par le temps de contact avec ce rayonnement, soit : intensité UV x temps de contact  $\text{Watt/m}^2 \times \text{seconde} = \text{Joule/m}^2$ . En France, cette dose UV ou fluence doit être de  $400 \text{ J/m}^2$  ( $400 \text{ Joule/m}^2 = 40 \text{ mJoule/cm}^2 = 40,000 \text{ uWatts/cm}^2$ ) et dans ces conditions, on respecte les critères microbiologiques de potabilisation des eaux.

### **L'intensité UV émise et reçue**

Les facteurs déterminants l'intensité UV sont tout d'abord ceux associés au type de lampes utilisées. Ce peut être des lampes à vapeur de mercure « basse pression », à faible ou forte intensité, des lampes à amalgame ou des lampes à vapeur de mercure « moyenne pression ». Les autres facteurs à prendre en compte sont l'intensité UV ou taux de fluence exprimée en  $\text{Watt/m}^2$  émise par la ou les lampes, l'épaisseur de la lame d'eau

traversée, l'absorbance de l'eau (ou sa transmittance UV) et enfin la durée de vie des lampes et leur facteur de vieillissement.

### **Les deux méthodes pour déterminer la dose UV nécessaire : la méthode PSS et la méthode par biodosimétrie.**

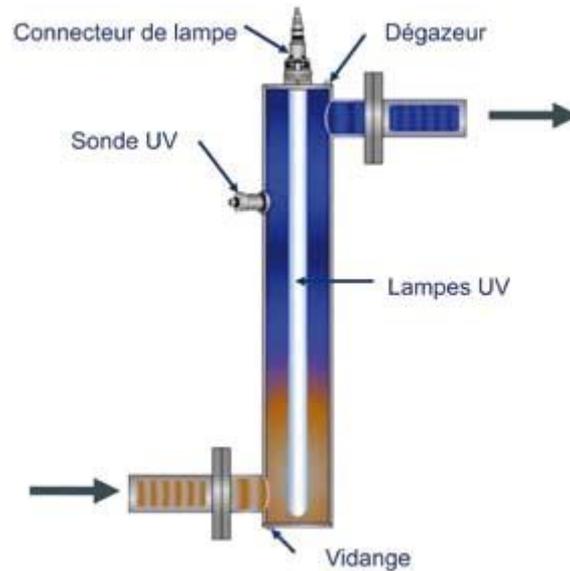
Pour la méthode dite PSS (Point Source Summation), on utilise un logiciel mathématique qui va calculer l'intensité moyenne émise en tous points dans le réacteur. Cette méthode ne prend pas en compte l'hydraulique du réacteur et la sensibilité des micro-organismes à éliminer. La méthode par biodosimétrie est une méthode qui va permettre de valider des résultats de désinfection réalisés parallèlement en laboratoire et sur le réacteur industriel « grandeur nature ». Cette méthode apporte une garantie à l'utilisateur final que le réacteur acheté va lui assurer le niveau de désinfection attendu.

### **Le matériel nécessaire à ce traitement par UV**

Les lampes UV qui vont servir à la désinfection de l'eau peuvent s'installer dans un réacteur fermé ou dans un chenal ouvert. Dans un réacteur fermé, les lampes UV seront dites à vapeur de mercure, basse ou moyenne pression. Dans un réacteur ouvert, elles seront toujours « basse pression ». Les réacteurs fermés sont généralement utilisés pour la désinfection des eaux destinées à la potabilisation ou pour les eaux de process. Les chenaux ouverts seront, eux, utilisés pour la désinfection des eaux résiduaires urbaines traitées avant rejet ou avant réutilisation.

Les lampes à « basse pression », de vapeur de mercure sont des lampes monochromatiques qui émettent à une longueur d'onde (254 nm), très proche de celle de l'inactivation des micro-organismes à environ 260 nm. Les lampes « moyenne pression » émettent entre 300 et 400 nm et sont donc poly-chromatiques. Elles émettent un spectre plus large dans les UV, mais moins efficace car la bande à 254 nm est plus faible. Ces lampes MP ou « moyenne pression » sont très énergivores, ont un mauvais rendement (rapport entre la puissance électrique consommée sur la puissance UVC émise). Par contre, les réacteurs équipés de lampes MP sont plus petits et peuvent être installés dans des environnements étroits, conditions qui pénalisent grandement les réacteurs équipés de lampes BP ou « basse pression » lorsque les débits à traiter deviennent importants (> 1 000 m<sup>3</sup>/h).

## Atouts et limites du traitement de l'eau par UV :



**Schéma de principe d'un réacteur UV.**

Les réacteurs UV permettant la désinfection de l'eau sont d'abord faciles à installer et à utiliser. Ils n'agissent pas sur la matrice physico-chimique de l'eau : l'eau qui en sort est identique à la qualité physicochimique de l'eau en amont, elle sera juste désinfectée en plus. Tous les autres désinfectants de l'eau (chlore, eau de javel, bioxyde de chlore, ozone) vont tous avoir d'autres effets sur l'eau alors que les UV ne vont s'occuper que des micro-organismes. De plus, ils ne provoquent pas de sous-produit ni de résiduel.

Si l'investissement de départ dans le réacteur permettant le traitement est plus ou moins important, ce traitement est ensuite l'un des moins chers existants. Sa consommation énergétique est faible et les lampes à UV seront à changer toutes les 10 000 à 15 000 heures.

Une seule condition limite ce procédé de désinfection : la qualité de l'eau à traiter. Elle doit impérativement être assez claire pour que la désinfection soit efficace et ne limite pas l'action du rayonnement UV. Au niveau du consommateur, les UV ont l'avantage de ne pas avoir d'action sur les goûts et les odeurs, de bénéficier d'une absence de corrosion et de produits chimiques dangereux. Enfin, ils ne provoquent pas d'accoutumance comme avec le chlore.

**Expertise réalisée par Emmanuelle Genoud avec la coopération de Jean-Yves Perrot, responsable des applications industrielles, référent technique ozone UV, chargé du service cotation pour le département UV/ozone chez ITT France.**

**Paru dans Le Journal des Fluides N° 38 – Mai-Juin 2010**

# ***Annexe 03***

**La qualité physicochimique des eaux usées brutes (EUB) et épurées (EUE) à partir de la STEP d'Ain Témouchent :**

| Mois                    | Mai    |       | Juin   |       | Juillet |       | Août  |      | Septembre |        | Octobre |        |
|-------------------------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|-------|------|-----------|--------|---------|--------|
|                         | EUB    | EUE   | EUB    | EUE   | EUB     | EUE   | EUB   | EUE  | EUB       | EUE    | EUB     | EUE    |
| <b>MES</b>              | 205    | 13    | 223    | 15    | 251     | 17    | 315   | 18   | 244       | 18     | 281     | 10     |
| <b>DBO<sub>5</sub></b>  | 205    | 4.25  | 267    | 6.25  | 295     | 07    | 268   | 6    | 232.5     | 7      | 204     | 4.75   |
| <b>DCO</b>              | 401    | 34.25 | 397    | 37.58 | 400     | 41    | 423   | 25   | 490.5     | 35     | 317     | 26.73  |
| <b>N-NH<sub>4</sub></b> | 49.4   | 1.12  | 38.97  | 1.87  | 27.34   | 2.08  | 27.68 | 2.86 | 38.15     | 3.1    | 44      | 1.58   |
| <b>O<sub>2</sub></b>    | 1.71   | 7.9   | 2.27   | 7.2   | 2.53    | 6.99  | 2.29  | 7.56 | 2.26      | 8.01   | 1.9     | 9.3    |
| <b>NT</b>               | 57.2   | 12.65 | 55.19  | 13.72 | 54.7    | 14.85 | 48.55 | 11.1 | 63        | 11.14  | 42      | 15.04  |
| <b>N-NO<sub>3</sub></b> | 0.78   | 7.46  | 0.74   | 7.86  | 0.74    | 8.14  | 0.77  | 8.34 | 0.83      | 6.56   | 0.68    | 7.28   |
| <b>N-NO<sub>2</sub></b> | 0.18   | 0.28  | 0.14   | 0.24  | 0.11    | 0.19  | 0.12  | 0.17 | 0.17      | 0.1    | 0.11    | 0.09   |
| <b>NTK</b>              | 56.5   | 5.18  | -      | -     | -       | -     | -     | -    | -         | -      | -       | -      |
| <b>PT</b>               | 7.71   | 2.06  | 7.21   | 2.26  | 7.33    | 3     | 6.31  | 2.8  | 6.3       | 3.04   | 7.27    | 2.48   |
| <b>PO<sub>4</sub></b>   | 4.49   | 1.78  | 5.47   | 2.09  | 6.42    | 2.15  | 3.74  | 2.71 | 4.48      | 3.13   | 5.43    | 2.32   |
| <b>PH</b>               | 7.63   | 8.63  | 8.02   | 8.04  | 8.2     | 8.17  | 8     | 8    | 8.15      | 8.24   | 7.4     | 7.8    |
| <b>TURB</b>             | 175.25 | 10.17 | 179.25 | 9.87  | 183     | 8     | 239.5 | 8.94 | 189.25    | 10.56  | 198.47  | 12.36  |
| <b>CONDU</b>            | 241    | 201   | 239    | 210   | 207     | 156   | 217   | 194  | 213.25    | 138.87 | 180.45  | 168.22 |

Source : Office National de l'Assainissement (ONA).

## La qualité microbiologique des eaux usées brutes (Entrée) et épurées (Sortie) à partir de la STEP d'Ain Témouchent :

| Paramètre | Coliforme   |             | Colibacille |           | Streptocoque |          | Nématode  |           |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------|-----------|
|           | Entrée      | Sortie      | Entrée      | Sortie    | Entrée       | Sortie   | Entrée    | Sortie    |
| Mai       | 3200/100ml  | 3200/100ml  | <03/100ml   | <03/100ml | 04/100ml     | 03/100ml | 08œufs /l | 07œufs /l |
| Juin      | 2400/100ml  | 2400/100ml  | <03/100ml   | <03/100ml | 04/100ml     | 03/100ml | 09œufs /l | 06œufs /l |
| Juillet   | 11000/100ml | 8000/100ml  | <03/100ml   | <03/100ml | 04/100ml     | 03/100ml | 05œufs /l | 03œufs /l |
| Août      | 13000/100ml | 10000/100ml | <03/100ml   | <03/100ml | 04/100ml     | 03/100ml | 10œufs /l | 08œufs /l |
| Septembre | 5300/100ml  | 5300/100ml  | <03/100ml   | <03/100ml | 04/100ml     | 03/100ml | 09œufs /l | 07œufs /l |
| Octobre   | 2400/100ml  | 2400/100ml  | <03/100ml   | <03/100ml | 04/100ml     | 03/100ml | 13œufs /l | 10œufs /l |

**N.B :** Les deux paramètres (les vibrions cholériques et les salmonelles) sont absents.

**Source :** Laboratoire de l'hygiène de la wilaya (LHW).

## Fiche technique de la STEP d'Ain Témouchent :

|   |  |
|---|--|
| <b>Procédé d'épuration :</b>            | Boue activée à faible charge avec déphosphoration.                               |
| <b>Surface totale de la STEP :</b>      | 6 Ha.  |
| <b>Entreprise gestionnaire :</b>        | Office National d'Assainissement.  |
| <b>Entreprises de réalisation :</b>     | Hydrotraitement Algérie – Comsa Espagne.   |
| <b>Durée de réalisation :</b>           | 19 mois.   |
| <b>Montant de la réalisation :</b>      | 2.012.000.000,00DA.  |
| <b>Bureaux d'études :</b>               | El Bina Algérie – Enco Engineering Italie.                                       |
| <b>Rendement :</b>                      | 95%.   |
| <b>Date de mise en service :</b>        | Janvier 2014.  |
| <b>Capacité installée Eq/Hab :</b>      | 72800(horizon 2015), 90000(horizon 2030).  |
| <b>Débit nominal (m<sup>3</sup>/j):</b> | 10920(horizon 2015), 13500(horizon 2030).  |
| <b>Lieu de rejet :</b>                  | Oued Senane.   |
| <b>En 2017 :</b>                        | 3.5 millions de m <sup>3</sup> des eaux épurées et 2000 m <sup>3</sup> de boues. |

## Résumé :

La réutilisation des eaux usées épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production de quantités complémentaires en eau pour différents usages.

Aujourd'hui la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique qui réunit trois dimensions à savoir : Sociale, Economique et Environnementale.

Face au défi d'assurer la couverture des besoins en eau pour l'agriculture en Algérie, la réutilisation des eaux usées épurées apparait comme la solution la plus adaptée pour l'irrigation.

L'objectif principal de ce travail est de connaître le cadre réglementaire régissant l'usage des eaux non conventionnelles, connaître les origines, la nature, la qualité et les paramètres de mesure des eaux polluées.

Ce travail aura donc pour intention de décrire les caractéristiques de la station d'épuration d'Ain Témouchent, ses capacités de production, la qualité des eaux épurées à la sortie et les possibilités de la réutilisation de ces eaux dans le domaine de l'irrigation.

Les résultats des analyses obtenus montrent que ces eaux peuvent être exploitées dans l'irrigation localisée pour un groupe de culture précis (Agrumes, Arboriculture ... etc), selon des méthodes étudiées qui ont donné des résultats performants (Dimensionnement).

## المخلص :

إن إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة هي عمل طوعي ومخطط يهدف إلى إنتاج كميات إضافية من المياه لاستخدامات مختلفة. اليوم ، تتجسد الإستراتيجية الوطنية للتنمية المستدامة في الجزائر بشكل خاص من خلال خطة إستراتيجية تجمع ثلاثة أبعاد هي: الاجتماعية والاقتصادية والبيئية.

في مواجهة التحدي المتمثل في ضمان تغطية الاحتياجات المائية للزراعة في الجزائر ، يبدو أن إعادة استخدام المياه العادمة المعالجة هي أنسب الحلول للسقي.

الهدف الرئيسي من هذا العمل هو معرفة الإطار التنظيمي الذي ينظم استخدام المياه غير التقليدية ، ومعرفة أصول ، وطبيعة ، ونوعية وقياس المعلمات من المياه الملوثة.

لذا فإن هذا العمل تعترزم وصف خصائص محطة معالجة المياه المستعملة عين تموشنت، والقدرة على إنتاجها، ونوعية المياه المعالجة في منفذ وإمكانات إعادة استخدام هذه المياه في مجال السقي .

أظهرت نتائج التحليل التي تم الحصول عليها أن هذه المياه يمكن أن تستخدم في السقي بالتنقيط لمجموعة من المحاصيل معين (الحمضيات، أشجار مثمرة ... الخ)، وفقا لأساليب درس أسفرت نتائج فعالة (تحجيم).

## Abstract :

The reuse of treated wastewater is a voluntary and planned action that aims to produce additional quantities of water for different uses.

Today the national strategy for sustainable development in Algeria is particularly materialized through a strategic plan that brings together three dimensions namely: Social, Economic and Environmental.

Faced with the challenge of ensuring the coverage of water needs for agriculture in Algeria, the reuse of treated wastewater appears as the most suitable solution for irrigation.

The main objective of this work is to know the framework the regulatory framework governing the use of unconventional waters, know the origins, nature, quality and measurement parameters of polluted water.

This work will therefore have the intention of describing the characteristics of the Ain Témouchent wastewater treatment plant, its production capacity, the quality of the purified water at the outlet and the possibilities of the reuse of these waters in the field of irrigation.

The results of the analyzes obtained show that these waters can be exploited in localized irrigation for a specific crop group (Citrus, Arboriculture ... etc.), according to the studied methods that have yielded successful results (Sizing).