

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

NATIONAL HIGHER SCHOOL FOR  
HYDRAULICS

"The MujahidAbdellah ARBAOUI"



المدرسة الوطنية العليا للري  
"المجاهد عبد الله عرباوي"

ⵎⴰⵔⵓⵏ ⵉⵎⴰⵎⵓⵔ ⵉⵎⴰⵎⵓⵔ ⵉⵎⴰⵎⵓⵔ ⵉⵎⴰⵎⵓⵔ

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique*

**Option : Réutilisation Des Eaux Non Conventionnelles**

### **THEME :**

**Dimensionnement d'un bassin de filtration pour améliorer la qualité  
des eaux usées traitées pour une possibilité de réutilisation pour la  
recharge des nappes**

**Présenté par :**

**ACHIBA Mohamed Rafaa**

**Devant les membres du jury**

| Nom et Prénoms          | Grade | Qualité    |
|-------------------------|-------|------------|
| Mr. HACHEMI Abdelkader  | M.C.A | Président  |
| Mme. KHALED HOULI Samia | M.A.A | Examineur  |
| Mme. TAFAT Leila        | M.A.A | Examineur  |
| Mr. TOUIL Youcef        | M.C.B | Examineur  |
| Mme. BETATACHE Hayat    | M.C.B | Promotrice |

**Session: September 2025**

# Remerciement

Avant toute chose, je rends grâce à Allah le Tout-Puissant, qui m'a accordé la force, le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

À l'issue de ce travail, j'exprime toute ma gratitude à mon encadrante, Madame BETATACHE Hayat, pour sa bienveillance et sa disponibilité. Ses orientations pertinentes et ses conseils avisés ont largement contribué à l'avancement et à la qualité de ce mémoire.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à ma mère, ainsi qu'à mes frères Tayeb et Mondher et ma sœur Nahla, dont l'appui constant, les encouragements et l'affection ont été des piliers essentiels pour terminer mes études et la réalisation et de ce travail. Je remercie également toute la grande famille qui a enrichi ma vie de tant de manière précieuse.

Je remercie également mes amis **Raouf, Abdelhak, Haithem, Raki, Abdelwaheb, Ahcine, Hamza, Nadjib, Ayman, Moudjib**, ainsi que tous ceux dont je n'ai pu mentionner le nom ici, dont l'amitié sincère, les précieux conseils et le soutien constant ont été pour moi une source inestimable de réconfort tout au long de ce parcours.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à l'ensemble des enseignants et des personnelles de l'ENSH, qui ont contribué de manière significative à ma formation.

**Rafaa**

## *Dédicace*

À ma chère mère, Pour ton amour infini, tes sacrifices silencieux et ton soutien inconditionnel. Ce travail est le reflet de ta patience et de ta tendresse, et je te le dédie avec toute ma gratitude et tout mon cœur.

À mon cher père, Ton absence laisse un vide immense, mais ton amour, tes valeurs et tes enseignements continuent de guider chacun de mes pas.

À ma chère sœur **Nahla**, pour ses encouragements constants et sa présence réconfortante.

A mes chers frères **Tayeb** et **Mondher**, que je retrouve jour et nuit, leur présence bienveillante m'a apporté force et réconfort.

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire.

**Rafaa**

## ملخص :

تركز هذه الدراسة على تصميم وحساب أبعاد حوض تصفية يهدف إلى تحسين جودة المياه المستعملة المعالجة لإعادة استخدامها المحتملة في تغذية الطبقات الجوفية اصطناعياً. واستناداً إلى مرحلة تجريبية أجريت على مياه ناتجة عن محطتي المعالجة ببنى مراد وبوفاريك، تم تقييم فعالية مواد ترشيح مثل مادة AG والفحم النشط. وقد أظهرت النتائج انخفاضاً ملحوظاً في المواد الصلبة العالقة (MES) والطلب الكيميائي للأوكسجين (DCO) والطلب البيوكيميائي للأوكسجين خلال خمس أيام ( $DBO_5$ ) والعكارة، مما أتاح الحصول على مياه مطابقة لمعايير إعادة الاستخدام. وبناءً على ذلك، جرى تصميم حوض تصفية مع احتساب مقصورات التصفية، وفواقد الضغط، وخزان التخزين. وتعد هذه المعالجة الثلاثية حلاً مستداماً لتعزيز الموارد المائية، مع ضرورة إجراء تحاليل ميكروبيولوجية، وإضافة عمليات تعقيم متقدمة (الأشعة فوق البنفسجية، الترشيح الفائق) عند الحاجة لضمان السلامة الصحية للطبقات الجوفية المستقبلية.

**الكلمات المفتاحية :** حوض تصفية، التدخل البحري، التغذية الاصطناعية للطبقات الجوفية، إعادة استخدام المياه المعالجة مادة AG. الكربون المنشط.

## Résumé :

Cette étude porte sur la conception et le dimensionnement d'un bassin de filtration destiné à améliorer la qualité des eaux usées traitées pour leur réutilisation potentielle dans la recharge artificielle des nappes. À partir d'une phase expérimentale menée sur des effluents des STEP de Béni Mered et de Boufarik, l'efficacité de matériaux filtrants comme la matière AG et le charbon actif a été évaluée. Les résultats ont montré une réduction notable de MES, DCO,  $DBO_5$  et turbidité, produisant une eau conforme aux normes de réutilisation. Sur cette base, un bassin a été dimensionné en intégrant le calcul des compartiments filtrants, des pertes de charge et du réservoir de stockage. Ce traitement tertiaire représente une solution durable pour renforcer les ressources en eau, tout en nécessitant des analyses microbiologiques et, si besoin, des procédés de désinfection avancés (UV, ultrafiltration) pour garantir la sécurité sanitaire des nappes.

**Les mots-clés :** Bassin de filtration, Intrusion marine, Recharge artificielle des nappes, Réutilisation des eaux traitées, Matière AG, Charbon Actif.

## Abstract:

This study focuses on the design and sizing of a filtration basin aimed at improving the quality of treated wastewater for potential reuse in artificial aquifer recharge. Based on an experimental phase conducted on effluents from the Béni Mered and Boufarik WWTPs, the efficiency of filtering materials such as AG media and activated carbon was evaluated. The results showed a significant reduction in TSS, COD,  $BOD_5$ , and turbidity, yielding water that complies with reuse standards. On this basis, a basin was designed, incorporating the calculation of filter compartments, head losses, and the storage reservoir. This tertiary treatment thus represents a sustainable solution to strengthen water resources, while requiring microbiological analyses and, if necessary, advanced disinfection processes (UV, ultrafiltration) to ensure the sanitary safety of the receiving aquifers.

**Keywords:** Filtration basin, Marine intrusion, managed aquifer recharge, Reuse of treated water, Material AG, Activated Carbon.

## Liste des abréviations

| <b>Français</b>                   | <b>Anglais</b> | <b>Signification</b>                          |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------------------------------|
| <b>ANRH</b>                       |                | Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. |
| <b>CF</b>                         | <b>FC</b>      | Coliformes Fécaux                             |
| <b>RAN</b>                        | <b>MAR</b>     | Recharge Artificielle des Nappes              |
| <b>CT</b>                         | <b>TC</b>      | Coliformes Totaux                             |
| <b>DBO5</b>                       | <b>BOD5</b>    | Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours     |
| <b>DCO</b>                        | <b>COD</b>     | Demande Chimique en Oxygène                   |
| <b>DRE</b>                        |                | Direction des Ressources en Eaux              |
| <b>E Coli</b>                     |                | Escherichia Coli                              |
| <b>EH</b>                         |                | Equivalent Habitant                           |
| <b>MES</b>                        | <b>TSS</b>     | Matières En Suspension                        |
| <b>MMS</b>                        | <b>SMM</b>     | Matières Minérales en Suspension              |
| <b>MVS</b>                        |                | Matières Volatiles en Suspension              |
| <b>NTK</b>                        | <b>TKN</b>     | Azote Total Kjeldahl                          |
| <b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b> |                | Ion nitrite                                   |
| <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> |                | Ion nitrate                                   |
| <b>ONA</b>                        |                | Office National de l'Assainissement           |
| <b>P</b>                          |                | Phosphore                                     |
| <b>PEHD</b>                       |                | Polyéthylène Haute Densité                    |
| <b>pH</b>                         | <b>HP</b>      | potentielle d'Hydrogène                       |
| <b>REUE</b>                       | <b>RTW</b>     | Réutilisation des Eaux Usées Epurées          |
| <b>STEP</b>                       | <b>WWTP</b>    | STation d'EPuration                           |
| <b>UTN</b>                        | <b>NTU</b>     | Unité de Turbidité Néphélométrique            |
| <b>UV</b>                         |                | Radiations Ultraviolet                        |

## Table des matières :

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Chapitre I :</b>                                                   | 2  |
| I.1 Introduction :                                                    | 3  |
| I.2 Origine des eaux usées :                                          | 3  |
| I.2.1 Les eaux usées domestique :                                     | 3  |
| I.2.2 Les eaux usées industriels :                                    | 3  |
| I.2.3 Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles :            | 4  |
| I.3 Catégories de pollution :                                         | 4  |
| I.3.1 Pollution organique :                                           | 4  |
| I.3.2 Pollution minérale :                                            | 4  |
| I.3.3 Pollution microbiologique :                                     | 4  |
| I.4 Les indicateurs de pollution des eaux usées :                     | 4  |
| I.4.1 Paramètres physiques :                                          | 5  |
| I.4.2 Paramètres Organoleptiques :                                    | 5  |
| I.4.3 Paramètres chimiques :                                          | 6  |
| I.4.4 Les paramètres microbiologiques :                               | 8  |
| I.5 Composition des eaux usées urbaines :                             | 8  |
| I.6 Impacts de la pollution:                                          | 8  |
| I.6.1 La santé publique :                                             | 8  |
| I.6.2 Environnement :                                                 | 8  |
| I.6.3 Économique :                                                    | 9  |
| I.6.4 Agricoles :                                                     | 9  |
| I.7 Norme de rejet :                                                  | 9  |
| I.7.1 Norme de rejet en Algérie :                                     | 9  |
| I.8 Conclusion :                                                      | 10 |
| <b>Chapitre II :</b>                                                  | 11 |
| II.1 Introduction :                                                   | 12 |
| II.2 Définition de la Recharge Artificielle de la Nappe :             | 12 |
| II.3 Les objectives de la recharge artificielle :                     | 12 |
| II.4 Inconvénients de la recharge artificielle des nappes :           | 12 |
| II.5 Aperçu historique de la RAN :                                    | 13 |
| II.6 Conditions favorables pour la recharge des nappes souterraines : | 13 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| II.7 La Recharge Artificielle de la Nappe (RAN) et le changement climatique :..... | 14 |
| II.7.1 Cas de l'Algérie.....                                                       | 14 |
| II.8 La Recharge Artificielle de la Nappe (RAN) et l'intrusion marine : .....      | 15 |
| II.8.1 Les biseaux salés - l'intrusion marine - : .....                            | 15 |
| II.9 Composants d'un système de recharge des eaux souterraines : .....             | 15 |
| II.10 Les méthodes de la recharge artificielle des nappes souterraines : .....     | 16 |
| II.10.1 Injection directe dans l'aquifère : .....                                  | 16 |
| II.10.2 Injection dans la zone vadose : .....                                      | 17 |
| II.10.3 Epandage en surface : .....                                                | 17 |
| II.11 Sélection du système de recharge : .....                                     | 19 |
| II.12 L'expérience algérienne en matière de recharge de la nappe de Mitidja.....   | 19 |
| II.12.1 Essai d'estimation du volume infiltre : .....                              | 21 |
| II.13 La recharge artificielle des à partir des eaux usées traitées : .....        | 21 |
| II.13.1 Impact des eaux usées traitées sur le sol : .....                          | 21 |
| II.13.2 Impact des eaux usées traitées sur la nappe : .....                        | 21 |
| II.13.3 Impact des eaux usées traitées sur l'agriculture : .....                   | 22 |
| II.14 Conclusion : .....                                                           | 22 |
| <b>Chapitre III :</b> .....                                                        | 23 |
| III.1 Introduction : .....                                                         | 24 |
| III.2 Présentation de la STEP de Baraki : .....                                    | 24 |
| III.3 Historique : .....                                                           | 25 |
| III.4 Les caractéristiques techniques de la STEP .....                             | 25 |
| III.5 Fonctionnement de la station d'épuration de Baraki : .....                   | 26 |
| III.5.1 Filière eau : .....                                                        | 27 |
| III.5.2 Filière boues : .....                                                      | 34 |
| III.6 Conclusion : .....                                                           | 34 |
| <b>Chapitre IV :</b> .....                                                         | 35 |
| IV.1 Introduction : .....                                                          | 36 |
| IV.2 Description du bassin de filtration au laboratoire : .....                    | 36 |
| IV.2.1 Principe de la filtration : .....                                           | 37 |
| IV.2.2 Les couches de filtration : .....                                           | 38 |
| IV.3 Filtration des eaux usées épurées par le bassin de filtration : .....         | 43 |
| IV.3.1 Les eaux usées épurées de la STEP de Beni Mered : .....                     | 44 |

|                      |                                                                |           |
|----------------------|----------------------------------------------------------------|-----------|
| IV.3.2               | Les eaux usées épurées de la STEP de Boufarik :                | 55        |
| IV.3.3               | Résultats finals de filtration :                               | 61        |
| IV.4                 | Comparaison des résultats avec les normes :                    | 61        |
| IV.4.1               | Les normes internationales :                                   | 61        |
| IV.5                 | Conclusion :                                                   | 63        |
| <b>Chapitre V:</b>   |                                                                | <b>64</b> |
| V.1                  | Introduction :                                                 | 65        |
| V.2                  | Le site d'implantation du bassin de filtration :               | 65        |
| V.3                  | Dimensionnement du bassin de filtration :                      | 65        |
| V.3.1                | Le premier compartiment (La matière AG) :                      | 66        |
| V.3.2                | Le deuxième compartiment (charbon actif CAG) :                 | 68        |
| V.3.3                | Le lavage du bassin de filtration :                            | 70        |
| V.4                  | Dimensionnement du Réservoir de stockage :                     | 71        |
| V.4.1                | Le volume de réservoir :                                       | 71        |
| V.4.2                | La surface horizontal:                                         | 71        |
| V.4.3                | Calcule de diameter:                                           | 71        |
| V.5                  | Calcule hydraulique :                                          | 71        |
| V.5.1                | La perte de charge :                                           | 72        |
| V.5.2                | La longueur de conduite :                                      | 72        |
| V.5.3                | Le diamètre de conduite :                                      | 72        |
| V.6                  | Choix des pompes :                                             | 73        |
| V.6.1                | Première pompe (STEP – bassin de filtration) :                 | 73        |
| V.6.2                | Deuxième pompe (bassin de filtration– bassin d'infiltration) : | 76        |
| V.7                  | Calcul de côte piézométriques de bassin de filtration :        | 77        |
| V.8                  | Conclusion :                                                   | 78        |
| <b>Chapitre VI :</b> |                                                                | <b>79</b> |
| VI.1                 | Introduction :                                                 | 80        |
| VI.2                 | Installation d'un chantier :                                   | 80        |
| VI.2.1               | Définition d'un chantier :                                     | 80        |
| VI.2.2               | Rôle de l'installation de chantier :                           | 80        |
| VI.2.3               | Moyens des travaux de chantier :                               | 81        |
| VI.3                 | Devis quantitatif et estimatif :                               | 81        |
| VI.3.1               | Le coût des projets :                                          | 81        |

|        |                                                       |    |
|--------|-------------------------------------------------------|----|
| VI.3.2 | Calcule le Coût d'investissement :.....               | 82 |
| VI.3.3 | Calcule le Coût de fonctionnement :.....              | 86 |
| VI.4   | Calcul du prix du m <sup>3</sup> d'eau traitée :..... | 88 |
| VI.4.1 | Le coût d'amortissement annuel :.....                 | 88 |
| VI.4.2 | Coût annuel de la station :.....                      | 88 |
| VI.4.3 | Calcul du prix du m <sup>3</sup> d'eau filtrée :..... | 88 |
| VI.5   | Conclusion .....                                      | 89 |

## Liste des tableaux :

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau I.1 :</b> La variation de la qualité d'eau en fonction de la turbidité.....                                                                                 | 5  |
| <b>Tableau I.2 :</b> Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique .....                                                                              | 6  |
| <b>Tableau I.3 :</b> Coefficient de biodégradabilité (Rodier, 1996).....                                                                                               | 7  |
| <b>Tableau I.4 :</b> Tableau représentant la composition des eaux usées urbaines .....                                                                                 | 8  |
| <b>Tableau I.5 :</b> Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur.....                                                                        | 10 |
| <b>Tableau II.1 :</b> Avantages et inconvénients des différentes méthodes de recharge des eaux souterraines.....                                                       | 18 |
| <b>Tableau II.2 :</b> Caractéristiques des principales méthodes de recharge des aquifères (modifié d'après Environmental Protection Agency des États-Unis, 2004) ..... | 19 |
| <b>Tableau III.1 :</b> La station d'épuration de BARAKI en chiffres (DRE,2023) .....                                                                                   | 26 |
| <b>Tableau III.2 :</b> Caractéristiques des postes de relèvement .....                                                                                                 | 27 |
| <b>Tableau III.3 :</b> Caractéristiques des dégrilleurs.....                                                                                                           | 28 |
| <b>Tableau III.4 :</b> Caractéristiques des dessableurs/déshuileurs .....                                                                                              | 29 |
| <b>Tableau III.5 :</b> Caractéristiques du décanteur primaire .....                                                                                                    | 30 |
| <b>Tableau IV.1 :</b> Caractéristiques physiques et chimiques .....                                                                                                    | 39 |
| <b>Tableau IV.2 :</b> Conditions de service .....                                                                                                                      | 39 |
| <b>Tableau IV.3 :</b> Spécifications d'AquaSorbTM 1200 .....                                                                                                           | 42 |
| <b>Tableau IV.4 :</b> Propriétés typiques d'AquaSorbTM 1200.....                                                                                                       | 42 |
| <b>Tableau IV.5 :</b> La granulométrie adéquate du CAG dépend de la concentration en MES en entrée de la colonne du charbon actif.....                                 | 43 |
| <b>Tableau IV.6 :</b> Propriétés d'AquaSorbTM 1200, 10x20 mesh (0.85 - 2.00 mm) .....                                                                                  | 43 |
| <b>Tableau IV.7 :</b> Données de base de la STEP de Béni Mered .....                                                                                                   | 45 |
| <b>Tableau IV.8 :</b> Caractéristique dimensionnelles et fonctionnelle du décanteur primaire                                                                           | 46 |
| <b>Tableau IV.9 :</b> Caractéristique dimensionnelles du bassin d'aération .....                                                                                       | 47 |
| <b>Tableau IV.10 :</b> Caractéristiques des clarificateurs .....                                                                                                       | 48 |
| <b>Tableau IV.11 :</b> Résultats de la pesée .....                                                                                                                     | 50 |
| <b>Tableau IV.12 :</b> Résultats de titrage.....                                                                                                                       | 52 |

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tableau IV.13 : Paramètres de L'OxiTop® Box.....</b>                                        | <b>53</b> |
| <b>Tableau IV.14 : Résultats de DBO<sub>5</sub> .....</b>                                      | <b>53</b> |
| <b>Tableau IV.15 : Résultats de DBO<sub>5</sub> .....</b>                                      | <b>54</b> |
| <b>Tableau IV.16 : Résultats de la turbidité .....</b>                                         | <b>54</b> |
| <b>Tableau IV.17 : Résultats de pH.....</b>                                                    | <b>54</b> |
| <b>Tableau IV.18 : Résultats des analyses.....</b>                                             | <b>55</b> |
| <b>Tableau IV.19 : Caractéristiques des eaux brutes.....</b>                                   | <b>56</b> |
| <b>Tableau IV.20 : Résultats de la pesée.....</b>                                              | <b>59</b> |
| <b>Tableau IV.21 : Résultats de titrage.....</b>                                               | <b>59</b> |
| <b>Tableau IV.22 : Résultats de DBO<sub>5</sub> .....</b>                                      | <b>59</b> |
| <b>Tableau IV.23 : Résultats de DBO<sub>5</sub> .....</b>                                      | <b>60</b> |
| <b>Tableau IV.24 : Résultats de la turbidité .....</b>                                         | <b>60</b> |
| <b>Tableau IV.25 : Résultats de pH.....</b>                                                    | <b>60</b> |
| <b>Tableau IV.26 : Résultats des analyses.....</b>                                             | <b>60</b> |
| <b>Tableau IV.27 : Résultats finals des analyses après filtration .....</b>                    | <b>61</b> |
| <b>Tableau IV.28 : Comparaison entre les résultats de filtration et les normes de RAN ....</b> | <b>62</b> |
| <b>Tableau IV.29 : Résultats de l'analyse des eaux usées épurées de la STEP de Baraki ...</b>  | <b>63</b> |
| <b>Tableau V.1 : Les résultats de dimensionnement de premier compartiment.....</b>             | <b>68</b> |
| <b>Tableau V.2 : Les résultats de dimensionnement de deuxième compartiment .....</b>           | <b>70</b> |
| <b>Tableau V.3 : Les résultats de dimensionnement de réservoir de stockage .....</b>           | <b>71</b> |
| <b>Tableau V.4 : Les résultats des calculs des conduites .....</b>                             | <b>73</b> |
| <b>Tableau VI.1 : Les résultats du calcul du volume de béton armé pour chaque ouvrage.</b>     | <b>84</b> |
| <b>Tableau VI.2 : Le devis quantitatif et estimatif de coût d'investissement.....</b>          | <b>86</b> |
| <b>Tableau VI.3 : Le devis quantitatif et estimatif de coût de fonctionnement .....</b>        | <b>88</b> |
| <b>Tableau VI.4 : Les résultats du calcul du coût par m<sup>3</sup> d'eau traitée.....</b>     | <b>89</b> |

## Liste des figures :

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure II.1:</b> Représentation du biseau salé.....                                                          | 15 |
| <b>Figure II.2:</b> Les cinq principaux composants d'un système de recharge des eaux souterraines.....          | 16 |
| <b>Figure II.3 :</b> Schéma des puits d'injections dans la zone vadose .....                                    | 17 |
| <b>Figure II.4 :</b> Schéma d'un bassin d'infiltration (Bouwer.2002) .....                                      | 18 |
| <b>Figure II.5 :</b> Bassins d'infiltration (Google Earth,2024) .....                                           | 20 |
|                                                                                                                 |    |
| <b>Figure III. 1 :</b> la STEP de BARAKI (Google earth).....                                                    | 24 |
| <b>Figure III.2 :</b> Photo des dégrilleurs de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023).....                       | 28 |
| <b>Figure III.3 :</b> Photo du dessableur de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023) .....                        | 29 |
| <b>Figure III.4 :</b> Photo du décanteur primaire de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023).....                 | 30 |
| <b>Figure III.5 :</b> Photo du Bassins d'Aération de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023) .....                | 31 |
| <b>Figure III.6 :</b> Schéma de deux filtres Aquazur V double cellules.....                                     | 32 |
| <b>Figure III.7 :</b> filtre à sable de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023) .....                             | 33 |
| <b>Figure III. 8 :</b> Photo de l'unité du traitement tertiaire de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023). ..... | 33 |
|                                                                                                                 |    |
| <b>Figure IV.1 :</b> bassin de filtration au laboratoire.....                                                   | 37 |
| <b>Figure IV.2 :</b> La matière AG .....                                                                        | 38 |
| <b>Figure IV.3 :</b> Charbon actif en poudre (CAP).....                                                         | 40 |
| <b>Figure IV.4 :</b> Charbon actif en grain (AquaSorb™ 1200).....                                               | 41 |
| <b>Figure IV.5 :</b> la STEP de Beni Mered (Google earth) .....                                                 | 44 |
| <b>Figure IV.6 :</b> Appareillage utilisées .....                                                               | 49 |
| <b>Figure IV.7 :</b> Quelque solution utilisé.....                                                              | 51 |
| <b>Figure IV.8 :</b> L'OxiTop® Box .....                                                                        | 53 |
| <b>Figure IV.9 :</b> Le turbidimètre .....                                                                      | 54 |

|                                                                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figure IV.10 : la STEP de Boufarik (Google earth) .....</b>                                                       | <b>56</b> |
| <b>Figure V.1 : Le site du bassin de filtration sur google earth.....</b>                                            | <b>65</b> |
| <b>Figure V.2 : la forme du bassin de filtration .....</b>                                                           | <b>66</b> |
| <b>Figure V.3 : hauteur du lit filtrant en fonction de MES de l’affluent (avec temps de contact de 20 min) .....</b> | <b>69</b> |
| <b>Figure V.4 : Caractéristique a insérée dans KSB EasySelect .....</b>                                              | <b>74</b> |
| <b>Figure V.5 : Pompe Ksb Etaline R.....</b>                                                                         | <b>74</b> |
| <b>Figure V.6 : Les caractéristiques techniques du pompe Ksb Etaline R.....</b>                                      | <b>75</b> |
| <b>Figure V.7 : Les courbes caractéristiques du pompe Ksb Etaline R.....</b>                                         | <b>75</b> |
| <b>Figure V.8 : Pompe Ksb famille RPH.....</b>                                                                       | <b>76</b> |
| <b>Figure V.9 : Les caractéristiques techniques du pompe Ksb famille RPH.....</b>                                    | <b>76</b> |
| <b>Figure V.10 : Les courbes caractéristiques du pompe Ksb famille RPH .....</b>                                     | <b>77</b> |

## **Introduction générale :**

La gestion durable des ressources en eau représente un enjeu majeur, notamment dans les régions arides et semi-arides. Le changement climatique, la croissance démographique et l'urbanisation rapide accentuent la pression sur les réserves en eau douce, rendant indispensable le recours à des solutions innovantes pour assurer un approvisionnement fiable et pérenne. Dans cette optique, la réutilisation des eaux usées épurées s'impose comme une approche prometteuse, permettant de répondre à la demande tout en préservant les ressources naturelles.

La région de la Mitidja, au nord de l'Algérie, illustre parfaitement cette problématique. Confrontée à une forte pression hydrique, elle voit sa demande en eau largement dépasser les ressources naturelles disponibles. La nappe phréatique, essentielle à l'approvisionnement régional, est menacée par la surexploitation et la pollution. Dans ce contexte, la recharge artificielle à partir d'eaux usées épurées constitue une solution viable pour renforcer la gestion intégrée de l'eau et favoriser une utilisation durable des ressources hydriques.

Dans le cadre d'un projet de recherche d'envergure nationale visant la recharge de la nappe phréatique de la Mitidja par le biais de bassins d'infiltration, la qualité de l'eau constitue un facteur déterminant pour assurer la réussite de l'opération. Elle doit impérativement satisfaire aux normes de réutilisation afin de prévenir toute contamination et préserver l'intégrité de la nappe.

Ce mémoire a pour objectif de valoriser les eaux usées traitées par la station d'épuration de Baraki en proposant un traitement tertiaire adapté, condition essentielle à la mise en œuvre du projet de recharge de la nappe. Il comprend une analyse approfondie du fonctionnement de la STEP de Baraki et présente une proposition de dimensionnement d'un bassin de filtration, utilisant du sable et du charbon actif, installé à l'extérieur de la station. Ce dispositif vise à garantir une qualité d'eau conforme aux exigences de réutilisation, assurant ainsi la viabilité et la sécurité du projet.

# **Chapitre I :**

## **Généralités sur les eaux usées**

### I.1 Introduction :

Les eaux usées, issues des activités domestiques, industrielles, agricoles ou institutionnelles, correspondent à des eaux ayant été utilisées puis rejetées, le plus souvent après un traitement partiel ou complet. Elles contiennent divers polluants chimiques, biologiques et physiques susceptibles d'engendrer des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine. Les milieux aquatiques disposent d'une capacité naturelle d'auto-épuration, mais celle-ci peut être rapidement saturée lorsque la charge polluante excède les seuils tolérables. Cette saturation se traduit notamment par une diminution de l'oxygène dissous, entraînant la dégradation des habitats aquatiques, la mortalité de la faune et de la flore, ainsi que la perturbation des cycles biologiques, comme la migration piscicole. Par ailleurs, l'apport excessif en nutriments, notamment en phosphates, favorise l'eutrophisation, phénomène se manifestant par une prolifération algale nuisible à la biodiversité, à la qualité des eaux récréatives et à la production d'eau potable

### I.2 Origine des eaux usées :

Les eaux usées proviennent des sources suivantes :

- Les eaux usées domestiques
- Les eaux usées industriels
- Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles.

#### I.2.1 Les eaux usées domestique :

Les eaux usées domestiques désignent principalement les effluents issus des habitations, des bâtiments à usage commercial, ainsi que des établissements publics et assimilés, comprenant notamment les eaux sanitaires et les eaux d'égout. Elles peuvent également contenir une part d'effluents industriels lorsque les rejets domestiques et industriels sont collectés conjointement dans un réseau d'assainissement unitaire. [1]

#### I.2.2 Les eaux usées industriels :

Les eaux usées industrielles regroupent l'ensemble des effluents issus, directement ou indirectement, des procédés de fabrication, des activités commerciales, minières, ainsi que des opérations liées à l'exploitation forestière. Elles incluent également les eaux de ruissellement et de lixiviation provenant de zones exposées à des polluants liés au stockage, à la manipulation ou au traitement de matières industrielles ou commerciales. Cette catégorie couvre toute eau usée ne relevant pas de la définition des eaux usées domestiques. [2]

### **I.2.3 Les eaux de ruissellement dans les zones agricoles :**

Les activités agricoles constituent une source importante de pollution des eaux, principalement par l'apport d'engrais, de pesticides et d'autres produits phytosanitaires. Les eaux issues de ces usages, souvent relativement biodégradables, peuvent néanmoins contenir des concentrations élevées en nitrates, phosphates et substances chimiques, représentant un risque majeur pour l'environnement et pour la qualité des eaux superficielles et souterraines. [3]

### **I.3 Catégories de pollution :**

La pollution des eaux usées peut revêtir diverses formes, telles que minérale, organique et microbiologique.

#### **I.3.1 Pollution organique :**

La présence de composés organiques dans les eaux usées tels que les matières en suspension, huiles, graisses, solvants, détergents, produits chimiques organiques ou pesticides entraîne leur dégradation dans le milieu aquatique. Ce processus consomme l'oxygène dissous, provoquant une diminution de sa concentration et pouvant conduire à la mortalité des organismes vivants.

#### **I.3.2 Pollution minérale :**

Elle se produit lorsque les eaux usées contiennent des concentrations élevées de substances minérales telles que les nitrates, phosphates, sulfates ou chlorures. Ces composés peuvent provenir de multiples sources, notamment des rejets industriels, des effluents agricoles ou du ruissellement des eaux pluviales à travers des zones contaminées.

#### **I.3.3 Pollution microbiologique :**

Il s'agit de la contamination des eaux usées par des micro-organismes pathogènes, tels que bactéries, virus et parasites. Provenant principalement des excréments humains et animaux, ces agents représentent un risque sanitaire majeur lorsque ces eaux sont destinées à la consommation, utilisées pour l'irrigation ou mises en contact direct avec les populations.

### **I.4 Les indicateurs de pollution des eaux usées :**

L'évaluation de la qualité des eaux usées et de leur niveau de pollution repose sur différents indicateurs, lesquels peuvent être classés en plusieurs catégories distinctes.

### I.4.1 Paramètres physiques :

#### I.4.1.1 Les Matières en suspension (MES) :

Les matières en suspension (MES) désignent l'ensemble des particules non dissoutes présentes dans l'eau, qui ne se trouvent ni à l'état soluble ni à l'état colloïdal. Elles regroupent aussi bien des composés minéraux qu'organique et sont principalement responsables de la turbidité et de la coloration de l'eau. Leur présence peut avoir des impacts écologiques notables.

- **Les matières volatiles en suspension (MVS) :**

Les matières volatiles en suspension (MVS) désignent la partie des matières en suspension susceptibles d'être volatilisées à 550°C. Elles représentent (70 - 80) % de MES

- **Les matières minérales en suspension (MMS) :**

La différence entre les matières en suspension (MES) et les matières volatiles en suspension (MVS). Les MMS représentent la partie minérale des matières en suspension.

#### I.4.1.2 La température:

La température constitue un paramètre déterminant dans le fonctionnement des systèmes d'épuration, car elle influence à la fois l'activité biologique, la solubilité des gaz et l'efficacité des procédés de traitement. Des températures élevées favorisent le développement de micro-organismes indésirables tout en réduisant la concentration en oxygène dissous, ce qui compromet la respiration et la survie de certaines espèces aquatiques. À l'inverse, des températures basses ralentissent les réactions d'oxydation, diminuant ainsi l'efficacité globale du traitement. [4]

### I.4.2 Paramètres Organoleptiques :

#### I.4.2.1 Turbidité:

La turbidité est le caractère trouble de l'eau. Ce trouble provient généralement de particules en suspension dans l'eau que nous ne pouvons pas voir individuellement. Ces particules peuvent être des algues, des saletés, des minéraux, des protéines, des huiles ou même des bactéries.

**Tableau I.1 : La variation de la qualité d'eau en fonction de la turbidité**

| NTU  | qualité de l'eau       |
|------|------------------------|
| < 5  | Eau claire             |
| < 30 | Eau légèrement trouble |
| > 50 | Eau trouble.           |

### I.4.2.2 Couleur :

Une eau pure apparaît bleu clair en profondeur, tandis qu'une forte turbidité réduit sa transparence et limite la pénétration de la lumière solaire, compromettant ainsi la photosynthèse et la vie aquatique.

### I.4.3 Paramètres chimiques :

#### I.4.3.1 Demande Chimique en Oxygène :

La DCO constitue un indicateur essentiel de la pollution globale et sert au suivi de la qualité des eaux. Elle exprime la quantité totale de matières organiques et minérales oxydables présentes, offrant ainsi une mesure intégrée de la charge polluante chimiquement oxydable, quelle qu'en soit l'origine. [5]

#### I.4.3.2 Demande Biologique en Oxygène :

La DBO<sub>5</sub> (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours) correspond à la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour oxyder la matière organique biodégradable contenue dans une eau, maintenue à 20 °C dans l'obscurité durant cinq jours. Une valeur élevée indique une forte charge organique et donc une mauvaise qualité de l'eau. [6]

#### I.4.3.3 Le potentiel Hydrogène (pH) :

Le pH exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau, déterminé par la concentration en ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. Pour les eaux urbaines, il doit se situer entre 6 et 8. Une valeur anormale peut révéler une pollution d'origine industrielle. Dans un bassin biologique, le pH optimal se situe entre 6,5 et 8,5 ; au-delà, l'activité microbienne diminue significativement. [4]

#### I.4.3.4 Conductivité électrique :

La conductivité électrique constitue un indicateur rapide et approximatif de la minéralisation globale de l'eau. Elle résulte de la présence d'ions mobiles soumis à un champ électrique et varie en fonction de leur concentration ainsi que de leur nature.

**Tableau I.2 : Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique**

| Conductivité électrique | Taux de minéralisation           |
|-------------------------|----------------------------------|
| CE < 100 µS/cm          | Minéralisation très faible       |
| 100 < C.E < 200 µS/cm   | Minéralisation faible            |
| 200 < C.E < 333 µS/cm   | Minéralisation moyenne           |
| 333 < C.E < 666 µS/cm   | Minéralisation moyenne accentuée |
| 666 < C.E < 1000 µS/cm  | Minéralisation importante        |
| C.E > 1000 µS/cm        | Minéralisation élevée            |

### I.4.3.5 Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un élément essentiel à la vie aquatique. Il conditionne les réactions biologiques des écosystèmes et participe à la dégradation de la matière organique. Sa présence provient principalement de la dissolution de l'oxygène atmosphérique et de la photosynthèse, et varie selon la température, la pression et la salinité du milieu. [7]

### I.4.3.6 Le rapport de biodégradabilité :

Le rapport DCO/DBO<sub>5</sub> constitue un indicateur de la biodégradabilité des matières présentes dans les eaux usées. Il reflète la capacité de ces substances à être décomposées par les micro-organismes et oriente ainsi le choix des procédés de traitement les plus adaptés en station d'épuration.

**Tableau I.3 : Coefficient de biodégradabilité (Rodier, 1996)**

| DCO /DBO <sub>5</sub>      | La capacité de biodégradabilité                                            |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| DCO /DBO <sub>5</sub> <2   | L'eau facilement biodégradable par voie biologique                         |
| 2<DCO /DBO <sub>5</sub> <3 | L'eau est moyennement biodégradable par voie biologique                    |
| DCO /DBO <sub>5</sub> >3   | L'eau est difficilement biodégradable par voie biologique voire impossible |

### I.4.3.7 L'azote :

L'azote présent dans les eaux peut se retrouver sous différentes formes : réduite (azote ammoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et azote organique), moléculaire (azote dissous) ou oxydée (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Il suit un cycle biogéochimique d'évolution, passant successivement de l'azote organique à l'ammoniac, puis au nitrite et au nitrate, pour aboutir finalement à la formation d'azote gazeux (N<sub>2</sub>)

### I.4.3.8 Le phosphore :

Le phosphore total présent dans les eaux naturelles se retrouve principalement sous deux formes : les phosphates et le phosphore organique. Une part significative de ce phosphore provient des rejets industriels. Par assimilation, les algues transforment les phosphates en phosphore organique sous l'effet de la photosynthèse. Lorsque sa concentration dépasse 0,94 mg/L dans les eaux naturelles, le phosphore devient un facteur déterminant du processus d'eutrophisation des milieux aquatiques. [8]

### I.4.3.9 Les métaux lourds :

Les métaux lourds constituent l'une des formes de pollution les plus toxiques des eaux usées, en raison de leur persistance et de leur impact sur les écosystèmes et la santé humaine. Leur origine est principalement industrielle. Parmi les plus fréquemment rencontrés figurent le cuivre, le zinc, le cadmium, le chrome, le plomb, le mercure et le nickel. [9]

### I.4.4 Les paramètres microbiologiques :

L'analyse microbiologique des eaux usées constitue une étape fondamentale pour l'évaluation de leur qualité ainsi que de l'efficacité des procédés de traitement. Elle repose sur la mesure de plusieurs indicateurs microbiologiques couramment utilisés, permettant de détecter la présence d'agents pathogènes et d'estimer les risques sanitaires associés.

### I.5 Composition des eaux usées urbaines :

**Tableau I.4 : Tableau représentant la composition des eaux usées urbaines**

| Caractéristiques    | Moyenne                               |
|---------------------|---------------------------------------|
| pH                  | 7-7.5                                 |
| DBO5                | 150 à 400 mg/l                        |
| DCO                 | 800 à 1000 mg/l                       |
| MES                 | 200 à 500 mg/l                        |
| Azote total (N-NTK) | 30 à 80 mg/l                          |
| Phosphore total     | 7 à 20 mg/l                           |
| Coliformes totaux   | $10^7$ à $10^8$ bactéries pour 100 ml |

Source : B.méot et Z.alamy :Les eaux usées urbaines,1999,620 p  
. ISBN 978-0070418783.

### I.6 Impacts de la pollution:

#### I.6.1 La santé publique :

Les eaux usées non traitées contiennent une grande variété de micro-organismes pathogènes, couramment présents dans le tractus intestinal humain. L'exposition à ces agents par la baignade dans des eaux récréatives contaminées ou par la consommation de fruits de mer pollués peut entraîner diverses maladies, telles que le prurit du nageur, les gastro-entérites, les dermatites, les hépatites virales, les infections de plaies, le choléra, la fièvre typhoïde et la dysenterie. Par ailleurs, les eaux usées peuvent renfermer des composés toxiques ainsi que des substances potentiellement mutagènes ou cancérogènes. Il est donc primordial d'éliminer efficacement ces agents pathogènes afin de préserver la santé publique.

#### I.6.2 Environnement :

L'accumulation et le rejet non traité des eaux usées provoquent la décomposition de leur charge organique, générant diverses nuisances, notamment l'émission de gaz malodorants. Tous les organismes aquatiques dépendent de l'oxygène dissous, dont la concentration est naturellement limitée. Or, les nutriments présents dans les eaux usées favorisent la prolifération excessive de végétation aquatique,

entraînant une diminution de l'oxygène disponible et un phénomène d'eutrophisation. Cette eutrophisation, résultant d'un apport excessif en nutriments, dégrade la qualité de l'eau et perturbe les équilibres écologiques. Par conséquent, l'élimination efficace des matières organiques et inorganiques constitue une condition essentielle pour maintenir un environnement durable, propre et sain, au bénéfice des générations actuelles et futures.

### **I.6.3 Économique :**

L'utilisation agricole des effluents traités contribue à préserver la qualité environnementale tout en soutenant des objectifs nationaux tels que le développement d'une agriculture durable et la préservation des ressources en eau en période de pénurie. L'irrigation avec des eaux usées permet également de réduire le niveau de traitement nécessaire et les coûts associés, le sol et les cultures jouant un rôle de biofiltre naturel. De plus, l'exploitation des nutriments présents dans ces effluents peut diminuer les dépenses liées à la fertilisation. [4]

### **I.6.4 Agricoles :**

Dans certaines régions, l'eau est toujours utilisée pour l'arrosage ou l'irrigation, souvent sans traitement préalable. La qualité de cette eau influence la structure du sol, sa microflore bactérienne, ainsi que la santé des cultures et du bétail qui en dépendent. Par ailleurs, les boues issues du traitement des eaux usées peuvent constituer une source de pollution des sols lorsqu'elles contiennent des substances toxiques, telles que les métaux lourds.

## **I.7 Norme de rejet :**

### **I.7.1 Norme de rejet en Algérie :**

Conformément aux normes algériennes, les limites maximales des rejets d'effluents sont répertoriées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau I.5 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels**

| Caractéristiques   | Valeurs limites |
|--------------------|-----------------|
| Température        | <30°C           |
| pH                 | 6.5 à 8.5       |
| Couleur            | Colorless       |
| Odeur              | Odorless        |
| MES                | <30 mg/l        |
| DBO5               | <35-40 mg/l     |
| DCO                | <125-130 mg/l   |
| Azote total        | <30 mg/l        |
| Phosphore total    | <10 mg/l        |
| Huiles et Graisses | <20 mg/l        |

Source : Journal officiel de la République Algérienne. N06°, Juillet 2006

### I.8 Conclusion :

À la lumière des informations présentées dans ce chapitre, il apparaît clairement que les eaux usées constituent une menace majeure pour la santé humaine et pour les écosystèmes aquatiques. Il est donc impératif de les traiter efficacement ou de réduire leur charge polluante afin de prévenir leurs effets néfastes sur l'environnement et les populations.

# **Chapitre II :**

## **La recharge artificielle des nappes**

### II.1 Introduction :

La recharge artificielle des aquifères, ou *Managed Aquifer Recharge* (MAR), est une technique de gestion des ressources en eau souterraine visant à augmenter le volume d'eau stocké dans les nappes phréatiques par l'infiltration d'eaux naturelles (cours d'eau, eaux pluviales) ou d'eaux épurées issues de stations d'épuration ou de dessalement. Cette opération peut être réalisée au moyen de dispositifs simples, tels que des terrains d'épandage ou des bassins d'infiltration, ou par des structures plus élaborées comme les forages et les puits. Elle produit un effet volumétrique (stockage d'eau), un effet piézométrique (remise en pression), ou les deux. Historiquement, des pratiques assimilables à la recharge artificielle existaient déjà dans l'Antiquité, notamment à travers l'irrigation agricole, où l'excédent d'eau s'infiltrait dans le sol, contribuant indirectement à réalimenter les nappes. Aujourd'hui, cette technique connaît un intérêt croissant dans les régions confrontées à la raréfaction des ressources en eau, aux impacts du changement climatique ou à des risques tels que l'intrusion marine.

### II.2 Définition de la Recharge Artificielle de la Nappe :

La recharge artificielle des nappes (RAN) consiste à augmenter intentionnellement, par des moyens techniques, le volume d'eau alimentant un aquifère. Dans sa forme avec stockage (*MARS*), l'eau est injectée en période d'abondance et récupérée en période sèche, utilisant le sous-sol comme réservoir. Les eaux de recharge peuvent être naturelles (pluie, cours d'eau) ou traitées (dessalement, épuration). [10]

### II.3 Les objectives de la recharge artificielle :

- Réduire, arrêter ou même inverser la baisse des niveaux des eaux souterraines pour contrôler l'affaissement des sols ou réduire le coût du pompage des eaux souterraines.
- Protéger l'eau douce souterraine dans les aquifères côtiers contre l'intrusion d'eau salée.
- Stocker les eaux de surface, y compris les eaux de crue ou autres eaux excédentaires et les eaux recyclées (traitées), pour une utilisation future. [11]

### II.4 Inconvénients de la recharge artificielle des nappes :

Pour faire à peu près le tour de la question, il reste à signaler les problèmes spéciaux auxquels la recharge permet de faire face :

- Drainage d'une nappe phréatique par injection dans des couches profondes ;
- Réduction du débit d'une rivière ;
- Régulation thermique d'une ressource en eau ;
- Le stockage souterrain des résidus liquides peut provoquer des risques sur le sous-sol en raison de la nature physico-chimique de ces résidus liquides comme la détérioration de gisements minéraux et la dégradation d'eaux souterraines ;

- Problème du colmatage : le colmatage est lié à l'apport, par l'eau infiltrée, de fines particules qui colmatent les pores du sol, mais aussi à des réactions physico-chimiques ou biologique Synthèse bibliographique 37 dans le sol entraînant, par exemple, le gonflement des argiles ou la prolifération des bactéries ou d'algues créant un film biologique, que l'on ne peut éliminer totalement car il participe à l'épuration des eaux infiltrées. [12]

### II.5 Aperçu historique de la RAN :

D'après les sources bibliographiques, les débuts de la RAN correspondent à l'expérience d'épandage qu'a conduit à Pasadena en 1895 aux Etats-Unis. Ensuite effectué de petits tests de recharge par puits en 1935. Parallèlement, en Europe, durant l'industrialisation au 19-ème siècle, les établissements de l'eau aux Pays-Bas, en Angleterre et en Allemagne utilisaient cette technique suite aux pollutions qui ont affecté les rivières. La production systématique à partir de cette technique a commencé entre 1870 et 1890. Depuis, cette technique a été utilisée pour la recharge des aquifères libres – notamment dans les cordons dunaires pour stocker et filtrer l'eau pour l'alimentation en eau potable. Dans les années 1952-1953, les premiers dispositifs expérimentaux d'ASR (AquiferStorage & Recovery) ont été réalisés dans l'état de Californie. Ils ont été suivis par ceux opérationnels dans les états de Californie et de Floride aux Etats-Unis à partir de 1969. Depuis, la technique n'a pas cessé d'évoluer notamment avec les expériences conduites en Australie, le Canada et la Grande-Bretagne durant les années 1975-1985. L'alimentation en eau de plusieurs villes européennes densément peuplées est en partie assurée par cette technique (Schlosser, 1991). En France, la production d'eau à partir des dérivations de rivière, une des techniques de RAN, atteint environ 50% de la production en eau potable, Aux Pays-Bas 13% de l'eau potable est assurée par RAN. En Allemagne, 60% des besoins en eau potable de la ville de Berlin sont assurés à partir des techniques de RAN. Aux Etats-Unis, cette technique est utilisée sur une grande échelle du fait de son efficacité et des économies qu'elle offre dans le traitement de l'eau, la plupart des pays industriels disposent pratiquement de sites de recharge

### II.6 Conditions favorables pour la recharge des nappes souterraines : [13]

- Présence de formations sableuses, graveleuses ou de roches fortement fracturées, qu'elles soient souterraines ou affleurantes sur de vastes surfaces ou dans les lits des cours d'eau.
- Absence d'obstacles limitant le déplacement horizontal ou vertical des eaux souterraines.
- Présence de sites adaptés à l'implantation de puits de recharge, de barrages ou d'ouvrages de dérivation.
- Forte densité de population et zones prévues pour un développement urbain futur.
- Profondeur des eaux souterraines supérieure à 5 m, idéalement comprise entre 15 et 20 m.
- Le taux d'infiltration doit dépasser 0,25 m/jour, les milieux les plus favorables étant les sables moyens à grossiers, avec des taux allant de 5 à 10 m/jour.

- Paramètres hydrauliques des aquifères : transmissivité supérieure à 500 m<sup>2</sup>/jour et perméabilité comprise entre 10<sup>-2</sup> et 10<sup>-5</sup> m/s.
- Taux et qualité des eaux usées : il est préférable de situer l'installation de recharge à proximité de la station de traitement. [13]

### II.7 La Recharge Artificielle de la Nappe (RAN) et le changement climatique :

#### II.7.1 Cas de l'Algérie

En tant que pays d'Afrique du Nord, l'Algérie fait face à de nombreux défis liés aux changements climatiques. Les températures moyennes augmentent, les épisodes de sécheresse se multiplient et les précipitations deviennent moins abondantes. Selon les projections des Nations unies, la population algérienne pourrait croître de 40 % d'ici 2050. Le réchauffement climatique impacte gravement la planète, y compris l'Algérie, où il provoque la montée du niveau des mers, des modifications océaniques, une intensification des phénomènes météorologiques extrêmes et une évaporation accrue de l'eau, altérant ainsi le régime des pluies. Cette évolution menace la biodiversité en perturbant les cycles de croissance des plantes sauvages et cultivées. Elle affecte aussi les conditions de vie humaines, en augmentant les risques sanitaires liés aux vagues de chaleur, cyclones, inondations et sécheresses, en favorisant la propagation de maladies, et en perturbant la disponibilité, la qualité et la quantité des ressources naturelles, ainsi que les rendements agricoles et les activités de pêche.

Les projections climatiques pour l'Algérie sont disponibles sur le Climate Change Knowledge Portal et peuvent être analysées en termes de moyenne ou d'anomalie (changement) projeté. Les projections climatiques pour l'Algérie indiquent une hausse moyenne annuelle des températures pouvant atteindre 6,2 °C d'ici 2100 sous un scénario d'émissions élevées. Le changement climatique contribuera significativement aux pénuries d'eau dans la région MENA, avec un impact estimé à 22 % d'ici 2050. Ces projections sont confirmées par plusieurs études, notamment sur l'évolution des températures mensuelles selon différents scénarios climatiques.

Tendances climatiques actuelle en Algérie :

- Période de sécheresse intense et persistante durant les 25 dernières années.
- Déficit pluviométrique important, évalué à près de 30 %, sur l'ensemble du pays.
- Réduction des apports au Sahara estimé à 29%.
- Augmentation de la température au cours du XXème siècle comprise entre 1,5° et 2°C, soit plus du double de la hausse moyenne planétaire sur la même période.

Pour atténuer l'impact du changement climatique sur la recharge naturelle des nappes, la recharge artificielle constitue une solution pertinente. Il est essentiel d'assurer un suivi rigoureux de la qualité et de la quantité de l'eau utilisée, tout en adoptant des pratiques de gestion durable.

L'utilisation d'eaux usées traitées pour la recharge permet non seulement de réduire les impacts environnementaux liés à leur rejet, mais aussi de répondre aux besoins croissants en eau. Cette méthode contribue également à diminuer la salinité des eaux souterraines et à limiter l'intrusion d'eau de mer dans les aquifères côtiers. Enfin, le recours aux systèmes de recharge doit être adapté aux besoins spécifiques de la ressource en eau ciblée, qu'ils soient qualitatifs et/ou quantitatifs.

### II.8 La Recharge Artificielle de la Nappe (RAN) et l'intrusion marine :

#### II.8.1 Les biseaux salés - l'intrusion marine - :

Le phénomène de « bisous salé » désigne la rupture de l'équilibre entre eaux douces et salées dans un aquifère, causée par une diminution des flux d'eau douce et/ou une augmentation de la pression de l'eau de mer. Cette perturbation entraîne une intrusion progressive de l'eau salée dans l'aquifère, dégradant significativement la qualité de la ressource dès que la concentration en eau de mer dépasse 2 %. La cause principale est souvent la surexploitation des nappes côtières, aggravée par la croissance démographique, mais elle peut aussi résulter d'une baisse naturelle de la recharge ou de la montée du niveau marin. [14]

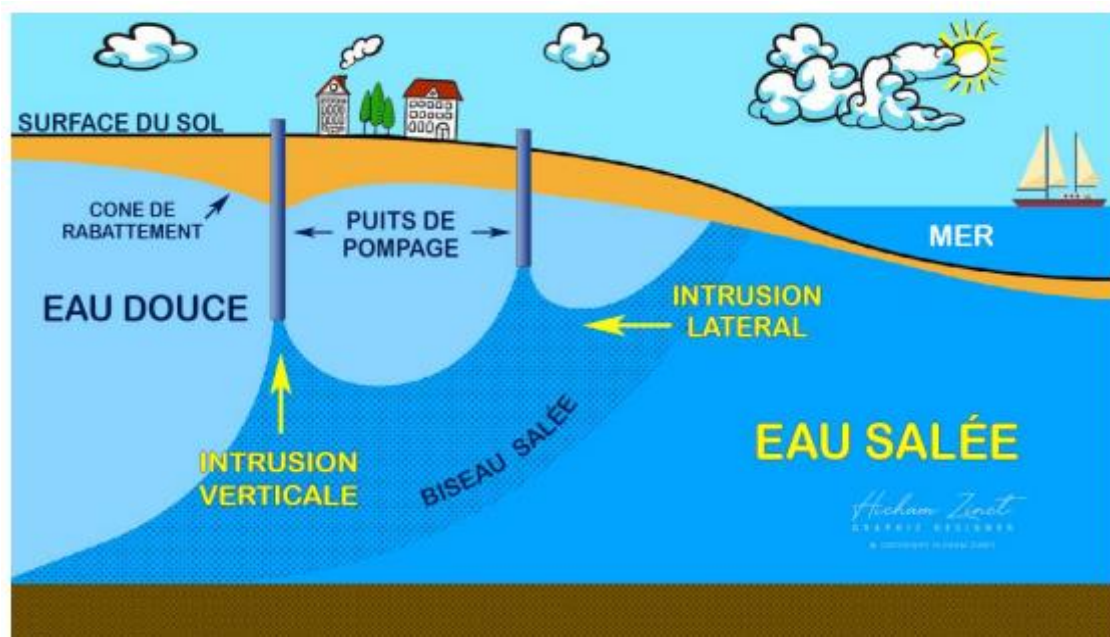


Figure II.1: Représentation du biseau salé

### II.9 Composants d'un système de recharge des eaux souterraines :

Un système de recharge des eaux souterraines est un ensemble complexe comprenant des éléments situés à la surface et en sous-sol. Les composants de surface incluent la source d'eau récupérée ainsi que les traitements associés avant la recharge et l'extraction ultérieure. Après infiltration ou injection, l'eau

## CHAPITRE II : La recharge artificielle des nappes

est stockée dans les couches souterraines, où sa qualité s'améliore au fil du temps grâce au passage à travers les différentes strates. L'eau injectée peut ensuite être prélevée pour être utilisée immédiatement ou conservée sous terre pour un usage futur.

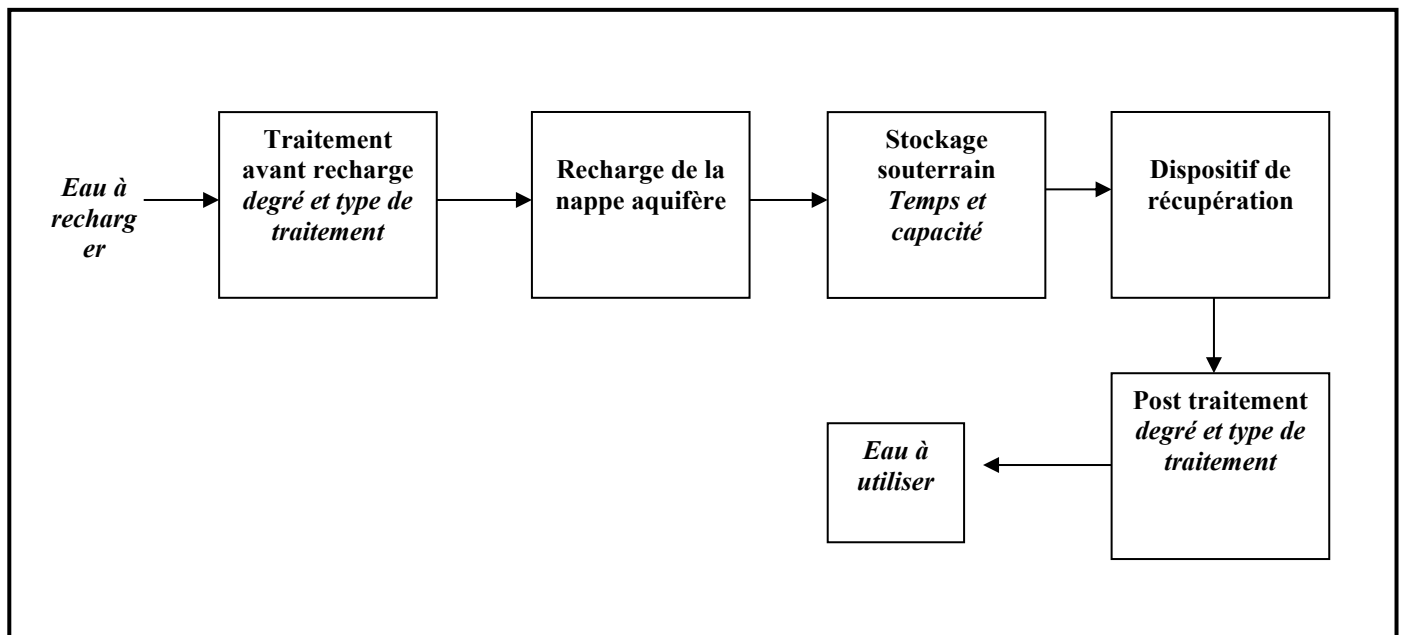


Figure II.2: Les cinq principaux composants d'un système de recharge des eaux souterraines

### II.10 Les méthodes de la recharge artificielle des nappes souterraines :

Trois méthodes de recharge des nappes souterraines sont couramment utilisées

- **Epandage en surface**, où l'eau est répartie sur le sol pour s'infiltrer naturellement.
- **Injection dans la zone vadose**, où l'eau est injectée dans la zone non saturée de l'aquifère.
- **Injection directe dans l'aquifère**, où l'eau est injectée directement dans la zone saturée.

#### II.10.1 Injection directe dans l'aquifère :

La recharge directe consiste à injecter de l'eau, généralement fortement traitée, directement dans un aquifère généralement bien confiné, par pompage. La recharge directe est pratiquée :

- Là où les eaux souterraines sont profondes ou lorsque la topographie ou l'utilisation actuelle des terres rendent l'épandage en surface impraticable ou trop coûteuse.
- Lorsque l'injection directe est particulièrement efficace pour créer des barrières d'eau douce dans les aquifères côtiers contre l'intrusion marine.

Les puits d'injection directe sont des outils polyvalents pour la recharge artificielle des nappes, utilisables en zones saturées ou non saturées. Ils peuvent aussi servir de puits de stockage et de récupération, parfois combinant injection et extraction dans un même ouvrage. Cependant, cette méthode présente un coût de construction élevé, notamment pour les aquifères profonds, ainsi que des dépenses énergétiques importantes liées à l'injection d'eau nécessaire pour maintenir un gradient hydraulique

favorable à des taux d'infiltration adéquats. [15]

### II.10.2 Injection dans la zone vadose :

Les puits d'injection dans la zone vadose, technologie récente de recharge artificielle, exploitent la zone non saturée. Ils ont été développés pour répondre à l'augmentation des coûts fonciers en zones urbaines, où les terrains sont de plus en plus chers. Cette solution constitue une alternative aux bassins d'infiltration, dont l'acquisition foncière et les coûts d'adduction sont élevés, car les puits d'injection nécessitent un espace beaucoup plus réduit. [15]

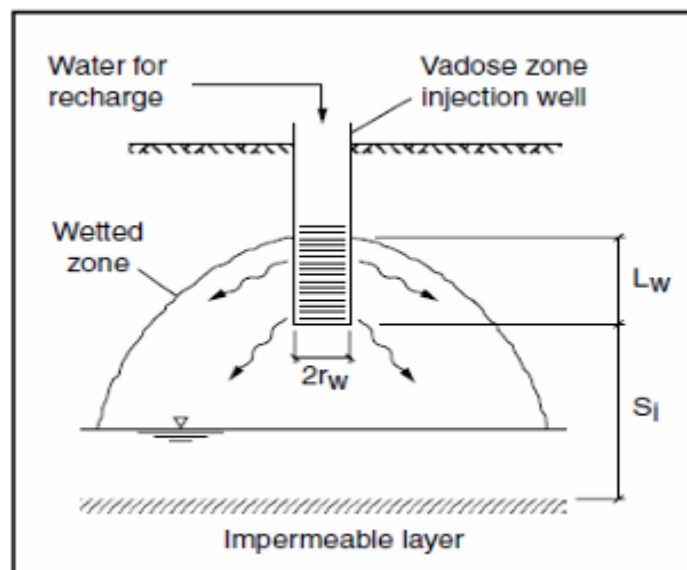


Figure II.3 : Schéma des puits d'injections dans la zone vadose

### II.10.3 Epandage en surface :

L'épandage en surface via les bassins d'infiltration, ou *Rapid Infiltration Basins* (RIBs), est la méthode de recharge la plus ancienne, simple et répandue. L'eau traitée est déversée dans ces bassins où elle s'infiltre à travers la zone non saturée, rechargeant ainsi les nappes phréatiques tout en étant filtrée par les couches de sol. Cette technique est privilégiée pour son usage efficace de l'espace et sa faible exigence en entretien.

Les bassins d'infiltration destinés à la recharge artificielle des nappes nécessitent des sols perméables, tels que sables, graviers ou limons sableux, offrant des taux d'infiltration relativement élevés. Ces sols doivent permettre la transmission de l'eau sans saturer la zone située au-dessus de la nappe phréatique. Le taux d'infiltration varie généralement entre 0,3 et 3 m/jour. Lorsque le fond des bassins est exempt de sédiments ou d'encrassements, et que le niveau des eaux souterraines est suffisamment bas, le taux d'infiltration est proche de la conductivité hydraulique verticale du sol. [15]

L'épandage en surface nécessite plusieurs conditions :

## CHAPITRE II : La recharge artificielle des nappes

- Couches supérieures de sol perméables ;
- Nappe portique non proche à la surface ;
- Terrain relativement plat;
- Transmissivité de l'aquifère suffisante;

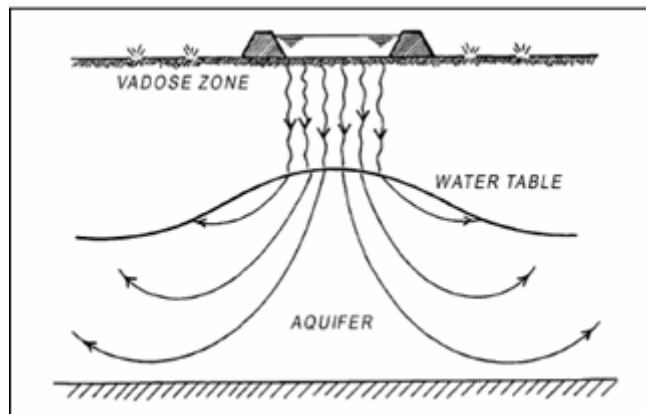


**Figure II.4 : Schéma d'un bassin d'infiltration (Bouwer.2002)**

**Tableau II.1 : Avantages et inconvénients des différentes méthodes de recharge des eaux souterraines**

| Avantages                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Inconvénients                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Epandage en surface</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativement facile à construire et à utiliser ;</li> <li>• Les niveaux primaires ou secondaires de prétraitement peuvent être satisfaisants (sauf si l'eau rechargée est destinée à la consommation humaine).</li> </ul>                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande superficie de terrain requise ;</li> <li>• Disponibilité limitée de sites appropriés : Caractéristiques du sol sont très importants dans le choix du site ;</li> <li>• Entretien périodique du bassin requis ;</li> <li>• Quelques pertes par évaporation à la surface de l'eau ;</li> <li>• La croissance des algues peut affecter le colmatage (eutrophisation).</li> </ul> |
| <b>Injection dans la zone vadose</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Site relativement petit requis ;</li> <li>• Pertes par évaporation négligeables ;</li> <li>• Technologie moins coûteuse que les puits d'injection directe ;</li> <li>• Potentiel accru d'amélioration de la qualité de l'eau par rapport aux puits à injection directe</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie relativement nouvelle;</li> <li>• Seules les données sur la durée de vie à court terme sont disponibles ;</li> <li>• Un prétraitement intensif des eaux usées est nécessaire pour éviter le colmatage et la croissance microbienne ;</li> <li>• Aucune méthode efficace disponible pour réaménager les puits.</li> </ul>                                                 |
| <b>Injection directe</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Site relativement petit requis ;</li> <li>• Peut être utilisé pour l'injection et l'extraction d'eau ;</li> <li>• Taux élevé d'injection d'eau ;</li> <li>• L'écoulement dans les puits peut être inversé pour l'entretien des puits ;</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativement coûteux à construire;</li> <li>• Énergivore : Pompes haute pression requis pour injection d'eau ;</li> <li>• La conception et la construction nécessitent une plus grande expertise que les puits d'injection de la zone vadose ;</li> </ul>                                                                                                                            |

### II.11 Sélection du système de recharge :

L'épandage en surface via des bassins d'infiltration reste la méthode la plus répandue pour la recharge des eaux souterraines. L'utilisation récente de puits d'injection dans la zone vadose, ciblant les aquifères non confinés, est quant à elle moins courante. Les puits d'injection directe peuvent être employés aussi bien dans des aquifères captifs que non confinés, et conçus pour injecter à différentes profondeurs dans plusieurs aquifères. Ils peuvent également être aménagés en puits à double usage, permettant à la fois l'injection et la récupération de l'eau. [11]

Les principaux facteurs influant sur le choix et la conception des différentes méthodes de recharge sont énumérés dans le tableau

**Tableau II.2 : Caractéristiques des principales méthodes de recharge des aquifères (modifié d'après Environmental Protection Agency des États-Unis, 2004)**

| Caractéristiques                                      | Bassins d'infiltration            | Injection dans la zone vadose                                   | Injection directe                                                     |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Type d'aquifère                                       | Libre                             | Libre                                                           | Libre/Captive                                                         |
| Estimation des Coûts d'investissement majeurs (\$ US) | Terres et réseau de distribution  | 25 000 à 75 000 \$ par puits                                    | 500 000 à 1 500 000 \$ par puits                                      |
| Exigence de prétraitement                             | Traitement secondaire             | Traitement secondaire et filtration                             | Traitement avancé                                                     |
| Capacité                                              | 100 à 20 000 m <sup>3</sup> /ha/j | 1000-5000 m <sup>3</sup> /puits/j (dépend du diamètre du puits) | 2000-6000 m <sup>3</sup> /puits/j (dépend de la capacité de la pompe) |
| Exigences de maintenance                              | Séchage et raclage                | Séchage et désinfection                                         | Désinfection et inversion de flux                                     |
| durée de vie estimé                                   | >100 ans                          | 5 à 20 ans                                                      | 25 à 50 ans                                                           |

Les deux considérations les plus importantes pour le choix d'une méthode de recharge sont le type d'aquifère et la disponibilité des terres. S'il n'existe que des conditions saturées (c.-à-d. aucune zone vadose), des puits d'injection directe sont nécessaires. Lorsqu'un aquifère non confiné avec une zone vadose est présent et que les terres sont facilement disponibles, les bassins de recharge sont un choix logique ; Si les terres ne sont pas facilement disponibles, des puits d'injection de la zone vadose ou des puits d'injection directe peuvent être utilisés. Les puits d'injection de la zone vadose sont plus économiques. Pour les puits de zone vadose et d'injection directe Un prétraitement est nécessaire pour éliminer les solides et empêcher le colmatage due à la croissance biologique. Comme le flux ne peut pas être inversé dans les puits d'injection de la zone vadose, le colmatage peut être irréversible et la durée de vie des puits d'injection de la zone vadose est incertaine

### II.12 L'expérience algérienne en matière de recharge de la nappe de Mitidja

Dans la nappe de Mitidja, l'ANRH a initiée un projet innovant pour contrer la surexploitation de la

## CHAPITRE II : La recharge artificielle des nappes

---

nappe alluviale, essentielle pour l'agriculture, l'industrie et l'approvisionnement en eau potable. Le site de Tabainet, favorisé pour sa proximité avec l'Oued el Harrach, bénéficie d'une nappe peu profonde et de caractéristiques géologiques favorables à une infiltration efficace. Le dispositif, composé d'un bassin de décantation de 50x50x3m pour diminuer les matières en suspension et améliorer la qualité d'eau et trois bassins d'infiltration de 30x15x3m. L'eau est acheminée par gravité depuis l'Oud el Harrach via un canal. Les objectifs de cette pratique incluent l'étude dynamique de l'eau et des sédiments, la détermination des perméabilités des aquifères, et l'analyse du colmatage des dispositifs de recharge, ainsi que le suivi à long terme de la réaction de la nappe.

La recharge artificielle de la nappe de Mitidja est une réponse à la baisse des niveaux d'eau due à l'exploitation intensive et aux pertes vers la mer. Depuis son arrêt en 2005, il est devenu impératif de réactiver ce dispositif et d'envisager de nouveaux bassins pour maximiser la recharge lors des crues. La simulation du site pilote a révélé un rabattement notable sous les conditions actuelles, soulignant l'urgence d'une gestion intégrée des ressources en eau. [16]

La structure géologique du site de recharge révélée par sept piézomètres montre une alternance de couches de graviers, galets, limons et argiles, jusqu'à une profondeur de 100m. Cette connaissance approfondie de la géologie est cruciale pour comprendre la dynamique de l'eau, et pour évaluer la perméabilité des aquifères sollicités dans le processus de recharge.

Ce projet pilote ne se limite pas à la recharge de la nappe, il vise également à promouvoir un développement durable en augmentant les réserves en eau exploitables en relevant le niveau d'eau dans les puits et les forages, contribuant ainsi à la sécurité hydrique de la région.



**Figure II.5 : Bassins d'infiltration (Google Earth,2024)**

### II.12.1 Essai d'estimation du volume infiltré :

Une première estimation de la recharge artificielle a été faite sur le site expérimental, et après avoir imposé un débit de 200 l/s durant les mois de mars et avril 2005. Le volume d'eau infiltrée dans les trois bassins d'infiltration est calculé durant ces deux mois (mars et avril 2005), en tenant compte de l'évapotranspiration moyenne mensuelle calculée dans la région.

#### Volume infiltré par jour :

$$200 \text{ l/s} \times 3600 \times 24 = 17.280.000 \text{ l/j soit } 720 \text{ m}^3/\text{h}$$

Nous pouvons augmenter ce débit à 1000 m<sup>3</sup>/h correspond à la capacité des bassins d'infiltrations.

## II.13 La recharge artificielle des à partir des eaux usées traitées :

### II.13.1 Impact des eaux usées traitées sur le sol :

L'impact des eaux usées traitées (EUT) sur le sol peut être considéré sous deux aspects principaux :

#### II.13.1.1 Effets physiques :

Les eaux usées traitées (EUT) contiennent des matières en suspension, des matières organiques, des sels et des métaux lourds qui peuvent s'accumuler et obstruer les pores du sol, réduisant ainsi l'infiltration. Ce colmatage, problème majeur, peut avoir des causes physiques (teneur en MES, nature du sol) ou chimiques et biologiques, comme la précipitation de sels (calcium, fer).

#### II.13.1.2 Effets chimiques :

Une gestion insuffisante et une utilisation non maîtrisée des eaux usées traitées (EUT) peuvent provoquer une accumulation excessive de nutriments, entraînant pollution des sols et toxicité pour les cultures et les nappes phréatiques. De plus, les EUT d'origine industrielle risquent de faire s'accumuler des métaux traces dans les sols et les plantes. [17]

### II.13.2 Impact des eaux usées traitées sur la nappe :

L'utilisation des eaux usées traitées (EUT) pour l'irrigation peut avoir des conséquences importantes sur la qualité des nappes phréatiques. Voici un résumé des impacts mentionnés

- La percolation des eaux usées traitées (EUT) peut provoquer une contamination des nappes phréatiques par des nitrates et des éléments traces métalliques (ETM)
- Dans les zones côtières, l'utilisation des eaux usées traitées (EUT) peut aider à limiter l'intrusion marine et la salinisation des nappes causées par la surexploitation. Cependant, elle peut également entraîner une recharge accrue avec des EUT, notamment dans les secteurs où

les niveaux des nappes sont déjà bas

### II.13.3 Impact des eaux usées traitées sur l'agriculture :

L'impact des eaux usées traitées (EUT) sur l'agriculture est complexe et dépend de plusieurs facteurs. Voici un résumé des points clés :

- Les techniques d'irrigation influencent la contamination des cultures par les EUT. L'irrigation de surface favorise la présence de germes fécaux, tandis que le goutte-à-goutte réduit les risques liés aux sels et micro-organismes contenus dans l'eau
- La qualité des EUT peut favoriser la croissance des cultures, notamment fourragères et arbustives, en améliorant les rendements et la production de biomasse. Cependant, des concentrations élevées de certains éléments dans les EUT peuvent devenir toxiques si elles dépassent les seuils recommandés pour l'irrigation
- Une utilisation non maîtrisée des EUT peut entraîner contamination et toxicité. Il est donc crucial de surveiller et réguler leur usage en irrigation afin d'optimiser les bénéfices tout en limitant les risques pour les cultures et l'environnement.

### II.14 Conclusion :

La recharge artificielle des nappes est une stratégie clé pour une gestion durable des ressources en eau. En infiltrant de l'eau traitée dans les aquifères, cette méthode permet de reconstituer les réserves souterraines tout en offrant des bénéfices environnementaux, économiques et sociaux, tels que la réduction de la dépendance aux eaux superficielles, la préservation des écosystèmes et la sécurité hydrique durable. Sa mise en œuvre exige cependant une planification rigoureuse, un suivi permanent de la qualité de l'eau et une sensibilisation des acteurs concernés. Ainsi, la recharge artificielle constitue une solution prometteuse face aux enjeux croissants de la disponibilité en eau.

**Chapitre III :**  
**Présentation**  
**de la STEP de Baraki**

### III.1 Introduction :

La station d'épuration de Baraki, située à Alger au carrefour Sidi Rzine (à droite de la RN8), est la principale installation de traitement des eaux usées de la ville et la deuxième plus grande station de ce type en Algérie.

### III.2 Présentation de la STEP de Baraki :

La station d'épuration de Baraki a une capacité nominale de traitement de 1,8 million d'équivalents habitants (EH) pour un débit moyen de 300 000 m<sup>3</sup>/jour, traitant les eaux usées du Grand Alger. Mise en service initialement en 1989, elle a cessé de fonctionner pendant une longue période avant d'être réhabilitée récemment. Sa capacité a été doublée à 1,8 million EH avec la mise en service en 2015 de la deuxième tranche, d'une capacité de 900 000 EH.

Les eaux brutes d'OUED EL HARRACH et de BABA ALI arrivent dans deux collecteurs (un gravitaire et l'autre en refoulement) qui se rejoignent dans un regard placé à l'entrée de la station avant de passer au poste de relevage. Cette station reçoit en moyenne 300 000 m<sup>3</sup> /jour et produit 20 000 tonnes des boues

La station de BARAKI est de type boues activées, elle se compose de deux filières :

- **Filière Eau** : Elle s'intéresse aux différentes étapes du traitement des eaux usées
- **Filière boue** : Son but est de désinfecter et réduire le volume de la boue



Figure III. 1 : la STEP de BARAKI (Google earth)

### III.3 Historique :

La construction de la station de traitement des eaux usées de Baraki s'est déroulée en plusieurs étapes, dont les principales sont les suivantes :

- **Mars 1976** : Projet définitif : Station d'épuration d'El Harrach (Baraki) pour le bassin versant central d'eaux usées de l'agglomération d'Alger.
- **Janvier 1977** : Dossier d'Appel d'Offres international pour la première tranche d'aménagement de la station d'épuration des eaux usées d'El Harrach.
- **1982** : Attribution du marché à l'entreprise française OTV, avec une proposition de construction modifiée par rapport à la solution de base du dossier d'Appel d'Offres.
- **1989** : Mise en service de la station.

### III.4 Les caractéristiques techniques de la STEP

Les caractéristiques de la STEP sont résumées dans le tableau suivant :

## CHAPITRE III : Présentation de la STEP de Baraki

**Tableau III.1 : La station d'épuration de BARAKI en chiffres (DRE,2023)**

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Date d'inscription                                              | 1989                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Date de mise en service                                         | 15/03/2009                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Entreprise de réalisation                                       | C.G.EC et WABAG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Procédé d'épuration                                             | Boues activées à moyenne charge.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Capacité actuelle et à l'horizon en EQ/Hab en m <sup>3</sup> /j | 1,8 millions éq.hab à l'horizon 3,6 millions éq.hab.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Milieu récepteur des eaux sortant de la STEP                    | Oued El Harrach                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Volume nominal actuel et à l'horizon                            | 300 000 m <sup>3</sup> /j à l'horizon 576 600 m <sup>3</sup> /j                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Volume réel entrant à la STEP                                   | 124 000 m <sup>3</sup> /j.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Débit moyen horaire                                             | 12 450 m <sup>3</sup> /h.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Débit de pointe de temps sec                                    | 19 200 m <sup>3</sup> /h.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Débit de pointe de temps de pluie                               | 38 400 m <sup>3</sup> /h.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Traitement tertiaire par filtres à sables et UV                 | 243 000 m <sup>3</sup> /j.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Volume annuel traité                                            | 45 000 000 m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Communes raccordés à la STEP                                    | Bab ezzouar, Bachdjerah, Belouizdad, Bourouba, Dar El-Beida, El-Harrach, El magharia, Hussein dey, Kouba, Mouhamadia, Oued essemar, Alger, Bab El oued, Ben Aknoun, Bouloughine, Bouzareah, Casbah, El Biar, El Madania, El Mouradia, Oued Koriche, Rais Hamidou, Sidi M'hamad, Hammamet, Baraki, Birtouta, Les Eucalyptus, Ouled Chebel, Sidi Moussa, Baba Hassan, Bir Mourad Rais, Birkhadem, Djisr Kasentina, Douera, Draria, El Achour, Hydra, Khraissia, Shaoula, Hydra, Bordj El Kiffan |
| Impact                                                          | Amélioration de la qualité d'eau rejetées dans Oued El Harrach et la suppression des rejets divers sur le milieu naturel de grand Alger, traitement tertiaire, désodorisation de l'air et réutilisation en agriculture.                                                                                                                                                                                                                                                                       |

### III.5 Fonctionnement de la station d'épuration de Baraki :

Le traitement approprié des eaux usées avant leur rejet dans l'environnement est essentiel pour protéger la santé publique et les écosystèmes vulnérables. En investissant dans des systèmes d'assainissement efficaces et des techniques de traitement performantes, nous favorisons un environnement sain et durable pour les générations actuelles et futures.

Elle est de type boues activées à moyenne charge et comporte les étapes suivantes :

### III.5.1 Filière eau :

#### III.5.1.1 Prétraitement :

##### III.5.1.1.1 Postes de relèvement : SGR2, PR1, PR2 :

L'objectif est d'alimenter l'ensemble de l'installation en eaux usées tout en assurant un flux gravitaire continu jusqu'au traitement tertiaire

- L'eau issue du collecteur Rive Gauche arrive au poste de relevage SGR2, situé à l'extérieur du site. Elle est relevée par trois vis d'Archimède vers la station de pompage PR1.
- Les eaux brutes pompées depuis PR1 sont acheminées vers la fosse de PR2, où elles sont mélangées aux eaux provenant de l'émissaire Baba Ali. Elles sont ensuite pompées, à l'aide de pompes à vis, vers le poste de dégrillage. [18]

**Tableau III.2 : Caractéristiques des postes de relèvement**

| Ouvrage                              | Caractéristique                            | Valeur                   |
|--------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| SRG2                                 | Capacité                                   | 45 216 m <sup>3</sup> /h |
|                                      | Nombre de grilles grossières               | 4                        |
|                                      | Entrefer                                   | 15-20 mm                 |
|                                      | Diamètre du collecteur RIVE GAUCHE         | 3,3 m                    |
| PR1                                  | Capacité                                   | 33 912 m <sup>3</sup> /h |
|                                      | Nombre de grilles grossières               | 4                        |
|                                      | Entrefer                                   | 15-20 mm                 |
|                                      | Diamètre de la conduite HARRACH industriel | 1,5 m                    |
| Canal intermédiaire entre PR1 et PR2 | Largeur                                    | 3,6 m                    |
|                                      | Hauteur                                    | 4,7 m                    |
|                                      | Hauteur d'eau maxi                         | 4 m                      |
| PR2                                  | Capacité                                   | 41 364m <sup>3</sup> /h  |
|                                      | Nombre de grilles grossières               | 5                        |
|                                      | Entrefer                                   | 15-20 mm                 |
|                                      | Diamètre de la conduite BABA ALI           | 2,3 m                    |
|                                      | Largeur du canal de sortie                 | 3,90 m                   |

##### III.5.1.1.2 Dégrillage:

Cette opération a pour but d'éliminer les débris supérieurs à 60 mm et 20 mm à partir d'une eau préalablement pré-dégrillée et pompée. Les résidus produits comprennent les refus du dégrillage grossier (>60 mm) et du dégrillage fin (>20 mm). [18]

**Tableau III.3 : Caractéristiques des dégrilleurs**

| Caractéristiques       | Dimensions          |                |
|------------------------|---------------------|----------------|
|                        | Dégrillage grossier | Dégrillage fin |
| Largeur de grille      | 1.74 m              |                |
| Epaisseur des barreaux | 8 mm                |                |
| Entrefer               | 60 mm               | 20 mm          |
| Largeur du canal       | 2 m                 |                |
| Profondeur du canal    | 4 m                 |                |



**Figure III.2 : Photo des dégrilleurs de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023).**

### **III.5.1.1.3 Dessableur deshuileur:**

Après le dégrillage, l'eau est dirigée vers un canal d'alimentation, puis répartie entre quatre dessableurs-dégraisseurs à double cellule. Dans ces équipements, l'eau préalablement dégrillée circule de l'entrée jusqu'à la sortie à l'extrémité opposée. Les opérations de dessablage et de déshuilage sont effectuées simultanément dans une structure rectangulaire à deux chambres parallèles, où l'eau est aérée par insufflation d'air. [18]

Les caractéristiques essentielles de l'ouvrage sont les suivantes :

**Tableau III.4 : Caractéristiques des dessableurs/déshuileurs**

| Ouvrage                 | Caractéristique       | Valeur                       |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Dessableurs- Déshuileur | Type                  | Double cellule longitudinale |
|                         | Longueur unitaire     | 40 m                         |
|                         | Largeur unitaire      | 8 m                          |
|                         | Surface               | 1280 m <sup>2</sup>          |
|                         | Volume théorique      | 3840 m <sup>3</sup>          |
|                         | Hauteur d'eau moyenne | 3.5m                         |

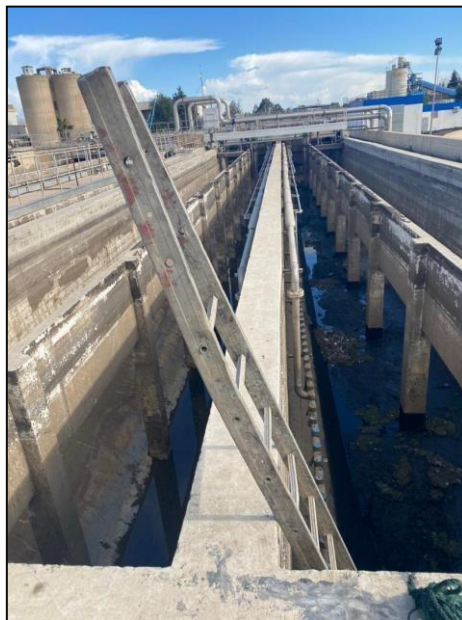


**Figure III.3 : Photo du dessableur de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023)**

### **III.5.1.2 Traitement primaire:**

#### **III.5.1.2.1 DECANTATION PRIMAIRE:**

L'eau traitée issue du poste de dessablage-dégraissage est d'abord dirigée vers un canal commun avant d'être répartie sur les quatre décanteurs primaires. Le processus de décantation se déroule en deux étapes : d'abord la décantation naturelle des matières en suspension (MES), où les particules se déposent selon leur densité, puis l'épaississement et l'extraction des boues. Les boues accumulées au fond des décanteurs sont épaissies, puis pompées vers l'ouvrage de répartition situé en amont des épaississeurs des boues primaires. Chaque décanteur est équipé d'un pont racleur pour le raclage des boues et d'une pompe pour extraire les flottants. Enfin, les eaux décantées sont envoyées vers l'ouvrage de répartition et de by-pass biologique. [18]

**Tableau III.5 : Caractéristiques du décanteur primaire**

| Ouvrage            | Caractéristique               | Valeur              |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|
| Décanteur primaire | Surface totale requise        | 9960 m <sup>2</sup> |
|                    | Surface unitaire              | 2463 m <sup>2</sup> |
|                    | Diamètre                      | 56 m                |
|                    | Hauteur d'eau droite minimale | 2.6 m               |



**Figure III.4 : Photo du décanteur primaire de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023)**

### **III.5.1.3 Traitement biologique**

#### **III.5.1.3.1 Bassin de répartition:**

Le bassin de répartition et de dérivation du traitement biologique reçoit plusieurs flux d'eau, notamment les eaux décantées issues du traitement primaire, les eaux provenant de la dérivation des dessableurs/dégraisers, les eaux de retour des postes toutes eaux, ainsi que les eaux résiduelles de lavage de la filtration tertiaire. Sa fonction principale est de répartir de manière équilibrée l'eau décantée vers les deux sections du traitement biologique. [18]

#### **III.5.1.3.2 Bassins d'Aération:**

Le bassin biologique est l'ouvrage le plus important de par sa fonction. On appelle ce bassin : bassin d'aération, bassin à boues activées ou encore bassin d'oxydation. Il assure les traitements des principaux

agents polluants en éliminant les éléments organiques comme les graisses, sucres, protéines, etc...et en réduisant la DBO<sub>5</sub>, la DCO, l'azote et le phosphore. La dégradation de ces éléments organiques est assurée par des microorganismes (bactéries) qui consomment les matières organiques en présence d'oxygène (méthode aérobie). [19]



**Figure III.5 : Photo du Bassins d'Aération de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023)**

### **III.5.1.3.3 Production d'Air Surpressé des Bassins d'Aération :**

Ce processus vise à produire de l'air sous pression, destiné à être injecté dans les zones aérées des bassins de traitement biologique. Son fonctionnement repose sur la création d'une surpression d'air grâce à un turbocompresseur. La quantité d'oxygène injectée est régulée selon les besoins spécifiques, en tenant compte de la température du bassin, généralement comprise entre 12 °C et 29 °C. [18]

### **III.5.1.3.4 Recirculation et extraction des boues :**

Ce processus consiste à recirculer les boues activées pour maintenir la concentration en microorganismes et l'efficacité d'épuration, tout en extrayant les boues excédentaires et les flottants pour réguler l'âge des boues. Les boues issues du clarificateur sont soit renvoyées vers le bassin biologique, soit envoyées vers le traitement final.

### **III.5.1.4 Traitement tertiaire:**

#### **III.5.1.4.1 Filtres à Sable Type Aquazur V :**

Ce processus de filtration retient les Matières en Suspension (MES) à l'aide de 7 filtres Aquazur V fonctionnant en parallèle, complétés par un système de surpresseurs, des bâches pour l'eau de lavage et

## CHAPITRE III : Présentation de la STEP de Baraki

---

l'eau sale, ainsi qu'un module de désinfection UV. L'eau clarifiée des décanteurs est filtrée, puis dirigée vers la désinfection ou stockée. Un lavage périodique des filtres, en trois phases (air seul, air + eau, eau seule), assure leur performance, les eaux de lavage étant renvoyées vers le traitement biologique ou rejetées en cas de débordement. [18]

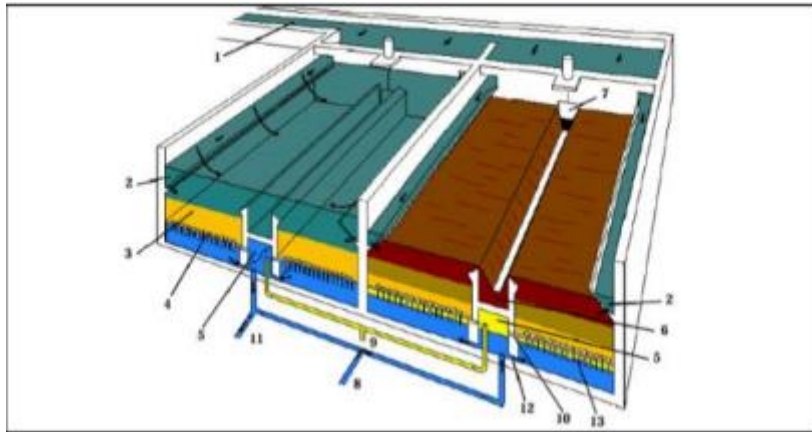


**Figure III.6 : Schéma de deux filtres Aquazur V double cellules.**

Le premier filtre est en production (filtre de gauche), le second est en phase de lavage (filtre de droite)

1. Canal d'eau décantée ;
2. Goulottes d'alimentation et de balayage ;
3. Lit filtrant (sable) ;
4. Plancher et buselures ;
5. Canal de reprise d'eau filtrée et de distribution d'eau de lavage et d'air ;
6. Canal d'évacuation des eaux de lavage ;
7. Vanne d'évacuation des eaux de lavage ;
8. Arrivée d'eau de lavage ;
9. Arrivée d'air ;
10. Orifices de répartition d'air de lavage ;
11. Sortie d'eau filtrée ;
12. Orifices de répartition d'eau de lavage ;

### 13. Matelas d'air.



Figure III.7 : filtre à sable de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023)

#### III.5.1.4.2 Désinfection UV:

Le processus de désinfection UV vise à garantir la qualité bactériologique de l'eau grâce à un traitement bactéricide. Il repose sur deux canaux parallèles, chacun équipé de quatre modules de lampes UV disposées en paires, appelées bancs UV. Chaque module comprend 36 lampes verticales à basse pression, dont la disposition permet un remplacement facile sans retrait du module du canal. Les lampes fonctionnent en continu dès qu'un débit est détecté par le débitmètre. Le débit maximal de l'eau en sortie de ce traitement est de 9 350 m<sup>3</sup>/h, avant d'être acheminée vers la bache d'eau traitée. [18]



Figure III. 8 : Photo de l'unité du traitement tertiaire de la STEP prise par (MAHIZI Anis, 2023).

**Remarque :** L'unité de traitement par UV est hors service depuis l'année 2017 pour des raisons techniques.

### III.5.2 Filière boues :

Les composants de la filière boue de la tranche 2 et les installations de la filière boue de la tranche 1 comprennent les éléments suivants :

- Deux postes d'extraction des boues primaires pour extraire les boues primaires de la tranche 1 et de la tranche 2.
- Deux postes d'extraction des boues biologiques pour la tranche 1 et la tranche 2.
- Un tamis pour les boues primaires.
- Deux épaisseurs pour les boues primaires, provenant des ouvrages de la tranche 1.
- Un pré-épaisseur pour les boues biologiques.
- Épaississement des boues biologiques avec quatre lignes de traitement.
- Une bache de mélange pour les boues mixtes épaissies.
- Digestion de la tranche 2, comprenant deux digesteurs primaires, un digesteur secondaire avec capacité de stockage, un système de chaufferie, un traitement du biogaz et une compression du biogaz.
- Déshydratation des boues digérées (ou boues mixtes) de la tranche 2 avec six lignes de traitement.
- Un espace de stockage pour les boues déshydratées de la tranche 2.
- Un poste toutes eaux pour le relèvement et le comptage d'une partie des retours de la filière boue de la tranche 2.
- Un comptage par venturi pour l'autre partie des retours de la filière boue de la tranche 2, qui retournent gravitairement en tête de l'usine.

### III.6 Conclusion :

La station d'épuration des eaux usées (STEP) de Baraki, située à Alger, occupe une place centrale dans notre projet de recherche sur la recharge artificielle des nappes avec des eaux usées traitées. Elle assure le traitement des effluents urbains et industriels afin d'éliminer les polluants et la matière organique. Grâce à des ouvrages tels que les bassins d'infiltration, les tranchées et les puits, les eaux traitées peuvent être réinjectées dans les nappes souterraines. La STEP de Baraki constitue ainsi un élément clé pour reconstituer les réserves d'eau, limiter la surexploitation des nappes et améliorer la qualité de l'eau destinée à la recharge.

**Chapitre IV :**  
**Méthodes expérimentales et**  
**discussion des résultats**

### IV.1 Introduction :

La mise en place d'un bassin de filtration constitue une étape essentielle dans le traitement tertiaire des eaux usées, notamment lorsqu'il s'agit d'améliorer leur qualité avant leur réutilisation dans le rechargement des nappes. Avant de procéder à un dimensionnement en conditions réelles, il est nécessaire de réaliser des expérimentations en laboratoire afin de tester l'efficacité des matériaux filtrants, tels que le sable et le charbon actif, et d'évaluer leur impact sur la qualité de l'eau. Cette phase expérimentale permet de simuler le fonctionnement d'un bassin de filtration à petite échelle et d'analyser les paramètres physico-chimiques de l'eau avant et après le passage dans le filtre. Les résultats obtenus offrent ainsi des données précieuses pour déterminer les performances épuratoires, optimiser l'épaisseur et la disposition des couches filtrantes, et établir les bases d'un dimensionnement fiable du bassin à l'échelle réelle. Ce chapitre sera donc consacré à la description de l'expérimentation réalisée au sein du laboratoire, à la présentation de la méthodologie adoptée pour les analyses de l'eau, ainsi qu'à la discussion des résultats obtenus en vue de proposer un dimensionnement adéquat du bassin de filtration destiné à une application sur site.

### IV.2 Description du bassin de filtration au laboratoire :

L'expérimentation a été réalisée à l'aide d'un dispositif de filtration constitué de colonnes en plexiglas, permettant d'observer directement les différentes couches filtrantes et le cheminement de l'eau. Le système est alimenté par un réservoir en plastique bleu placé en amont, relié à la colonne de filtration par un réseau de tuyauterie en PVC et un compteur.

Le dispositif comprend deux colonnes distinctes :

- **La première colonne** est remplie de gravier et de Matière Anthracite Granulées (Matière AG), jouant le rôle de barrière physique et mécanique en retenant les matières en suspension et les particules fines.
- **La deuxième colonne** est remplie de gravier et de charbon actif en grains, destiné à l'adsorption des matières organiques dissoutes, des composés responsables de la couleur et des odeurs, ainsi que des micropolluants.

Les colonnes sont protégées par un film plastique transparent afin de limiter les pertes et les infiltrations extérieures, avec des dimensions de : 20x20x120 cm. Les colonnes sont remplies à la base avec une couche de gravier 15x25 d'épaisseur de 10cm. L'écoulement de l'eau se fait du bas vers le haut. L'eau brute introduite depuis le réservoir traverse successivement les couches filtrantes avec un débit de 8 l/min, et un système de sortie situé à la hauteur permet de collecter l'eau filtrée pour procéder aux analyses comparatives avant et après filtration.

Ce montage expérimental, simple mais représentatif, constitue une maquette à échelle réduite d'un bassin de filtration réel. Il permet non seulement d'évaluer les performances épuratoires des matériaux utilisés, mais aussi de fournir les données nécessaires pour le futur dimensionnement du bassin à l'échelle

de la station d'épuration.



Figure IV.1 : bassin de filtration au laboratoire

### IV.2.1 Principe de la filtration :

La filtration est un procédé de séparation physique consistant à isoler les constituants d'un mélange hétérogène. Elle repose sur le passage d'un fluide, liquide ou gazeux, à travers un milieu filtrant jouant le rôle de barrière sélective. Ce dernier retient les particules solides dont la taille excède la porosité du matériau utilisé, tout en permettant le passage du fluide porteur, désormais clarifié et débarrassé de ses impuretés.

L'efficacité d'un processus de filtration dépend des facteurs suivants :

- **La nature du milieu filtrant :** Parmi les matériaux de filtration les plus couramment utilisés, on distingue principalement les milieux granulaires tels que le sable ou le charbon actif, les membranes constituées de papier, de céramique ou de polymères, ainsi que les tissus filtrants. Chaque matériau possède des propriétés de rétention spécifiques ainsi que des débits caractéristiques, ce qui les rend adaptés à des applications particulières.

- **Le mode de fonctionnement hydraulique :** gravitaire ou sous pression

### IV.2.2 Les couches de filtration :

Il y a deux couches de filtration dans notre bassin :

#### IV.2.2.1 Matière AG:

La matière AG est une masse filtrante granulée hautement efficace utilisée dans le traitement de l'eau pour l'élimination des matières en suspension, les particules fines et la turbidité. Ce produit est mis dans des bouteilles pression et des bassins ou les matières solides sont retenues au travers de la masse filtrante. Chimiquement, la matière AG est un silicate d'alumine non hydraté.

L'AG est un matériau minéral présenté sous forme granulée. Il se caractérise par une couleur blanchâtre et est généralement conditionné en sac d'un pied cube (soit environ 28,3 litres). [20]



**Figure IV.2 : La matière AG**

#### IV.2.2.1.1 Avantages :

- Hauts rapports de service.
- Sa grande efficacité rend possible un haut degré de clarification. Les bactéries et les algues sont également et généralement éliminées.
- Sa faible densité autorise des débits de rinçages inférieurs à ceux nécessaires pour tout autre type de masse filtrante.
- Le remplacement du sable par matière Anthracite Granulées dans des installations existantes peut augmenter la capacité de filtration peut tant vers 100 %.
- Génère une perte de charge plus faible que le sable.
- Offre une durée de fonctionnement plus longue avant le lavage.

- Pores plus larges qui retiennent les grosses particules en surface, ce qui limite le colmatage

### IV.2.2.1.2 Caractéristiques physiques et chimiques :

Ils sont résumés dans le tableau ci-dessous. [20]

**Tableau IV.1 : Caractéristiques physiques et chimiques**

|                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| Granulométrie             | 12 x30 Mesh (0.6-1.7mm) |
| Diamètre effective        | 0.67 mm                 |
| Masse volumique apparente | 0,38-0,42 kg/l          |
| Solubilité dans un acide  | < 1%                    |

### IV.2.2.1.3 Conditions de service:

**Tableau IV.2 : Conditions de service**

|                        |           |                  |
|------------------------|-----------|------------------|
| Vitesse de service     | 12 m/h    |                  |
| Vitesse de lavage      | 20-25 m/h |                  |
| Hauteur libre          | 50%       |                  |
| Hauteur du lit minimal | 600 mm    |                  |
| Qualité d'eau requise  | PH        | Fer et manganèse |
|                        | 2-10      | Max 1 PPM        |

**Remarque :** une immersion de 12 h est nécessaire avant la première utilisation. [20]

Nous avons rempli la première colonne avec la matière AG avec ces dimensions : 20x20x60 cm

### IV.2.2.2 Charbon actif :

Depuis l'Antiquité, divers adsorbants naturels, tels que les argiles et les terres décolorantes, ont été utilisés pour le traitement de l'eau. À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le charbon actif fut développé, offrant des performances d'adsorption bien supérieures. Reconnu en 1945 comme l'adsorbant de référence, il est aujourd'hui le plus utilisé. Grâce à sa structure poreuse et à sa surface spécifique élevée, il élimine efficacement goûts, odeurs, polluants organiques et métaux lourds. [21]

#### IV.2.2.2.1 La filtration sur charbon actif :

La filtration sur charbon actif est l'une des méthodes de traitement des eaux les plus efficaces, et ce pour plusieurs raisons :

- **Élimination des composés organiques :** Le charbon actif fonctionne par adsorption, en

attirant et en retenant sur sa surface les molécules organiques indésirables présentes dans l'eau, telles que les pesticides, les herbicides, certains résidus pharmaceutiques ainsi que les composés organiques volatils responsables de goûts et d'odeurs

- **Reduction des odeurs et des goûts :** Les composés organiques responsables des altérations de goût et d'odeur et de couleur de l'eau sont efficacement adsorbés par le charbon actif, ce qui contribue à l'amélioration de sa qualité organoleptique.
- **Elimination des métaux lourds :** Le charbon actif se révèle être un adsorbant efficace pour l'élimination de certains métaux lourds toxiques, tels que le plomb, le mercure et le cadmium, fréquemment présents dans l'eau.

#### IV.2.2.2 Types de charbon actif :

Les différentes formes du charbon actif sont classées en fonction de leurs apparence physique :

##### a ) Charbon actif en poudre (CAP)

Le charbon en poudre se présente sous forme de particules de dimensions inférieure à 100  $\mu\text{m}$  avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25  $\mu\text{m}$ , et est le plus souvent utilisé en combinaison avec les traitements de clarification. Introduit en continu dans l'eau avec les réactifs de floculation, il se trouve inséré dans les floes et est ensuite extrait de l'eau avec eux (boues). [22]



**Figure IV.3 : Charbon actif en poudre (CAP)**

##### Avantages :

- Les charbons actifs en poudre sont environ 2 à 3 fois moins chers que les charbons en grains.
- Des quantités supplémentaires peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentelles ou temporaires.
- L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact

est directement disponible.

### **Inconvénients :**

- Il est impossible de régénérer le charbon actif lorsqu'il est récupéré en mélange avec des boues.
- Pour pouvoir utiliser le charbon lors des pointes de pollution, il est indispensable d'avoir les moyens de détecter ces pointes.

### **b ) Charbon actif sous forme de fibre (CAF) :**

Les CAF sont des composés qui sont préparés à partir de tissus synthétiques ou fabriqués à partir de fibres végétales, carbonisés à haute température puis activés. Ils possèdent des structures microporeuses très développées, une surface spécifique très élevée pouvant atteindre  $2000 \text{ m}^2/\text{g}$

### **c ) Charbon actif en grains (CAG) :**

Dans notre bassin de filtration on a utilisé le charbon actif en grains AquaSorb™ 1200.



L'AquaSorb™ 1200 est un charbon actif en grain doté d'un niveau d'activité standard, spécifiquement développé pour le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, tant municipale qu'industrielle. Son procédé de fabrication lui confère une distribution poreuse efficace pour l'élimination des matières organiques dissoutes, des pesticides ainsi que de nombreux autres composés rencontrés dans les eaux brutes. L'AquaSorb™ 1200 est parfaitement adapté au traitement des eaux souterraines, des eaux de surface ainsi que des effluents d'eaux usées. Ce produit est conforme aux normes internationales applicables aux charbons actifs utilisés dans cette application. [23]

**Figure IV.4 : Charbon actif en grain (AquaSorb™ 1200)**

### **1 - Caractéristiques et avantages :**

- Niveau d'activité standard.

- Adsorbant polyvalent.
- Excellente résistance mécanique.
- Bonne capacité d'adsorption.
- Utilisable en eau potable.

### 2 - Applications typiques :

- Traitement de l'eau potable.
- Traitement des eaux épurées
- Production de boissons.
- Protection des résines échangeuses d'ions.

### 3 - Spécifications :

**Tableau IV.3: Spécifications d'AquaSorb™ 1200**

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Indice d'iode min        | 900 mg/g  |
| Humidité (à l'emballage) | max. 5 %  |
| Dureté                   | min. 95 % |

### 4 - Propriétés typiques :

**Tableau IV.4 : Propriétés typiques d'AquaSorb™ 1200**

| Propriétés | Surface BET           | Volume poreux total     | Cendres solubles dans l'eau | Densité apparente     | Densité du lit après expansion et drainage | pH   |
|------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------------------------|------|
| Valeur     | 906 m <sup>2</sup> /g | 0,95 cm <sup>3</sup> /g | 0,2 %                       | 540 kg/m <sup>3</sup> | 470 kg/m <sup>3</sup>                      | 8-11 |

### 5 - Granulométries disponibles :

- 20x50 mesh (0.30 - 0.85 mm)
- 12x40 mesh (0.425 - 1.70 mm)
- 8x30 mesh (0.60 - 2.36 mm)
- 10x20 mesh (0.85 - 2.00 mm)
- 8x16 mesh (1.18 - 2.36 mm)
- 6x12 mesh (1.7-3.35 mm)

### 6 - Le choix de la granulométrie :

L'élimination du MES par le charbon actif est pratiquement nulle et dans notre bassin le charbon actif est placé après la matière AG donc l'eau traitée qui sort de colonne de la matière ag a une faible valeur de MES généralement inférieure à 10 mg/l

**Tableau IV.5 : La granulométrie adéquate du CAG dépend de la concentration en MES en entrée de la colonne du charbon actif.**

| MES (mg/L) | Granulométrie CAG (mm) |
|------------|------------------------|
| <5         | 0,6-2,4                |
| 5-10       | 0,8-2                  |
| >10        | 1,2-2,4                |

La granulométrie du filtre à charbon actif en grains est 10x20 mesh (0.85 - 2.00 mm) avec les propriétés suivantes :

**Tableau IV.6 : Propriétés d'AquaSorb<sup>TM</sup> 1200, 10x20 mesh (0.85 - 2.00 mm)**

| Propriétés | Refus | Passant | Taille effective | Diamètre moyen des particules | Coefficient d'uniformité |
|------------|-------|---------|------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Valeur     | <5%   | <4%     | 1.0 mm           | 1.4 mm                        | <1.5                     |

Nous avons rempli la deuxième colonne avec le CAG avec ces dimensions : 20x20x60 cm

### IV.3 Filtration des eaux épurées par le bassin de filtration :

Le système est alimenté par une citerne de 120 L servant de source principale d'eau épurées. Celle-ci traverse d'abord la couche de la matière AG, assurant une première étape de filtration, puis passe par la couche de charbon actif et on a fixé un débit de 6 l/min. À ce stade, l'eau épurée reste en contact avec les deux couches pendant environ 20 minutes, [24], ce qui permet une filtration et adsorption efficace des impuretés et une amélioration notable de sa qualité. Après 20 minutes, l'eau filtrée est collectée et analysée.

Pour tester l'efficacité de notre bassin, nous avons utilisé les eaux usées épurées de la STEP de Beni Mered et la STEP de Ben Chaabane à Boufarik.

### IV.3.1 Les eaux usées épurées de la STEP de Beni Mered :

#### IV.3.1.1 Description de la STEP de Beni Mered :

La station de traitement des eaux usées (STEP) de Beni Mered est conçue pour le traitement des eaux usées provenant de l'aire urbaine de Blida-Beni Mered, ainsi que des industries connectées à cette zone. Elle est implantée sur un terrain d'environ 6 hectares, situé à l'est de la route nationale N°1, à proximité d'Oued Béni Azaa, qui traverse les localités de Blida, Ouled Aiche et Beni Mered sur une distance d'environ 30 km. Elle est également proche d'autres cours d'eau tels que l'Oued Lekhel, l'Oued Ftiss, l'Oued El Harrach, l'Oued Bouroumi, et d'autres encore. La station se trouve à environ 5 km au nord-est de Blida, à environ 40 km au sud-ouest d'Alger et à environ 30 km au nord-est de Médéa. Depuis les années quatre-vingt du vingtième siècle, la gestion de cette STEP est assurée par l'ONA (Zone d'Alger).



Figure IV.5 : la STEP de Beni Mered (Google earth)

#### IV.3.1.2 Fonctionnement de la station d'épuration de Beni Mered :

La station d'épuration est conçue pour une capacité de traitement de 383 000 équivalents habitants, avec une proportion d'effluents industriels représentant 40 000 équivalents habitants (2015). Les eaux usées à épurer ont les caractéristiques qualitatives et quantitatives résumées dans le tableau suivant.

**Tableau IV.7 : Données de base de la STEP de Béni Mered**

| Paramètres                           | Valeurs | Unités            |
|--------------------------------------|---------|-------------------|
| Pollution domestique                 | 343000  | Eq.H              |
| Pollution industrielle               | 40000   | Eq.H              |
| Capacité de traitement               | 383000  | Eq.H              |
| Débit moyen journalier               | 51560   | m <sup>3</sup> /j |
| Débit moyen horaire                  | 2148    | m <sup>3</sup> /h |
| Débit de pointe temps sec            | 3310    | m <sup>3</sup> /h |
| Débit de pointe temps pluie          | 4800    | m <sup>3</sup> /h |
| Demande biologique en oxygène (DBO5) | 21065   | Kg/j              |
| Demande chimique en oxygène (DCO)    | 52563   | Kg/j              |
| Matière en suspension (MES)          | 25278   | Kg/j              |
| Azote (NTK)                          | 3830    | Kg/j              |
| Phosphore (P)                        | 766     | Kg/j              |

### IV.3.1.2.1 Filière eau :

#### a) Prétraitement :

Avant leur raccordement, les établissements industriels sont tenus de mettre en place des dispositifs de prétraitement afin de garantir la conformité de leurs rejets aux normes exigées pour le traitement des effluents urbains. Les effluents industriels ainsi prétraités sont ensuite acheminés vers la bêche d'arrivée de la station à travers différents postes de relevage. En pratique, la station est alimentée par cinq postes de refoulement : le PR18, dont le débit de pointe atteint 6 200 m<sup>3</sup>/j ; le PR22, avec un débit de 1 000 m<sup>3</sup>/j ; le PR22BIS, qui rejette ses eaux usées vers le PR22 ; le PR CENTRAL, relié au PR18 ; ainsi que le PR BOUAARFA, connecté au PR CENTRAL. Toutefois, l'alimentation effective de la station repose principalement sur deux postes de refoulement. Le premier, le PR18, est équipé de deux canalisations de diamètre 900 mm, assurant un débit nominal de 4 000 m<sup>3</sup>/h en 2015 et de 6 200 m<sup>3</sup>/h à l'horizon 2030. Le second, le PR22, dispose d'une canalisation de diamètre 500 mm, avec un débit nominal de 800 m<sup>3</sup>/h en 2015 et de 1 000 m<sup>3</sup>/h à l'horizon 2030

#### 1 - Dégrillage :

La première étape du prétraitement consiste en un dégrillage fin destiné à retenir les matières grossières présentes dans les effluents. Ce procédé est assuré par quatre dégrilleurs automatiques à un

## CHAPITRE V : Dimensionnement du bassin de filtration et calcul hydraulique

entrefer de 10 mm, dont un en secours. Les déchets extraits sont acheminés vers un transporteur à vis, puis compactés. La vitesse d'écoulement des effluents dans le canal est d'environ 0,51 m/s.

### 2 - Dessablage et déshuilage :

Après le dégrillage, les effluents passent par les ouvrages de dessablage-déshuilage, destinés à éliminer les sables par décantation et les graisses par flottation. L'installation comporte trois lignes rectangulaires à flux longitudinal lent, dimensionnées pour un débit global de 4 800 m<sup>3</sup>/h, dont deux actuellement en service (1 600 m<sup>3</sup>/h chacune). L'extraction du sable prévient l'abrasion des équipements et l'ensablement des ouvrages, tandis que l'élimination des graisses, réalisée par injection d'air comprimé et raclage en surface, améliore le transfert d'oxygène dans les bassins d'aération. Le sable accumulé est évacué par un système d'air-lift et transféré vers un canal de collecte.

### b) Traitement primaire :

Avant le traitement biologique, les effluents passent par trois ouvrages de décantation primaire, chacun ayant des caractéristiques spécifiques. Le décanteur primaire a pour fonction de réduire les matières en suspension (MES) d'environ 55 %, ainsi que la demande chimique en oxygène (DCO) et la demande biochimique en oxygène sur cinq jours (DBO5) d'environ 30 %. Ce processus entraîne l'accumulation de boues au fond de l'ouvrage, lesquelles sont racless vers un puits central avant d'être transférées à la filière de traitement des boues via la bache de mélange des boues primaires et biologiques. Les eaux clarifiées en surface s'écoulent par une lame déversante crénelée disposée en périphérie, puis sont dirigées vers les bassins d'aération pour la phase suivante du traitement

**Tableau IV.8 : Caractéristique dimensionnelles et fonctionnelle du décanteur primaire**

| Données                                         | Valeurs | Unité                             |
|-------------------------------------------------|---------|-----------------------------------|
| Nombre d'ouvrage                                | 3       |                                   |
| Diamètre unitaire                               | 33      | m                                 |
| Hauteur d'eau en zone périphérique de l'ouvrage | 2.6     | m                                 |
| Surface utile                                   | 855     | m <sup>2</sup>                    |
| Volume utile                                    | 2223    | m <sup>3</sup>                    |
| Volume total                                    | 6669    | m <sup>3</sup>                    |
| Débit horaire moyen par ouvrage                 | 716     | m <sup>3</sup> /h                 |
| Vitesse ascensionnelle au débit moyen           | 0.85    | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h |

### c) Traitement secondaire :

Après décantation primaire, les effluents sont dirigés vers le traitement biologique, considéré comme le cœur de la station d'épuration. Ce processus repose sur l'action de la biomasse (boue activée), constituée de bactéries capables de dégrader et d'assimiler les polluants organiques et minéraux. Le bassin biologique poursuit trois objectifs principaux :

- Oxydation des produits carbonés.
- Oxydation et réduction des produits azotés.
- Oxydation et réduction du phosphore.

Pour y parvenir, trois actions essentielles sont mises en œuvre : l'aération, la recirculation des boues et l'extraction des boues en excès. À la station de Beni Mered, le dispositif comprend trois bassins d'aération, chacun équipé de quatre aérateurs de surface de 55 kW, assurant une oxygénation optimale (1,6 kg O<sub>2</sub>/kWh) afin de maintenir l'activité bactérienne nécessaire au traitement des eaux usées

**Tableau IV.9 : Caractéristique dimensionnelles du bassin d'aération**

| Données                                    | Valeurs        | Unités           |
|--------------------------------------------|----------------|------------------|
| Nombre d'ouvrage                           | 03             |                  |
| Dimension unitaire                         | 32 x 32 x 4.65 | m*m*m            |
| Volume unitaire                            | 4762           | m <sup>3</sup>   |
| Volume total                               | 14286          | m <sup>3</sup>   |
| Nombre d'aérateur de surface<br>par bassin | 04             |                  |
| Puissance absorbé unitaire                 | 51             | KW               |
| Puissance absorbé totale                   | 612            | KW               |
| Puissance spécifique                       | 43             | W/m <sup>3</sup> |

Le traitement de la pollution dans le bassin biologique repose sur l'action des bactéries, dont l'activité est soutenue par l'apport en oxygène fourni par les aérateurs. Le fonctionnement de ce procédé dépend principalement de la charge polluante entrante et de la concentration en boues présentes dans le bassin. Dans le cas étudié, il s'agit d'un traitement à charge moyenne, caractérisé par une charge massique comprise entre 0,25 et 0,5 kg DBO<sub>5</sub>/kg MVS/j.

Après, l'eau passe aux clarificateurs, cette étape a pour objectif de séparer les boues de l'eau traitée, en tenant compte de leur capacité de décantation, elle-même influencée par la nature des effluents et par les variations de charge hydraulique. Le dimensionnement d'un clarificateur repose sur le respect d'une vitesse ascensionnelle inférieure à la vitesse de décantation des boues, ainsi que sur une hauteur d'eau suffisante en périphérie, afin de favoriser leur tassement.

**Tableau IV.10 : Caractéristiques des clarificateurs**

| Données                               | Valeurs | Unité          |
|---------------------------------------|---------|----------------|
| Nombre                                | 3       |                |
| Diamètre intérieur d'un clarificateur | 46      | m              |
| Volume d'un clarificateur             | 6315    | m <sup>3</sup> |
| Volume total de clarification         | 18945   | m <sup>3</sup> |
| Hauteur d'eau périphérique            | 3.8     | m              |

Chaque filtre du clarificateur est alimenté par gravité à travers un puits central et une canalisation située sous le radier. Les boues se déposent au fond de l'ouvrage et sont aspirées à l'aide de tubes verticaux qui balayent toute la surface à chaque rotation. Ce système permet d'éviter un temps de séjour plus long des boues situées en périphérie, qui devraient sinon être ramenées vers le centre avant d'être extraites.

### **d) Traitement tertiaire :**

À l'heure actuelle, aucun traitement tertiaire n'est effectué à la STEP de Beni Mered.

#### **IV.3.1.2.2 Filière boues :**

La filière de traitement choisie comprend les étapes suivantes :

- Extraction des boues en excès des décanteurs et clarificateurs.
- Mélange des boues primaires et des boues biologiques dans une nouvelle bache de mélange.
- Épaississement statique des boues mixtes dans l'épaississeur existant.
- Stabilisation aérobie des boues pour réduire la fraction organique, réalisée sur deux ouvrages identiques.
- Déshydratation mécanique des boues à l'aide de quatre unités de filtre à bande presseuses. Les boues déshydratées sont ensuite évacuées à l'aide de bennes dédiées.

#### **IV.3.1.3 Échantillonnage et analyse des eaux :**

Les eaux usées traitées ont été collectées instantanément en aval du STEP. Les prélèvements ont été faits manuellement dans des contenants nettoyés. Les eaux usées traitées collectées sont directement dirigées vers le laboratoire pour effectuer des analyses avant et après filtration.

##### **IV.3.1.3.1 Les matières en suspension (MES) :**

Le but est de mesurer la concentration des matières en suspension par filtration sur papier. La détermination des solides en suspension est faite en filtrant une portion d'échantillon au travers d'un filtre « Whatman 934 AH » préalablement pesé. Lorsque la filtration est terminée, le résidu est séché à 105 °C

et pesé de nouveau. Le poids de solides en suspension est obtenu par différence des poids.

### a) Appareillage :

- Pompe à vide
- Papier filtre Grade 40  $\approx 8 \mu\text{m}$
- Etuve température max  $> 500^\circ\text{C}$
- Balance électronique précis degré de précision 0.1 mg



Figure IV.6 : Appareillage utilisées

### b) Méthode d'analyse :

- Laver et rincer la verrerie par l'eau distillée.
- Faire sécher la verrerie à l'étuve.
- Faire sécher le papier filtre dans l'étuve pendant 24h.
- Peser le papier filtre vide (noter  $m_p$  en mg).
- Faire une filtration sous vide de  $V=100 \text{ mL}$  d'eau usée à travers le papier filtre.
- Faire sécher le papier filtre à  $105^\circ\text{C}$  pendant 24h jusqu'à masse constante  $m_p'$  en mg.

Expression des résultats avec l'équation suivant :

$$X = \frac{(m_p' - m_p) \times 1000}{V} \text{ mg/l}$$

Avec :

X : quantité de MES en mg/l

$m_p'$  : poids de filtre vide

$m_p$  : poids de (filtre+solide) après séchage

V : volume d'échantillon utilisé (100ml)

On a fait la mesure avant et après la filtration

**Les résultats :**

**Tableau IV.11 : Résultats de la pesée**

|          | Papier filtre vide | Papier filtre avec EU<br>avant filtration | Papier filtre avec EU<br>après filtration |
|----------|--------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| m (mg/l) | 152                | 159                                       | 152.8                                     |

**Application numérique :**

$$X_{\text{avant}} = \frac{(159-152) \times 1000}{100} = 70 \text{ mg/l}$$

$$X_{\text{après}} = \frac{(152.8-152) \times 1000}{100} = 8 \text{ mg/l}$$

### IV.3.1.3.2 Demande chimique en oxygène (DCO) :

**a ) Réactifs :**

1. **Solution de sulfate d'argent  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$**  : dissoudre 1.65g de  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  dans 250ml d'acide sulfurique( $d=1.84$ )
2. **Solution de dichromate de potassium  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$**  : dissoudre 5.88g de  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  (sèche dans l'étuve à 100 °C pendant deux heures) dans 500ml d'ED, mettre dans flacon brun.
3. **Solution de sulfate de mercure** : 50 g de sulfate de mercure + 200 ml d'ED + 25 ml d'acide sulfurique, et après refroidissement compléter à 250ml avec l'ED.
4. **Solution de sulfate de fer et d'ammonium (sel de Mohr)** : 49,02 g de sulfate de fer et d'ammonium + 1000 ml d'ED + 20 ml d'acide sulfurique
5. **Solution de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (solution d'acide sulfurique)** : 250 ml d'ED + 110 ml d'acide sulfurique, et après refroidissement compléter à 500ml avec l'ED.
6. **Solution de ferroïne (indicateur coloré)** : 1,22 g de sulfate de fer + 0,495 g de phénatrolène + 100 ml d'ED, mettre dans flacon brun

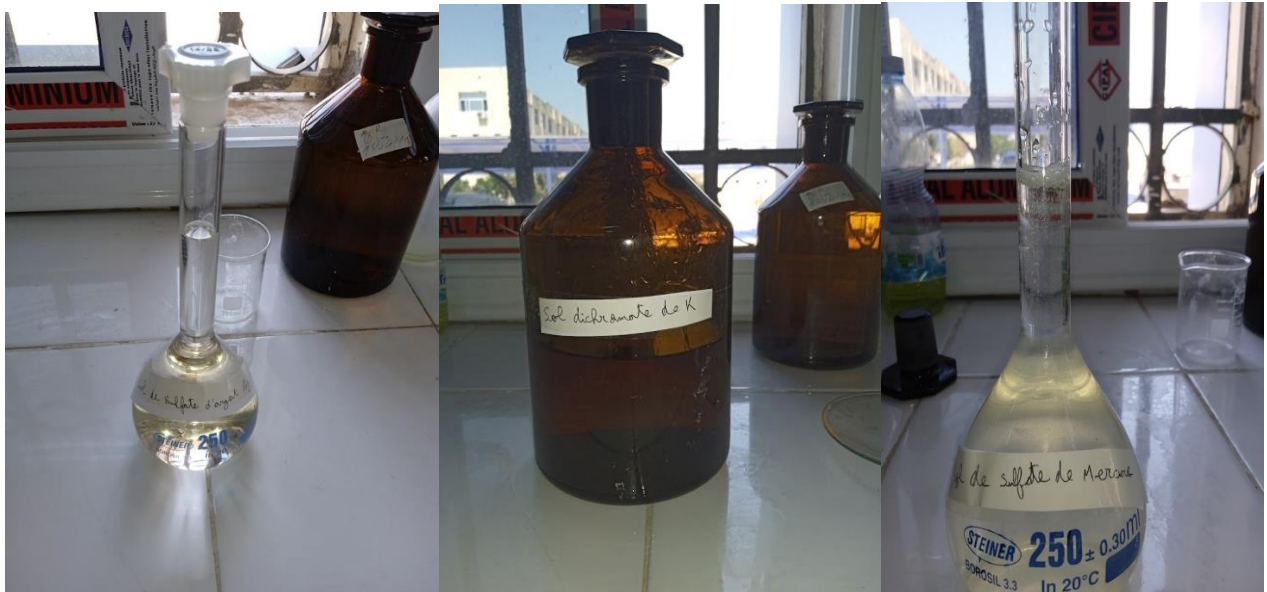


Figure IV.7 : Quelque solution utilisé

**b) Mode opératoire :**

1. L'échantillon : 10 ml de l'échantillon d'EU + 10 ml de solution de dichromate de potassium + 15 ml de solution de sulfate d'argent en agitant + 5 ml de solution de sulfate de mercure
2. Placer l'échantillon dans les tubes dans le bloc chauffant à 150 °C pdt 2 h
3. Laisser refroidir.
4. Ajouter 70 ml d'ED le long des parois des tubes.
5. Faire le titrage avec la solution de sel de Mohr + 2 à 3 gouttes de ferroïne, il donne un volume  $V_1$ .
6. Faire la même chose pour le blanc avec échantillon d'ED, il donne un volume  $V_0$ .
7. Titrage de la solution de fer et d'ammonium (sel de Mohr) : introduire dans un bécher 90 ml de solution d'acide sulfurique + 10 ml de solution de dichromate de potassium + 2 à 3 gouttes de ferroïne (I.C), après titrer avec la solution de sulfate de fer et d'ammonium (sol de Mohr), il donne un volume  $V_{SFA}$

Expression des résultats avec l'équation suivant :

$$DCO = \frac{8000 \times (V_0 - V_1) \times T}{V}$$

Et :

$$T = \frac{0.24 \times 10}{V_{SFA}}$$

Avec :

$V_0$  : volume de la solution de sel de Mohr pour titrer l'ED.

$V_1$  : volume de la solution de sel de Mohr pour titrer l'échantillon.

$V$  : volume de la prise d'essai (10ml).

T : le titre de la solution de sel de Mohr.

### Application numérique :

On a trouvé que  $V_0 = 15.2$  ml

$$T = \frac{0.24 \times 10}{21} = 0.11$$

Tableau IV.12 : Résultats de titrage

|            | Avant filtration | Après filtration |
|------------|------------------|------------------|
| $V_1$ (ml) | 14.45            | 14.95            |

Donc

$$DCO_{\text{avant}} = \frac{8000 \times (15.2 - 14.45) \times 0.11}{10} = 66 \text{ mg/l}$$

$$DCO_{\text{après}} = \frac{8000 \times (15.2 - 14.95) \times 0.11}{10} = 22 \text{ mg/l}$$

#### IV.3.1.3.3 Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>) :

Pour calculer le DBO<sub>5</sub> on a utilisé L'OxiTop® Box. L'OxiTop® Box est un incubateur automatique de mesure de la DBO, simple d'utilisation, qui associe des flacons d'échantillon et des capteurs électroniques pour déterminer la consommation d'oxygène par les micro-organismes

Constitution :

- **Boîtier-incubateur** : maintient les échantillons à une température constante pour favoriser l'activité biologique
- **Bouteilles de mesure** : contiennent les échantillons d'eau à analyser.
- **Têtes de mesure électroniques (OxiTop® heads)** : ce sont les capteurs qui enregistrent la diminution de pression dans la bouteille, due à la consommation d'oxygène par les micro-organismes.
- **Système d'absorption de CO<sub>2</sub>** : souvent un compartiment avec KOH est placé dans le flacon pour absorber le CO<sub>2</sub> produit, afin que seule la consommation d'O<sub>2</sub> soit mesurée

Pour mesurer le DBO on met l'eau dans les bouteilles, on met le volume recommandé correspondant à la valeur de DBO qu'on pense être contenue dans l'eau, et on lit la valeur affichée dans la tête chaque jour jusqu'au cinquième jour et on multiplie la valeur lue par un facteur donné

Les volumes recommandés sont :

**Tableau IV.13 : Paramètres de L'OxiTop® Box**

| DBO <sub>5</sub> (mg/l) | Volume (ml) | Facteur |
|-------------------------|-------------|---------|
| 0-40                    | 432         | 1       |
| 0-80                    | 365         | 2       |
| 0-200                   | 250         | 5       |
| 0-400                   | 164         | 10      |
| 0-800                   | 97          | 20      |
| 0-2000                  | 43.5        | 50      |



**Figure IV.8 : L'OxiTop® Box**

Les résultats obtenus :

**a ) Avant filtration :**

Nous avons rempli la bouteille avec 250ml avec EUE avant filtration, nous devons donc multiplier le résultat final par 5.

**Tableau IV.14 : Résultats de DBO<sub>5</sub>**

|       |   |    |    |    |    |
|-------|---|----|----|----|----|
| Jours | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  |
| DBO   | 8 | 10 | 11 | 11 | 12 |

Alors :

$$\text{DBO}_5 = 60 \text{ mg/l}$$

### b) Après filtration :

Nous avons rempli la bouteille avec 432ml avec EUE avant filtration, nous devons donc multiplier le résultat final par 1

**Tableau IV.15 : Résultats de DBO<sub>5</sub>**

| Jours | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|-------|----|----|----|----|----|
| DBO   | 11 | 13 | 16 | 19 | 20 |

Alors :

$$\text{DBO}_5 = 20 \text{ mg/l}$$

### IV.3.1.3.4 La turbidité :

Nous avons utilisé le turbidimètre pour mesurer la turbidité.



**Figure IV.9 : Le turbidimètre**

**Les résultats :**

**Tableau IV.16 : Résultats de la turbidité**

| Eaux usées épurées | Avant filtration | Après filtration |
|--------------------|------------------|------------------|
| Turbidité (NTU)    | 34.2             | 2.09             |

### IV.3.1.3.5 Le pH :

Nous avons utilisé le pH-mètre pour mesurer le pH. Les résultats sont dans le tableau suivant :

**Tableau IV.17 : Résultats de pH**

| Eaux usées épurées | Avant filtration | Après filtration |
|--------------------|------------------|------------------|
| pH                 | 7.98             | 8.44             |

## CHAPITRE V : Dimensionnement du bassin de filtration et calcul hydraulique

Les résultats d'analyse des eaux usées épurées du STEP de Beni Mered sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.18 : Résultats des analyses physico-chimiques**

| Eaux usées épurées      | Avant filtration | Après filtration | Taux d'éliminations |
|-------------------------|------------------|------------------|---------------------|
| MES (mg/l)              | 70               | 8                | 89%                 |
| DCO (mg/l)              | 66               | 22               | 66.66%              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/l) | 60               | 20               | 66.66%              |
| Turbidité (NTU)         | 34.2             | 2.09             | 93.9%               |
| pH                      | 7.98             | 8.44             | -                   |

On observe une très bonne élimination de la turbidité et de la MES, avec une bonne élimination de DBO<sub>5</sub> et DCO

**Remarque :** Dans toutes les analyses physico-chimique, nous devons prendre en compte l'erreur de mesure

### IV.3.2 Les eaux usées épurées de la STEP de Boufarik :

#### IV.3.2.1 Description de la STEP de Ben Chaabane à Boufarik

La station d'épuration (STEP) de Boufarik, mise en service en septembre 2019, est implantée à Ben Chaâbane, dans la commune de Ben Khilil, au nord de la wilaya de Blida. Occupant une superficie de 6 hectares, elle a été conçue pour une capacité de 375 000 équivalents-habitants (EH) et un débit de traitement de 60 000 m<sup>3</sup>/jour. Le procédé retenu repose sur le système des boues activées aérobies à moyenne charge, garantissant un traitement efficace de la pollution organique. Son objectif principal est de traiter les rejets afin de rejeter dans le milieu naturel une eau conforme, limitant les risques de dégradation des écosystèmes aquatiques situés en aval

Le processus d'épuration est structuré en deux filières complémentaires :

- **La filière eau**, dédiée à l'élimination de la pollution particulaire et carbonée.
- **La filière boue**, chargée du traitement des boues issues du procédé de dépollution des eaux.



Figure IV.10 : la STEP de Boufarik (Google earth)

### IV.3.2.2 Fonctionnement de la station d'épuration de Boufarik :

Tableau IV.19 : Caractéristiques des eaux brutes

| Paramètres                           | Valeur                    | Unité             |
|--------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Pollution domestique                 | 375 000 à l'horizon 2030. | EH                |
| Débit journalier                     | 60 000                    | m <sup>3</sup> /j |
| Débit horaire moyen                  | 2500                      | m <sup>3</sup> /h |
| Débit de pointe temps sec            | 4000                      | m <sup>3</sup> /h |
| Demande biologique en oxygène (DBO5) | 28 125                    | Kg/j              |
| Demande chimique en oxygène (DCO)    | 56 250                    | Kg/j              |
| Matières en suspension (MES)         | 26 250                    | Kg/j              |
| Azote (NTK)                          | 4500                      | Kg/j              |
| Phosphore (P)                        | 938                       | Kg/j              |

#### IV.3.2.2.1 Filière eau :

**Bâche d'arrivée :** Les madriers et les plastiques transportés par les eaux usées sont souvent la cause

de l'arrêt du dégrilleur grossier. Ce dernier fonctionne en mode horloge.

### **a ) Prétraitement :**

#### **1 - Le dégrillage :**

Les eaux usées sont d'abord refoulées vers le poste de dégrillage, constitué de quatre canaux de 1,2 m de largeur, équipés de grilles automatiques. Cette étape permet de retenir les matières grossières et inertes (chiffons, plastiques, bois, feuilles, etc.) grâce à un système de tamisage. Les déchets extraits lors du nettoyage des grilles sont ensuite évacués avec les ordures ménagères. Dans certains cas, un tamisage plus fin, à l'aide de grilles à mailles réduites, peut compléter le prétraitement afin d'améliorer l'efficacité de la séparation.

#### **2 - Dessablage et déshuilage :**

Après le dégrillage, l'eau subit une étape de dessablage-déshuilage destinée à éliminer les matières non retenues. La réduction de la vitesse d'écoulement permet la sédimentation des particules lourdes comme les sables et graviers dans le premier bassin, appelé dessableur, puis la séparation des graisses et corps flottants dans le second bassin. Ces ouvrages sont équipés de ponts automoteurs et de pompes aératrices qui diffusent de fines bulles d'air, favorisant la flottation des graisses. Les flottants sont ensuite raclés vers des goulottes de collecte pour être envoyés au traitement des boues, tandis que les eaux clarifiées poursuivent leur parcours dans la station d'épuration. [19]

### **b ) Traitement primaire :**

#### **1 - Le décanteur primaire :**

La décantation primaire sépare les solides des liquides par gravité. Les matières solides se déposent au fond du décanteur pour former des boues primaires, ensuite récupérées par un système de raclage. Ce procédé, basé sur des mécanismes physico-chimiques, favorise la sédimentation et améliore l'efficacité du traitement. Le pont du décanteur primaire fonctionne en continu. Les boues primaires sont extraites du décanteur via des pompes pour être envoyées vers l'épaississeur. [25]

### **c ) Le traitement biologique :**

Cette étape, considérée comme essentielle dans le procédé d'épuration, repose sur trois bassins d'aération circulaires recevant les eaux usées prétraitées. Chaque bassin est équipé d'un oxymètre permettant de contrôler en continu la teneur en oxygène dissous dans la biomasse. Après un temps de séjour déterminé, le mélange eaux usées-boues activées est évacué par un déversoir vers les ouvrages de dégazage. Les effluents sont ensuite dirigés vers deux dégazeurs : le premier assure la répartition de la liqueur mixte entre quatre clarificateurs, tandis que le second alimente deux clarificateurs

supplémentaires.

### **La clarification :**

Cette étape vise à séparer l'eau des boues et des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. La décantation est réalisée dans des bassins spéciaux appelés clarificateurs. La liqueur mixte provenant des bassins d'aération y est dirigée afin d'obtenir un surnageant clair et limpide, destiné à être évacué vers le milieu récepteur après le traitement tertiaire. L'alimentation de chaque clarificateur circulaire s'effectue à partir des cheminées de sortie du dégazage, par l'intermédiaire d'une canalisation souterraine. Chaque ouvrage est équipé d'un pont racleur muni de lames de fond, qui ramènent les boues vers la fosse centrale où elles sont reprises par des pompes pour être dirigées vers la filière de traitement des boues. Des lames de surface assurent quant à elles la récupération des écumes et matières flottantes.

### **d ) Traitement tertiaire :**

Il existe une unité UV pour le traitement tertiaire mais elle n'est pas utilisée pour le moment.

#### **IV.3.2.2.2 Filière boue :**

Les boues issues du traitement primaire et du traitement biologique sont dirigées vers l'ouvrage appelé épaisseur. Dans cette étape, leur teneur en eau est réduite afin d'augmenter leur concentration en matières solides. L'épaississement permet de diminuer considérablement le volume des boues, ce qui optimise les opérations ultérieures de traitement. Une fois épaissies, elles sont transférées vers les unités de déshydratation. Cette phase vise à extraire une partie importante de l'eau encore contenue dans les boues, de manière à obtenir un résidu plus compact et plus facile à manipuler. Le processus de déshydratation constitue une étape clé car il facilite non seulement le transport et le stockage, mais il prépare également les boues à un traitement final adapté, tel que l'élimination, la valorisation agricole ou encore l'incinération selon la filière choisie.

#### **IV.3.2.3 Analyse des eaux épurées de la STEP :**

Les eaux usées traitées ont été collectées instantanément en aval du STEP. Les prélèvements ont été faits manuellement dans des contenants nettoyés. Les eaux usées traitées collectées sont directement dirigées vers le laboratoire pour effectuer des analyses avant et après filtration.

Toutes les étapes de l'analyse sont les mêmes que les précédentes.

#### **IV.3.2.3.1 Les matières en suspension (MES) :**

**Les résultats :**

Tableau IV.20 : Résultats de la pesée

|          | Papier filtre vide | Papier filtre avec EU avant filtration | Papier filtre avec EU après filtration |
|----------|--------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| m (mg/l) | 132.4              | 137.5                                  | 133.5                                  |

$$X_{\text{avant}} = \frac{(137.5 - 132.4) \times 1000}{100} = 53 \text{ mg/l}$$

$$X_{\text{après}} = \frac{(133.3 - 132.4) \times 1000}{100} = 9 \text{ mg/l}$$

### IV.3.2.3.2 Demande chimique en oxygène (DCO) :

Les résultats :

On a trouvé que  $V_0 = 16.5 \text{ ml}$

Tableau IV.21 : Résultats de titrage

|                    | Avant filtration | Après filtration |
|--------------------|------------------|------------------|
| $V_1 \text{ (ml)}$ | 15.75            | 16.3             |

Donc :

$$DCO_{\text{avant}} = \frac{8000 \times (16.5 - 15.75) \times 0.11}{10} = 66 \text{ mg/l}$$

$$DCO_{\text{après}} = \frac{8000 \times (16.5 - 16.3) \times 0.11}{10} = 17.6 \text{ mg/l}$$

### IV.3.2.3.3 Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours (DBO<sub>5</sub>) :

Les résultats obtenus :

#### a) Avant filtration :

Nous avons rempli la bouteille avec 250ml avec EUE avant filtration, nous devons donc multiplier le résultat final par 5

Tableau IV.22 : Résultats de DBO<sub>5</sub>

|       |   |    |    |    |    |
|-------|---|----|----|----|----|
| Jours | 1 | 2  | 3  | 4  | 5  |
| DBO   | 9 | 10 | 10 | 12 | 13 |

Alors :

$$DBO_5 = 65 \text{ mg/l}$$

### b) Après filtration :

Nous avons rempli la bouteille avec 432ml avec EUE avant filtration, nous devons donc multiplier le résultat final par 1

**Tableau IV.23 : Résultats de DBO<sub>5</sub>**

| Jours | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
|-------|----|----|----|----|----|
| DBO   | 11 | 13 | 13 | 16 | 17 |

Alors :

$$\text{DBO}_5 = 17 \text{ mg/l}$$

### IV.3.2.3.4 La turbidité :

**Tableau IV.24 : Résultats de la turbidité**

| Eaux usées épurées | Avant filtration | Après filtration |
|--------------------|------------------|------------------|
| Turbidité (NTU)    | 19.31            | 1.76             |

### IV.3.2.3.5 Le pH :

**Tableau IV.25 : Résultats de pH**

| Eaux usées épurées | Avant filtration | Après filtration |
|--------------------|------------------|------------------|
| pH                 | 7.47             | 8.32             |

Les résultats d'analyse des eaux usées épurées du STEP de Boufarik sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau IV.26 : Résultats des analyses**

| Eaux usées épurées      | Avant filtration | Après filtration | Taux d'élimination |
|-------------------------|------------------|------------------|--------------------|
| MES (mg/l)              | 53               | 9                | 93.1%              |
| DCO (mg/l)              | 66               | 17.6             | 73.3%              |
| DBO <sub>5</sub> (mg/l) | 65               | 17               | 73.9%              |
| Turbidité (NTU)         | 19.31            | 1.76             | 91%                |
| pH                      | 7.47             | 8.32             | -                  |

On observe une très bonne élimination de la turbidité et de la MES, avec une bonne élimination de DBO<sub>5</sub> et DCO

### IV.3.3 Résultats finals de filtration :

Tous les résultats des analyses effectuées après filtration sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau IV.27 : Résultats finals des analyses après filtration**

|                         | STEP Beni Mered | STEP Boufarik |
|-------------------------|-----------------|---------------|
| MES (mg/l)              | 8               | 9             |
| DCO (mg/l)              | 22              | 17.6          |
| DBO <sub>5</sub> (mg/l) | 20              | 17            |
| Turbidité (NTU)         | 2.09            | 1.76          |
| pH                      | 8.44            | 8.32          |

**Remarque :** concernant l'analyse bactériologique, nous n'avons pas l'équipement nécessaire pour le faire, de plus les deux STEP n'ont pas des résultats des analyse bactériologique nouveaux ou anciens.

### IV.4 Comparaison des résultats avec les normes :

Après avoir obtenu les résultats après filtration, nous les comparons maintenant aux normes de rechargement des nappes.

Il n'y a pas de norme absolue mais un objectif de qualité "quasi-potable" pour les paramètres physico-chimiques et un objectif de "risque sanitaire négligeable" pour les paramètres microbiologiques, en tenant compte de la barrière protectrice supplémentaire que représente le sol. La conception d'un tel projet doit toujours se faire en étroite collaboration avec les autorités sanitaires et environnementales locales

En Algérie, nous n'avons pas de normes pour la recharge des nappes car c'est nouveau et encore peu utilisé, nous devons donc comparer notre eau filtrée aux normes internationales et voir si notre eau filtrée est en dessous des normes ou non.

#### IV.4.1 Les normes internationales :

##### IV.4.1.1 États-Unis (Californie et EPA) :

La Californie possède une longue histoire et une réglementation très détaillée (Title 22 California Code of Regulations) sur la réutilisation des eaux usées, incluant la recharge des nappes phréatiques (Groundwater Replenishment Reuse). [26]

Les normes sont :

- Turbidité : Moyenne < 2 NTU, max < 5 NTU
- MES ≤ 10 mg/L (souvent ≤ 5 mg/L)
- DCO ≤ 50 mg/L
- DBO<sub>5</sub> ≤ 30-60 mg/L

- pH 6,5 – 8,5

### IV.4.1.2 Australie :

L'Australie a des normes pour la recharge des nappes qui ont été publiées en 2009, ces normes sont [27] :

- DCO < 20 mg/L
- MES < 10 mg/L (souvent < 5 mg/L)
- DBO5 < 20 mg/L
- Turbidité < 2 NTU
- pH 6,5–8,5

Il existe d'autres lignes directrices qui sont à peu près les mêmes que celles mentionnées ci-dessus, elles ont toutes les mêmes normes concernant l'azote total, le phosphore total et les bactéries (E. coli, Coliformes totaux/fécaux

La comparaison entre les résultats de filtration et les normes de RAN :

**Tableau IV.28 : Comparaison entre les résultats de filtration et les normes de RAN**

| Paramètre               | STEP Beni Mered |       | STEP Boufarik |       | Normes de rejet en milieu naturel | Normes EPA pour la recharge avec bassin |
|-------------------------|-----------------|-------|---------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
|                         | Avant           | Après | Avant         | Après |                                   |                                         |
| MES (mg/l)              | 70              | 8     | 53            | 9     | 30                                | < 10 mg/L (souvent < 5 mg/L)            |
| Turbidité (NTU)         | 34.2            | 2.09  | 19.31         | 1.76  | ≤ 5                               | < 2 - 5 NTU (souvent < 2 NTU)           |
| DBO <sub>5</sub> (mg/l) | 60              | 20    | 65            | 17    | 35-40                             | < 30-60 mg/L                            |
| DCO (mg/l)              | 66              | 22    | 66            | 17.6  | 125-130                           | < 50 mg/L                               |
| pH                      | 7.98            | 8.44  | 7.47          | 8.32  | 6.5 – 8.5                         | 6.5 - 8.5                               |

### Observation :

Après la comparaison nous constatons que nos résultats après filtration sont respectueux des normes qui guident le rechargement des nappes donc notre bassin de filtration est efficace à utiliser.

**Remarque :** les normes d'Azote total et Phosphore total sont pratiquement les mêmes que les normes de rejet algériennes, mais pour garantir que leurs valeurs respectent les normes, nous devons nous assurer que notre traitement dans le STEP est efficace et nous pouvons le vérifier en effectuant des analyses

quotidiennes d'azote et de phosphore.

Ci-dessous sont des résultats de l'analyse des eaux usées épurées de la STEP de Baraki.

**Tableau IV.29 : Résultats de l'analyse des eaux usées épurées de la STEP de Baraki**

| Paramètre    | Valeur | Unité      |
|--------------|--------|------------|
| DBO5         | 10,46  | mg/l       |
| DCO          | 74     | mg/l       |
| Azote total  | 22     | mg/l       |
| Ecoli        | 30000  | UFC/100 ml |
| Entérocoques | 500    | UFC/100 ml |
| MES          | 30     | mg/l       |
| BactColif    | 230000 | UFC/100 ml |
| P-PO4        | 1,53   | mg/l       |

On remarque que toutes les valeurs sont presque les même avec les eaux des STEP Beni mered et Boufarik, nous pouvons donc supposer avec certitude que notre bassin peut fonctionner parfaitement avec les eaux usées épurées de la STEP de Baraki.

En ce qui concerne les bactéries, notre bassin améliorer la qualité physique et chimique de l'eau et réduisent une partie des bactéries par piégeage ou adsorption, mais ils ne garantissent pas une désinfection complète. Pour éliminer efficacement les bactéries pathogènes, il faut un traitement désinfectant (ozone, UV...). Nous pouvons réduire leur nombre en utilisant une installation des membranes d'ultra filtration.

### IV.5 Conclusion :

L'analyse de l'eau épurée après filtration dans notre bassin, comparée aux normes encadrant la recharge artificielle des nappes, montre que les paramètres physico-chimiques conformes aux exigences requises. Le dispositif de filtration se révèle donc efficace pour produire une eau adaptée à la réalimentation des aquifères. Ces résultats permettent en outre d'envisager le dimensionnement du bassin en se basant sur les valeurs et débits relevés à l'étape de Baraki, garantissant ainsi une mise en œuvre opérationnelle et durable de la recharge artificielle.

**Chapitre V :  
Dimensionnement du bassin de  
filtration et calcul hydraulique**

### V.1 Introduction :

Après toutes les données dans les chapitres précédents on peut commencer le dimensionnement de bassin de filtration et la conduite d'amenée

### V.2 Le site d'implantation du bassin de filtration :

Nous avons choisi d'installer le bassin de filtration à l'extérieur de la STEP car nous voulons de ne plus agglutiner la STEP

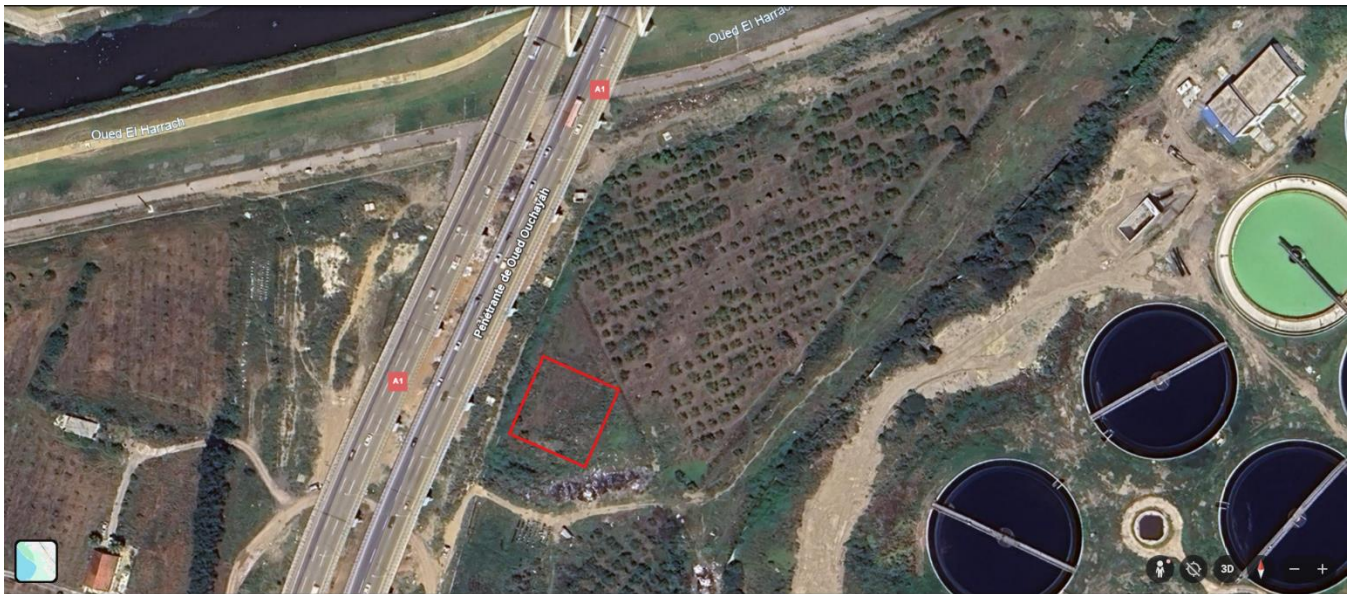


Figure V.1 : Le site du bassin de filtration sur google earth

- Les coordonnées géographiques ( $36^{\circ}41'31''N$   $3^{\circ}06'00''E$ ).
- Altitude de 14 mètres.

L'emplacement choisi est plus élevé que l'exutoire de la STEP (6m) qui nécessite un pompage. Le site est proche de la STEP (500m) donc l'intervention peut être plus facile en cas de panne, pour transférer les eaux usées filtrées vers les bassins d'infiltration ils nécessitent un pompage parce que les bassins d'infiltrations (élévation = 107m) sont plus élevés que notre bassin de filtration, il faut donc construire un réservoir de stockage pour stocker les eaux filtrées et les pomper ensuite vers les bassins d'infiltration.

### V.3 Dimensionnement du bassin de filtration :

En raison du grand volume à traiter par le traitement tertiaire ( $9350 \text{ m}^3/\text{h}$ ), nous avons décidé d'opter pour un débit réduit qui sera traité, ce débit ajusté correspond à la capacité des bassins d'infiltrations de la région de Tabainet donc une alimentation efficace de la nappe tut en minimisant les couts. Le débit traiter par notre bassin est  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

J'ai choisi de faire le bassin enterré dans la forme suivante :

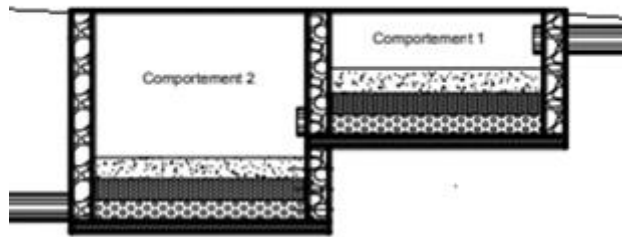


Figure V.2 : la forme du bassin de filtration

### V.3.1 Le premier compartiment (La matière AG) :

Le premier compartiment à matière AG gravitaire est retenu (bassin rectangulaire), avec les critères de conception suivants :

- Epaisseur de la couche filtrante supérieur à 0.6 m avec un hauteur libre 50%.
- Une taille effective de 0.67 mm.
- La hauteur d'eau suffisante pour la percolation comprise entre 0,8 à 2 m.
- La vitesse de filtration courante est 12 m/h.
- Un support de gravier bicouches 90cm, couche supérieure de gravier 8/15 mm, couche inférieure de gravier 30/40 mm.
- Hauteur du premier compartiment doit tenir compte de l'épaisseur de la couche filtrante, de la hauteur d'eau et du support du filtre sur lequel repose

On choisit :

Epaisseur de la couche filtrante : 1 m

La hauteur d'eau : 1 m

La vitesse de filtration : 12 m/h

Support de gravier : 90 cm

Hauteur du premier compartiment : 3.8 m

#### V.3.1.1 La surface horizontale $S_h$ :

Donné par :

$$S_h = \frac{Q_{moyh}}{v}$$

Avec :

$$Q_{moyh} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$v = 12 \text{ m/h}$$

### V.3.1.2 Le volume du bassin V :

Donné par :

$$V = S_h \times H$$

Avec :

H : Hauteur du premier compartiment

### V.3.1.3 Le temp de séjour $t_s$ :

Donné par :

$$t_s = \frac{V}{Q_{moyh}}$$

### V.3.1.4 Les pertes de charge :

Pour calculer les pertes de charges on utilisera la formule d'Ergun :

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{150 \times (1 - \varepsilon)^2 \times v \times \mu}{\varepsilon^3 \times d_p^2} + \frac{1.75 \times (1 - \varepsilon) \times v^2 \times \rho}{\varepsilon^3 \times d_p}$$

Avec :

$\Delta P$  : Perte de charge (Pa)

H : Hauteur du premier compartiment (m)

v : Vitesse de filtration (m/s)

$d_p$  : Diamètre moyen des particules (m)

$\rho$  : Masse volumique du fluide ( $\text{kg/m}^3$ )

$\mu$  : Viscosité dynamique d'eau à 20°C (Pa.s)

$\varepsilon$  : Porosité initiale du lit

On prend :

H = 3.8 m

v = 0.0033 m/s

$d_p$  = 0.001 m

$\rho$  : 1000  $\text{kg/m}^3$

$\mu$  : 0.001 Pa.s

$\varepsilon$  = 0.45

1 m =  $9.81 \times 10^3$  Pa

On résume les calculs dans le tableau suivant :

**Tableau V.1 : Les résultats de dimensionnement de premier compartiment**

| Paramètres             | Résultats | Unités            |
|------------------------|-----------|-------------------|
| $Q_{moyh}$             | 1000      | m <sup>3</sup> /h |
| H                      | 3.8       | m                 |
| Vitesse de filtration  | 12        | m/h               |
| La surface horizontale | 85        | m <sup>2</sup>    |
| La longueur            | 10        | m                 |
| La largeur             | 8.5       | m                 |
| Le volume du bassin    | 323       | m <sup>3</sup>    |
| Le temp de séjour      | 19.38     | min               |
| Les pertes de charge   | 0.66      | m                 |

### V.3.2 Le deuxième compartiment (charbon actif CAG) :

Le deuxième compartiment en charbon actif gravitaire est retenu (bassin rectangulaire), avec les critères de conception suivants :

- Une taille de 0,85 mm à 2 mm avec une taille effective de 1.0 mm et un diamètre moyen des particules de 1.4 mm.
- Un temps de contact de 20 min.
- Le débit entrant au deuxième compartiment est 1000 m<sup>3</sup>/h.
- Un support de gravier bicouches 90cm, couche supérieure de gravier 8/15 mm, couche inférieure de gravier 30/40 mm.

### V.3.2.1 La hauteur du lit filtrant :

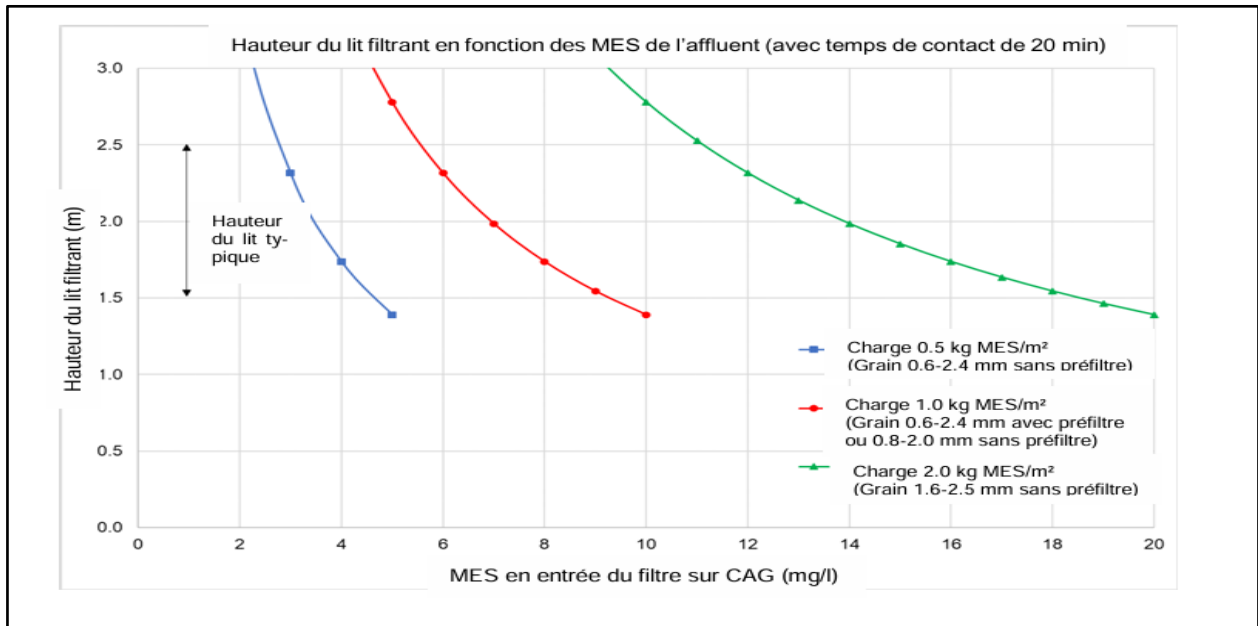


Figure V.3 : hauteur du lit filtrant en fonction de MES de l'affluent (avec temps de contact de 20 min)

Pour une teneur en MES varie entre 5 et 10 mg/l, on prend **une hauteur du lit filtrant de 1,5m**. Pour laisser l'eau se déverser directement sur la couche de charbon actif, toute la couche de charbon actif et de support de gravier doit être sous le niveau de la couche inférieure de gravier dans le premier compartiment + une différence de 30 cm, alors la hauteur totale du deuxième compartiment est

$$H = H_1 + 0.3 + 2.4 \text{ (m)}$$

### V.3.2.2 Le volume du bassin

Donné par :

$$V = t_s \times Q_{moyh}$$

### V.3.2.3 La surface horizontale $S_h$ :

Donné par :

$$S_h = \frac{V}{H}$$

### V.3.2.4 La vitesse de filtration :

Donné par :

$$v = \frac{Q_{moyh}}{S_h}$$

### V.3.2.5 Les pertes de charge :

Donné par :

$$\frac{\Delta P}{H} = \frac{150 \times (1 - \varepsilon)^2 \times v \times \mu}{\varepsilon^3 \times d_p^2} + \frac{1.75 \times (1 - \varepsilon) \times v^2 \times \rho}{\varepsilon^3 \times d_p}$$

On prend :

$$H = H_1 + 0.3 + 2.4 \text{ m}$$

$$d_p = 0.0014 \text{ m}$$

$$\rho : 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu : 0.001 \text{ Pa.s}$$

$$\varepsilon = 0.45$$

$$1 \text{ m} = 9.81 \times 10^3 \text{ Pa}$$

On résume les calculs dans le tableau suivant :

**Tableau V.2 : Les résultats de dimensionnement de deuxième compartiment**

| Paramètres             | Résultats | Unités            |
|------------------------|-----------|-------------------|
| $Q_{\text{moyh}}$      | 1000      | m <sup>3</sup> /h |
| H                      | 6.5       | m                 |
| Vitesse de filtration  | 19        | m/h               |
| La surface horizontale | 53        | m <sup>2</sup>    |
| La longueur            | 10        | m                 |
| La largeur             | 5.3       | m                 |
| Le volume du bassin    | 340       | m <sup>3</sup>    |
| Le temp de séjour      | 20        | min               |
| Les pertes de charge   | 0.89      | m                 |

### V.3.3 Le lavage du bassin de filtration :

Pour nettoyer le bassin de filtration on suit généralement plusieurs étapes. On commence par arrêter la filtration en fermant l'arrivée d'eau brute et en laissant le filtre se stabiliser. Si le dispositif le permet, on effectue ensuite un décolmatage à l'air en injectant de l'air comprimé de bas en haut, à raison de 40 à 60 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h pendant 3 à 5 minutes, afin de décoller les particules accumulées. On procède ensuite au lavage à contre-courant avec de l'eau claire, toujours du bas vers le haut, avec une vitesse de 20 à 25 m/h pour la matière AG et environ 15 m/h pour le charbon actif, pendant 8 à 15 minutes, jusqu'à ce que l'eau de lavage devienne claire. Un rinçage final en mode filtration, à débit réduit pendant 3 à 5 minutes, permet d'éviter un pic de turbidité dans l'eau traitée. Les eaux de lavage doivent être récupérées dans un bassin de reprise et renvoyées en tête de station, généralement avant la décantation. Enfin, le débit exact de lavage est déterminé en fonction de la surface filtrante et de la vitesse recommandée, selon la relation  $Q = v \times S_h$

L'expansion du charbon actif est expliquée dans l'annexe 02

### V.4 Dimensionnement du Réservoir de stockage :

Le réservoir de stockage sert à stocker l'eau filtrée avant de la pomper vers les bassins d'infiltration, nous avons choisi de construire un réservoir cylindrique semi-enterré avec une hauteur de 8m.

#### V.4.1 Le volume de réservoir :

Donné par :

$$V = Q_{moyh} \times t_s$$

Avec

$$Q_{moyh} = 1000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$t_s = 62 \text{ min}$$

#### V.4.2 La surface horizontale:

Donné par:

$$S_h = \frac{V}{H}$$

#### V.4.3 Calcul de diameter:

Donné par:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S_h}{\pi}}$$

On résume les calculs dans le tableau suivant :

**Tableau V.3 : Les résultats de dimensionnement de réservoir de stockage**

| Paramètres             | Résultats | Unités                |
|------------------------|-----------|-----------------------|
| $Q_{moyh}$             | 1000      | $\text{m}^3/\text{h}$ |
| H                      | 8         | m                     |
| La surface horizontale | 129.25    | $\text{m}^2$          |
| Le volume du réservoir | 1034      | $\text{m}^3$          |
| Le temp de séjour      | 62        | min                   |
| Diamètre               | 12.83     | m                     |

### V.5 Calcul hydraulique :

Nous allons calculer les caractéristiques de la conduite qui relie la STEP au bassin de filtration, et la conduite qui relie le bassin et le réservoir de stockage, nous avons opté pour le polyéthylène haute densité

(PEHD) en raison de ses propriétés remarquables, notamment sa dureté, son étanchéité, sa résistance à la corrosion ainsi que sa faible rugosité, qui en font un matériau particulièrement adapté à cet usage

### V.5.1 La perte de charge :

L'évaluation des pertes de charge hydrauliques dans une conduite est généralement réalisée à l'aide de l'équation de Darcy-Weisbach, qui constitue la relation de référence pour exprimer ces pertes en fonction des caractéristiques du fluide et de la conduite :

$$\Delta H_T = \frac{K \times L \times Q^\beta}{D^m} = C1 - C2$$

Avec :

K : coefficient de perte de charge

Q : débit en m<sup>3</sup>/s

L : longueur de la conduite (m)

D : diamètre de la conduite (mm)

$\beta$  : coefficient dépendant du régime d'écoulement

m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite

C1 : côte du plan d'eau au point 1 (m)

C2 : côte du plan d'eau au point 2 (m)

### V.5.2 La longueur de conduite :

Pour l'ensemble de nos calculs, nous prendrons en considération non seulement les pertes de charge linéaires mais également les pertes de charge singulières. Ces dernières seront intégrées sous forme de longueurs équivalentes, ce qui permet de simplifier les calculs en ramenant les pertes singulières à une perte de charge linéaire équivalente.

$$L_{eq} = 1.15 \times L_{réel}$$

### V.5.3 Le diamètre de conduite :

Le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \times L \times Q^\beta}{C1 - C2}}$$

Avec:

K = 0,001052

m = 4.774

$$\beta = 1,77$$

Pour le choix de notre conduite la vitesse d'écoulement doit être à aspiration inférieure à 1 m/s ( $V < 1$  m/s).

$$V = \frac{Q}{S}$$

Les résultats obtenus sont résumés sur le tableau ci-dessous

**Tableau V.4 : Les résultats des calculs des conduites**

| Paramètres        | Résultats   |                  | Unités         |
|-------------------|-------------|------------------|----------------|
|                   | STEP-Bassin | Bassin-Réservoir |                |
| $L_{\text{réel}}$ | 405         | 4                | m              |
| $L_{\text{éq}}$   | 465.75      | 4.6              | m              |
| C1-C2             | 8           | 0.1              | m              |
| D                 | 346         | 0.33             | mm             |
| $D_n$             | 630         | 630              | mm             |
| e                 | 24.1        | 24.1             | mm             |
| S                 | 0.31        | 0.31             | m <sup>2</sup> |
| V                 | 0.89        | 0.89             | m/s            |
| $\Delta H_T$      | 0.63        | 0.006            | m              |

### V.6 Choix des pompes :

#### V.6.1 Première pompe (STEP – bassin de filtration) :

Pour choisir la pompe que nous devons utiliser, j'ai utilisé le site KSB EasySelect pour trouver la pompe optimale à utiliser

##### Les paramètres pour choisir une pompe :

- Température de service 30 °C
- Débit de 1000 m<sup>3</sup>/h
- HMT = 8.63m
- Hg = 8m
- Pression d'alimentation max = 1 bars

**Sélection de produit**

Exécution technique   Accessoires   Poste de demande

**Utilisation**

Utilisation ☒ Traitement des eaux usées \*  
Installation ☒ Station d'épuration \*  
Processus ☒ Traitement mécanique \*

**Fluide**

Eau, eaux chargées, Eaux légèrement chargées

Température de service 30,0 °C \*

**Point de fonctionnement**

Débit Q 1000,00 m³/h \*  
Hauteur manométrique H 8,63 m \* €

**Conditions de fonctionnement**

Hauteur géométrique H geo 8,00 m Hgeo  
NPSH disponible m  
Pression d'alim. maxi. 1,00 bar.r  
☐ accepter by-pass

**Exécution**

Exécution ☒ Pompe simple 1 x 100 %  
Forme de roue souhaitée ☒ au choix

Figure V.4 : Caractéristique a insérée dans KSB EasySelect

Après ça le site donne-moi une liste des pompes qui respecte notre caractéristique, et ont choisi une pompe du la liste :

J'ai choisi la pompe +1 secours : Ksb Etaline R avec les caractéristiques techniques suivantes :



Etaline R

Figure V.5 : Pompe Ksb Etaline R

## CHAPITRE V : Dimensionnement du bassin de filtration et calcul hydraulique

Les caractéristiques techniques de cette pompe sont :

|                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| Pression de ref. maxi.:    | 25,00 bar.r               |
| Qmax:                      | 1900,00 m <sup>3</sup> /h |
| Qmin:                      | 1,00 m <sup>3</sup> /h    |
| Hauteur manométrique max.: | 97,00 m                   |
| Température min.:          | -30,0 °C                  |
| Température max.:          | 140,0 °C                  |

Figure V.6 : Les caractéristiques techniques du pompe Ksb Etaline R

Les courbes caractéristiques de cette pompe :

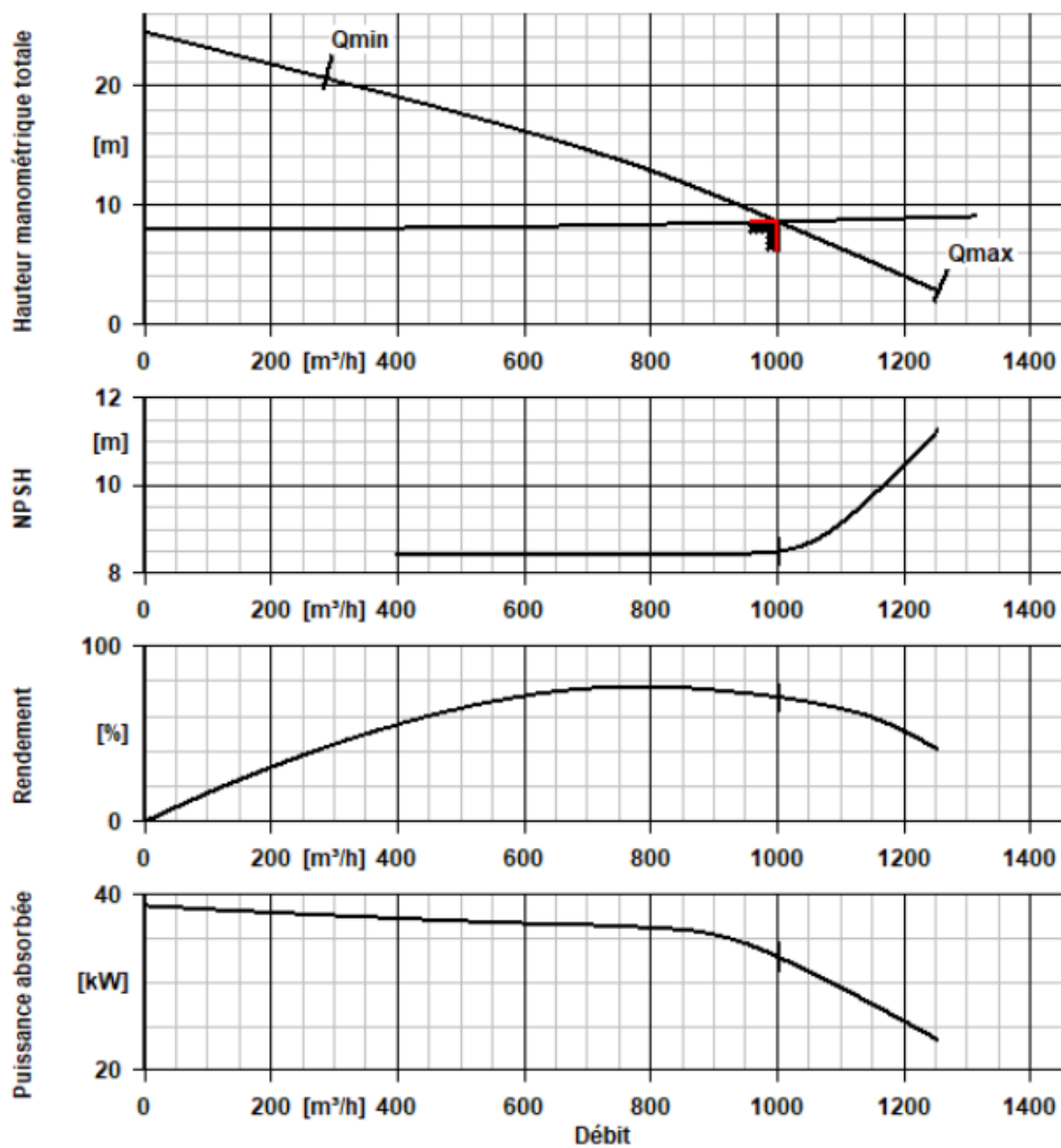


Figure V.7 : Les courbes caractéristiques du pompe Ksb Etaline R

### V.6.2 Deuxième pompe (bassin de filtration– bassin d'infiltration)

Pour choisir la pompe que nous devons utiliser, j'ai utilisé le site KSB EasySelect pour trouver la pompe optimale à utiliser.

#### Les paramètres pour choisir une pompe :

- Température de service 30 °C
- Débit de 1000 m<sup>3</sup>/h
- HMT = 108m
- Hg = 93m
- Pression d'alimentation max = 11 bars

Le site donne plusieurs pompes on a choisi la pompe +1 secours : Ksb famille RPH



Figure V.8 : Pompe Ksb famille RPH

Les caractéristiques techniques de cette pompe sont :

|                                   |                           |
|-----------------------------------|---------------------------|
| <b>Pression de ref. maxi.:</b>    | 110,00 bar.r              |
| <b>Qmax:</b>                      | 5400,00 m <sup>3</sup> /h |
| <b>Qmin:</b>                      | 1,00 m <sup>3</sup> /h    |
| <b>Hauteur manométrique max.:</b> | 270,00 m                  |
| <b>Température min.:</b>          | -70,0 °C                  |
| <b>Température max.:</b>          | 450,0 °C                  |

Figure V.9 : Les caractéristiques techniques du pompe Ksb famille RPH

Les courbes caractéristiques de cette pompe :

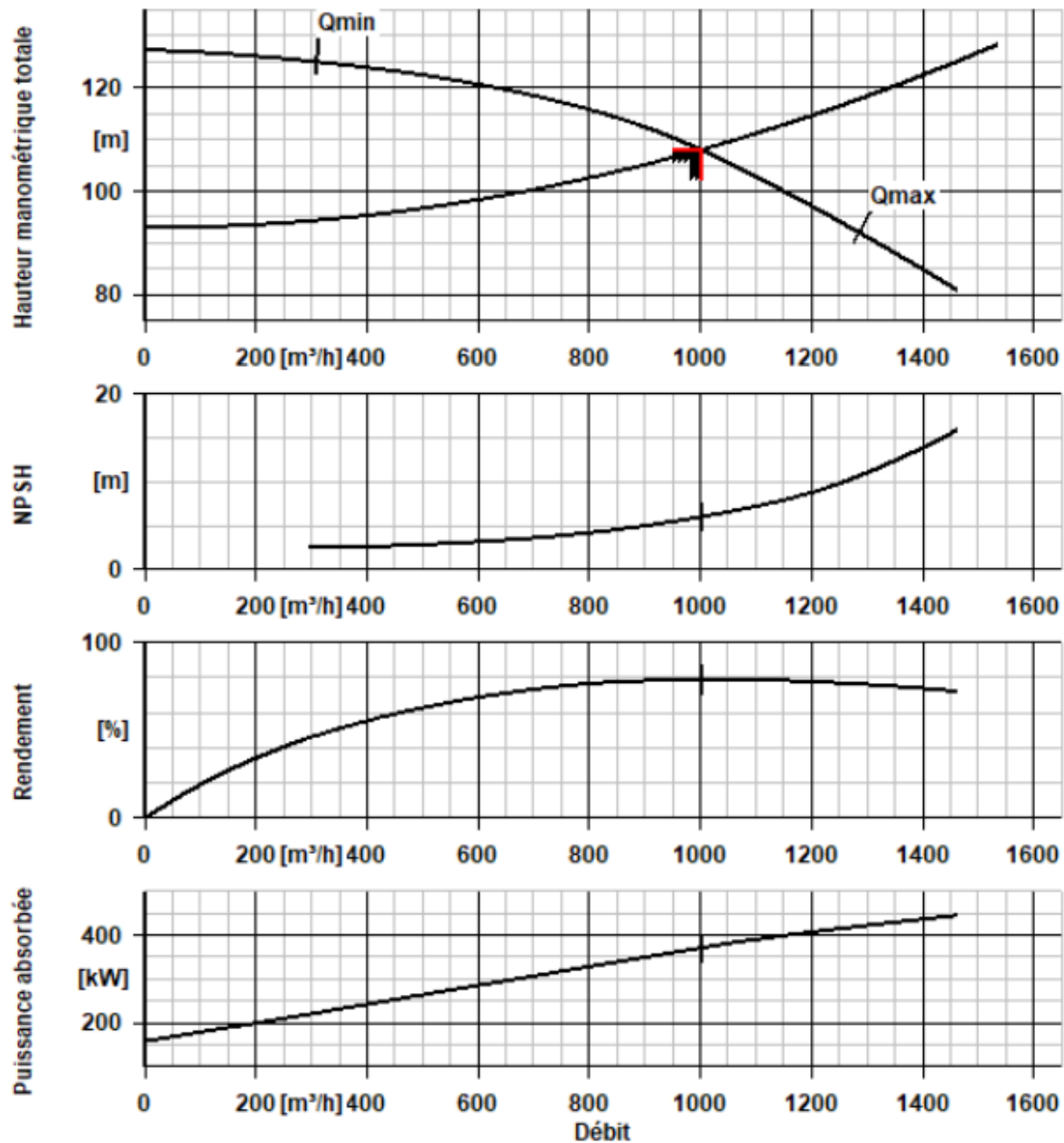


Figure V.10 : Les courbes caractéristiques du pompe Ksb famille RPH

### V.7 Calcul de côte piézométriques de bassin de filtration :

On calcule les côtes piézométriques d'après l'équation de BERNOULLI donnée par

$$\frac{P_1}{W} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_{1-2}$$

La variation de vitesse est très faible, donc les énergies cinétiques peuvent être éliminées, il vient :

$$\frac{P_1}{W} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + Z_2 + H_{1-2}$$

On pose :

$$\frac{P_1}{W} = H1 \quad \text{et} \quad \frac{P_2}{W} = H2$$

Donc :

$$H1 + Z1 = H2 + Z1 + H_{1-2}$$

Avec :

Cp1 = H1 + Z1 : côte piézométrique au point 1

Cp2 = H2 + Z2 : côte piézométrique au point 2

$$Cp1 = Cp2 + H_{1-2}$$

Alors la cote piézométrique du bassin de filtration

**Compartiment 1 :**

$$Cpc1 = Cpe + H1 - 2 = 13.6 \text{ m}$$

**Compartiment 2 :**

$$Cpc2 = Cpc1 + H1 - 2 = 12 \text{ m}$$

### V.8 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons procédé au dimensionnement précis du bassin de filtration et du réservoir de stockage. Nous avons ensuite réalisé les calculs hydrauliques nécessaires au projet, incluant le choix approprié des pompes, la détermination des dimensions des conduites (longueur, diamètre et vitesse d'écoulement), ainsi que l'évaluation des pertes de charge et des cotes piézométriques aux différents points du système.

# **Chapitre VI :**

## **Organisation de chantier**

### VI.1 Introduction :

L'organisation d'un chantier requiert une planification méthodique et une répartition judicieuse des moyens humains et techniques. L'objectif est d'assurer efficacité, durabilité et maîtrise budgétaire. Par exemple, la réalisation d'un ouvrage en béton armé mobilise divers intrants tels que liant, granulats et armatures métalliques, tandis que son coût est fixé en amont de la mise en œuvre.

L'estimation des coûts et des moyens mobilisés demeure une opération délicate, car elle s'appuie sur des prévisions susceptibles d'évoluer en fonction de la réalité du terrain. Cette incertitude impose à l'entreprise de réviser périodiquement ses projections afin d'adapter la planification et d'assurer la maîtrise du projet.

L'Organisation de chantier" inclut également l'anticipation des besoins du chantier, ce qui passe par :

- Une analyse détaillée du projet de construction.
- La recherche d'optimisations techniques dans les procédés constructifs pour améliorer :
  - La sécurité,
  - Les délais de construction
  - La rentabilité
- La définition des modes opératoires
- L'élaboration d'un plan d'installation de chantier
- L'établissement d'un planning prévisionnel pour l'exécution des travaux

### VI.2 Installation d'un chantier :

L'ensemble des installations temporaires indispensables au bon déroulement du chantier durant son exécution.

#### VI.2.1 Définition d'un chantier :

Le chantier constitue à la fois l'espace destiné à l'implantation de l'ouvrage et le cadre dans lequel s'organisent les activités liées à sa réalisation. Il se caractérise par une délimitation précise, tant sur le plan spatial que temporel.

#### VI.2.2 Rôle de l'installation de chantier :

Il y a 3 rôles principaux :

- Organiser le déroulement des travaux.
- Ordonner le chantier.
- Positionner les éléments.

### VI.2.3 Moyens des travaux de chantier :

- Ressources humaines.
- Ressources matérielles.
- Équipements de terrassement.
- Équipements de bétonnage.

### VI.3 Devis quantitatif et estimatif :

Afin d'obtenir une valeur de consommation jugée représentative, l'estimation du coût d'exploitation repose sur l'intégration de plusieurs paramètres inhérents au fonctionnement du système, notamment la consommation énergétique, l'utilisation des consommables ainsi que les opérations de maintenance.

#### VI.3.1 Le coût des projets :

Le coût estimatif du projet est établi sur la base du coût du mètre cube (m<sup>3</sup>) d'eau épurée. Ce coût est composé de :

##### VI.3.1.1 Le coût d'investissement :

Donnée par :

$$C_i = C_{vrd} + C_{GC} + C_{eq}$$

Avec :

$C_i$  : le coût d'investissement.

$C_{GC}$  : le coût de génie civil (terrassement et coût des ouvrages en béton).

$C_{eq}$  : le coût des équipements (racleurs, turbine, pompes aérateurs, tuyauterie...).

$C_{vrd}$  : le coût VRD (les voiries et Réseaux divers).

##### VI.3.1.2 Le coût de fonctionnement :

- Coût d'exploitation courante.
- Coût de renouvellement du matériel électromécanique.
- Frais financiers et de la main d'œuvre.

### VI.3.2 Calcule le Coût d'investissement :

#### VI.3.2.1 Coût total du génie civil

$$C_{GC} = C_{ter} + C_b$$

Avec :

$C_{terr}$  : Le Coût de terrassement

$C_b$  : Le Coût du béton

##### VI.3.2.1.1 Le Coût de terrassement :

###### a ) Le décapage+ Transport des terres :

L'épaisseur de la couche végétale est estimée à environ 30 centimètres.

Le volume est donné par :

$$V = 0.3 \times S_h$$

Avec :

V : volume de décapage

$S_h$  : surface horizontale de la zone du bassin et réservoir de stockage : 800 m<sup>2</sup>

Le coût d'un ouvrage sera donc :

$$C = P_{dec} \times V$$

Avec :

$P_{dec}$  : prix unitaire pour décapier un m<sup>3</sup> de terre

V : volume de décapage

###### b ) Déblais + Transport des terres :

Donnée par :

$$C = P_{D+T} \times V$$

Avec :

$P_{D+T}$  : prix unitaire pour Creuser et transporter d'un m<sup>3</sup> de terre

V : volume de Déblais

##### VI.3.2.1.2 Le Coût du béton :

Il se compose de 2 types :

###### a ) Le béton de propreté :

Un béton de propreté, dosé à raison de 150 kg/m<sup>3</sup> de ciment CRS, sera mis en œuvre avec une épaisseur de 0,10 m. Il sera tiré à la règle et disposé sous les semelles, les longrines ainsi que les radiers

## CHAPITRE VI : Organisation de chantier

---

des ouvrages.

Donnée par :

$$V_{B.P} = S_h \times 0.10$$

Avec :

$V_{B.P}$  : Le volume total du béton de propreté pour chaque ouvrage

$S_h$  : La surface horizontale d'ouvrage

Le coût d'un ouvrage sera donc :

$$C = P_{B.150} \times V_{B.P}$$

Avec :

$P_{b.150}$  : le prix unitaire pour un m<sup>3</sup> de béton

### b) Le béton armé :

Le volume total du béton armé dosé à 400 Kg/m<sup>3</sup> de ciment CRS pour chaque ouvrage sera la somme des deux volumes :

$$V_{B.a} = V_r + V_m$$

Avec :

$V_r$  : Le volume de radier

$V_m$  : Le volume de mur

➤ Le volume de radier :

$$V_r = S_h \times e_r$$

➤ Le volume de mur :

➤ Pour les murs circulaires :

$$V_m = P \times H \times e_m$$

➤ Pour les murs rectangulaires :

$$V_m = [2 \times (L + l) - (4 \times e_m)] \times H \times e_m$$

Avec :

$e_m$  : L'épaisseur du mur  $e_m = 0.3$  m

$e_r$  : L'épaisseur du radier  $e_r = 0.3$  m

$P$  : périmètre d'ouvrage.

$H$  : Hauteur d'ouvrage.

$L$  : La longueur d'ouvrage.

$l$  : La largeur d'ouvrage.

On calcule le coût de béton armé par la formule suivante :

## CHAPITRE VI : Organisation de chantier

$$C = P_{B.400} \times V_{B.a}$$

Avec :

$P_{B.400}$ : le coût de béton.

### c) Enduit étanche :

Exécution d'enduit étanche en mortier de ciment pour imperméabilisation de surface intérieur du bassin et réservoir. Epaisseur 2 cm.

Donnée par :

$$C = P_{E.étanche} \times S_{int}$$

Avec :

$P_{E.étanche}$  : Le prix d'un m<sup>2</sup>.

$S_{int}$  : surface intérieure de l'ouvrage.

### d) Enduit ordinaire :

Enduit ordinaire sur les murs extérieurs de la station, y compris l'échafaudage, la main d'oeuvre et toutes sujétions.

Donnée par :

$$C = P_{E.ordinaire} \times S_{ext}$$

Avec :

$P_{E.ordinaire}$  : Le prix d'un m<sup>2</sup>.

$S_{ext}$  : surface extérieure de l'ouvrage.

On résume les calculs dans le tableau suivant :

**Tableau VI.1 : Les résultats du calcul du volume de béton armé pour chaque ouvrage**

| Ouvrages              | Sh     | S int  | S ext | Vr (m3) | Vm (m³) | V b.a  | V b.p |
|-----------------------|--------|--------|-------|---------|---------|--------|-------|
| Premier compartiment  | 96.46  | 111    | -     | 28.94   | 46.99   | 75.93  | 12.95 |
| Deuxième compartiment | 62.54  | 198.9  | -     | 18.76   | 64.87   | 83.63  | 9.42  |
| Réservoir de stockage | 141.65 | 337.53 | 84.38 | 42.49   | 101.26  | 143.75 | 14.12 |
| Total                 | 300.65 | 647.43 | 84.38 | 90.19   | 213.12  | 303.31 | 36.49 |

### VI.3.2.2 Le Coût des VRD :

Le coût des VRD est estimé à 25% du coût du génie civil donc :

$$C_{VRD} = C_{GC} \times 0.25$$

### VI.3.2.3 Coût des équipements :

#### Le prix des pompes :

Deux Pompes Ksb Etaline R + deux pompes Ksb famille RPH

Alors :

$$\begin{aligned} C_{\text{pompes Etaline R}} &= 2 \times 70\,522 = 141\,044 \text{ EURO} \\ &= 141\,044 \text{ EURO} \end{aligned}$$

Avec :

$$1 \text{ EURO} = 152.10 \text{ DA}$$

Donc :

$$C_{\text{Pompes Etaline R}} = 21\,452\,792.4 \text{ DA}$$

Et

$$C_{\text{pompes famille RPH}} = 2 \times 42\,000 = 84\,000 \text{ USD}$$

Avec :

$$1 \text{ USD} = 129.75 \text{ DA}$$

Donc :

$$C_{\text{Pompes famille RPH}} = 10\,899\,000 \text{ DA}$$

Donc

$$C_{\text{éq}} = 32\,351\,792.4 \text{ DA}$$

#### Le prix de Matière AG :

$$C_{\text{Matière AG}} = \frac{85 \times 7938.15}{0.0283} = 23842500 \text{ DA}$$

#### Le prix de charbon actif :

$$C_{\text{charbon actif}} = \frac{79.5 \times 34800}{0.05} = 55332000 \text{ DA}$$

Donc

$$C_{\text{éq}} = 111\,526\,292 \text{ DA}$$

## CHAPITRE VI : Organisation de chantier

**Tableau VI.2 : Le devis quantitatif et estimatif de coût d'investissement**

| N°         | Désignation des travaux            | Unité                | Quantité | Prix unitaire     | Prix total |
|------------|------------------------------------|----------------------|----------|-------------------|------------|
| <b>I</b>   | <b>Coût total de génie civil</b>   |                      |          |                   |            |
| <b>1</b>   | <b>Terrassement</b>                |                      |          |                   |            |
| <b>1.1</b> | Le décapage + Transport des terres | <b>m<sup>3</sup></b> | 240      | 300               | 72000      |
| <b>1.2</b> | Déblais + Transport des terres     | <b>m<sup>3</sup></b> | 1679.709 | 2500              | 4199272.5  |
| <b>2</b>   | <b>Construction en béton arme</b>  |                      |          |                   |            |
| <b>2.1</b> | Béton de propreté                  | <b>m<sup>3</sup></b> | 36.49    | 15000             | 547350     |
| <b>2.2</b> | Béton armé                         | <b>m<sup>3</sup></b> | 303.31   | 50000             | 15165500   |
| <b>2.3</b> | Enduit étanche                     | <b>m<sup>2</sup></b> | 647.43   | 900               | 582687     |
| <b>2.4</b> | Enduit ordinaire                   | <b>m<sup>2</sup></b> | 84.38    | 450               | 37971      |
| <b>II</b>  | <b>Coût des VRD</b>                | <b>FFT</b>           | FFT      | FFT               | 5151195.13 |
| <b>III</b> | <b>Coût des équipements</b>        | <b>U</b>             | 1        | 32351792.4        | 111526292  |
|            |                                    |                      |          | <b>Total (DA)</b> | 137282267  |
|            |                                    |                      |          | <b>TVA (%)</b>    | 19         |
|            |                                    |                      |          | <b>TTC (DA)</b>   | 162365898  |

Prix en lettres : cent soixante-deux millions trois cent soixante-cinq mille huit cent quatre-vingt-dix-huit dinars algériens.

### VI.3.3 Calcule le Coût de fonctionnement :

$$C_{\text{fon}} = C_{\text{exp}} + C_{\text{rm}} + C_{\text{fm}}$$

$C_{\text{exp}}$  : Le coût d'exploitation courante

$C_{\text{rm}}$  : Le coût de renouvellement du matériel électromécanique

$C_{\text{fm}}$  : Le coût des frais financiers et main d'œuvre

### VI.3.3.1 Le coût d'exploitation courante :

Il s'agit des dépenses régulières nécessaires pour faire fonctionner l'entreprise ou le projet au quotidien. Cela inclut des éléments tels que (énergie, matériaux, etc.)

Donc :

$$C_{\text{exp}} = C_{\text{énergie}} + C_{\text{c.m}}$$

$C_{\text{énergie}}$  : Le coût de la consommation d'énergie

$C_{\text{c.m}}$  : Le coût de la consommation des matériaux

#### VI.3.3.1.1 Le coût de la consommation d'énergie :

La consommation spécifique d'énergie pour nos pompes est de :

- **Pompe Etaline R** :  $32.93 \times 24 \times 365 = 288466.8 \text{ kWh/an}$
- **Pompe famille RPH** :  $41.27 \times 24 \times 365 = 361525.2 \text{ kWh/an}$

$$\text{Consommation d'énergie} = 288466.8 + 361525.2 = 649992 \text{ kWh/an}$$

#### VI.3.3.1.2 Le coût de la consommation des matériaux :

Il est estimé à 0.5% du coût d'investissement total.

$$C_{\text{c.m}} = 0.005 \times C_i$$

### VI.3.3.2 Le coût de renouvellement du matériel électromécanique :

Il est estimé à 1% du coût d'investissement total.

$$C_{\text{r.m}} = 0.01 \times C_i$$

### VI.3.3.3 Le coût des frais financiers et main d'œuvre :

Il est estimé à 5% du coût d'investissement total.

$$C_{\text{f.m}} = 0.05 \times C_i$$

Le devis quantitatif et estimatif de coût de fonctionnement dans le tableau suivant :

## CHAPITRE VI : Organisation de chantier

**Tableau VI.3 : Le devis quantitatif et estimatif de coût de fonctionnement**

| N°         | Désignation des travaux                                       | Unité | Quantité | Prix unitaire     | Prix total        |
|------------|---------------------------------------------------------------|-------|----------|-------------------|-------------------|
| <b>I</b>   | <b>Le coût de renouvellement du matériel électromécanique</b> |       |          |                   |                   |
| <b>1</b>   | Le coût de la consommation d'énergie                          | kWh   | 649992   | 5.47              | 3555456.24        |
| <b>2</b>   | Le coût de la consommation des matériaux                      | FFT   | FFT      |                   | 686411.335        |
| <b>II</b>  | <b>Le coût de renouvellement du matériel électromécanique</b> | FFT   | FFT      |                   | 1372822.67        |
| <b>III</b> | <b>Le coût des frais financiers et main d'œuvre</b>           | FFT   | FFT      |                   | 6864113.35        |
|            |                                                               |       |          | <b>Total (DA)</b> | <b>12478803.6</b> |

Prix en lettres : douze millions quatre cent soixante-dix-huit mille huit cent trois dinars algériens et soixante centimes.

### VI.4 Calcul du prix du m<sup>3</sup> d'eau traitée :

Calculé par :

#### VI.4.1 Le coût d'amortissement annuel :

Donné par :

$$C_{a.a} = \frac{C_i}{T}$$

Avec :

T : durée d'amortissement t= 30 ans.

#### VI.4.2 Coût annuel de bassin :

Donné par :

$$C_{t.s} = C_{a.a} + C_{fon}$$

#### VI.4.3 Calcul du prix du m<sup>3</sup> d'eau filtrée :

Le volume total annuel d'eau épurée en l'an 2054 est :

$$V_{an} = Q_j \times 365 = 8760000 \text{ m}^3$$

## CHAPITRE VI : Organisation de chantier

---

Le coût du m<sup>3</sup> épurée ce calcul alors :

$$C_e = \frac{C_{t.s}}{V_{an}}$$

On résume les calculs dans le tableau suivant :

**Tableau VI.4 :** Les résultats du calcul du coût par m<sup>3</sup> d'eau traitée

|                                               |               |
|-----------------------------------------------|---------------|
| <b>Le Coût d'amortissement annuel</b>         | 5412196.6 DA  |
| <b>Le Coût annuel de bassin</b>               | 17891000.2 DA |
| <b>Le Coût de m<sup>3</sup> d'eau filtrée</b> | 2.04 DA       |

Prix en lettres : Deux dinar algérien et quatre centimes.

### VI.5 Conclusion

Ce chapitre présente un récapitulatif des procédures à respecter avec rigueur lors de la mise en œuvre du projet d'aménagement du terrain étudié, afin d'assurer une exécution optimale. Il propose également une estimation du coût global du projet, intégrant les dépenses liées au béton armé, au foncier (investissement) ainsi que les charges d'exploitation.

# **Conclusion générale et perspectives**

### **Conclusion générale :**

Le présent travail a permis de mettre en évidence l'importance croissante de la réutilisation des eaux usées dans un contexte marqué par la raréfaction des ressources en eau et les menaces d'intrusion marine.

À travers une étude approfondie, nous avons examiné les caractéristiques des effluents épurés, les contraintes liées au site ainsi que les techniques de filtration les plus appropriées. Le dimensionnement du bassin de filtration proposé contribue non seulement à améliorer la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux usées traitées, mais également à les rendre conformes aux exigences d'une recharge artificielle durable des nappes phréatiques.

Les résultats obtenus confirment que la mise en place d'un tel dispositif constitue une solution efficace pour valoriser les eaux usées, renforcer la sécurité hydrique et limiter les risques environnementaux. Ce travail ouvre ainsi la voie à des perspectives de recherche et d'application visant à optimiser davantage les procédés de filtration et à promouvoir la réutilisation des eaux traitées dans une logique de gestion intégrée et durable des ressources en eau.

Ce travail demeure incomplet, car il est indispensable de réaliser des analyses microbiologiques avant et après la filtration. Ces vérifications sont nécessaires afin de garantir que l'eau traitée est réellement sûre et qu'elle ne présente aucun risque de contamination des nappes. Afin d'éliminer les risques liés à la présence de micro-organismes et de virus, le recours à des procédés avancés tels que l'irradiation UV ou l'ultrafiltration constitue une solution efficace. Toutefois, la mise en œuvre de ces techniques doit impérativement être accompagnée d'analyses régulières, garantissant ainsi la conformité sanitaire de l'eau traitée et la fiabilité du dispositif.

# **Bibliographique**

### Références bibliographiques

- [1] **Boutin, C., Lievyn, F., Potier, S., & Ménard, J. (2014).** L'assainissement des habitations des éleveurs : traitement conjoint de leurs eaux usées domestiques et des effluents d'élevage. Techniques Sciences Méthodes.
- [2] **GOUT, É., Fatimatou, T., Monnot, M., VANLOOT, P., Boutin, O., & Moulin, P. (2024).** Traitement des effluents industriels par couplage de procédés membranaires et d'oxydation par voie humide. Techniques Sciences Méthodes.
- [3] **Soutter, M., & Musy, M. (2005).** Contamination des eaux souterraines par des pesticides : cartes de risque et d'incertitudes. Revue des sciences de l'eau.
- [4] **SATIN, M. SELMI, B & REGIS, B.** Guide technique de l'assainissement. Paris : Moniteur, 1999. 724-739-810 p. Référence technique. ISBN 978-2-281-11239-9
- [5] **BOEGLIN, J. (1997).** Analyse des eaux résiduaires - mesure de la pollution. Technologies de l'eau
- [6] **RODIER J, 1996 :** Analyse de l'eau, Editions Dunod, 8ème Edition, 1380p
- [7] **Villeneuve, V., Légaré, S., Painchaud, J., & Vincent, W. (2007).** Dynamique et modélisation de l'oxygène dissous en rivière. Revue des sciences de l'eau.
- [8] **RODIER J, 2009 :** L'analyse de l'eau eaux naturelles eaux résiduaires eau de mer, Editions Dunod, 9ème Edition.
- [9] **BACHI, 2010 :** Diagnostic sur la valorisation de quelques plantes du jardin d'épuration de station du vieux ksar Témacin, Thèse de Magister, Université de Ouargla.
- [10] **Pyne R. & David G. (2005),** Groundwater Recharge and Wells: A Guide to Aquifer Storage Recovery.
- [11] **RIAD P, BILLIP M, HASSAN A, 2012:** Artificial Recharge of Groundwater by Treated Wastewater, Thèse de doctorat, Faculté -Ain Shams University.
- [12] **MAX A. SAINT-PÉ (1971),** ALIMENTATION ARTIFICIELLE DES NAPPES, International Association of Scientific Hydrology.
- [13] **RAGHUNATH H, 1992:** Ground Water, 2ème Edition, Editions Wiley Eastern, New Delhi.
- [14] **Petit, O. (2004).** La surexploitation des eaux souterraines : enjeux et gouvernance. Natures Sciences Sociétés.
- [15] **BOUWER H, RICE R, 1984:** Effect of Water Depth in Groundwater Recharge Basins on Infiltration.
- [16] **MEDDI M, BOUFEKANE A, MEDDI H, 2015 :** Recharge artificielle de la nappe de la Mitidja.
- [17] **Hermine, J. (2000).** Sites pollués : contamination des sols et des nappes phréatiques.

## Bibliographique

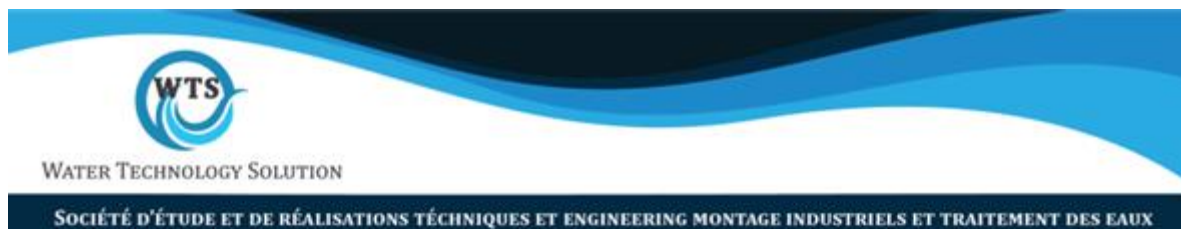
---

- [18] Manuel operateur-BARAKI
- [19] **Ballay, D., & Blais, J. (2005).** Le traitement des eaux usées. Revue des sciences de l'eau
- [20] Fiche technique de la matière AG de groupe Water Technology Solution (**[www.wts-dz.com](http://www.wts-dz.com)**).
- [21] NEMCHI F, 2006 : Modification physico-chimique de deux algues marines ulva lactuca et cystoseira strict en vue de l'élimination par adsorption du bleu de méthylène, Thèse de Magister, Université d'Oran
- [22] Principes de mise en œuvre des charbons-actifs, disponible à : <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/adsorption/principes-de-mise-en-oeuvre-des-charbons-actifs>
- [23] Fiche technique d'AquaSorb™ 1200 de groupe Jacobi
- [24] <https://www.lenntech.fr/systemes/couches/charbon-actif/filtres-charbon-actif.htm> ?
- [25] **BILLON-LANFRAY, D. (2014).** Traitement des eaux de refroidissement. Technologies de l'eau
- [26] US EPA – **Guidelines for Water Reuse (2004)**
- [27] Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks (phase 2) managed aquifer recharge, **July 2009**

# **Annexes**

## Annexe 01

### Fiche technique de la matière AG



### MATIERE AG

#### CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :

##### EMPLOI :

La matière AG est une masse filtrante granulée hautement efficace utilisée dans le traitement de l'eau pour l'élimination des matières en suspension. Ce produit est mis dans des bouteilles pression ou les matières solides sont retenues au travers de la masse filtrante.

Chimiquement, la matière AG est un silicate d'alumine non hydraté

##### AVANTAGE :

- Hauts rapports de service
- Sa grande efficacité rend possible un haut degré de clarification. Les bactéries et les algues sont également et généralement éliminées.
- Sa faible densité autorise des débits de rinçages inférieurs à ceux nécessaires pour tout autre type de masse filtrante

##### DESCRIPTION GENERALE :

|           |                              |
|-----------|------------------------------|
| Nature    | Minéral                      |
| Structure | Granulé                      |
| Vue       | Blanchâtre                   |
| Emballage | Sac de 1cu/ft = 28,30 litres |

#### CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES

|                                |                |
|--------------------------------|----------------|
| Granulométrie                  | 12 x30 Mesh    |
| Dimensions effectives Ø, 67 mm |                |
| Masse volumique apparente      | 0,38-0,42 kg/l |
| Solubilité dans un acide       | < 1%           |

##### CONDITIONS DE SERVICE

|                                                 |                   |
|-------------------------------------------------|-------------------|
| Vitesse de service                              | 12 m/h            |
| Vitesse de détassage                            | 20-25 m/h         |
| Hauteur libre                                   | 50%               |
| Hauteur du lit minimal                          | 600 mm            |
| Remarque<br>préalable à la Première utilisation | Immersion de 12 h |

##### QUALITE D'EAU REQUISE

|                  |           |
|------------------|-----------|
| PH               | 2-10      |
| Fer et manganèse | max 1 PPM |
| Huile            |           |

## Annexe 02

### Fiche technique de charbon actif CAG

# AquaSorb™ 1200

## Charbon actif pour le traitement de l'eau potable

L'AquaSorb™ 1200 est un charbon actif en grain doté d'un niveau d'activité standard, spécifiquement développé pour le traitement de l'eau destinée à la consommation humaine, tant municipale qu'industrielle. Son procédé de fabrication lui confère une distribution poreuse efficace pour l'élimination des matières organiques dissoutes, des pesticides ainsi que de nombreux autres composés rencontrés dans les eaux brutes. L'AquaSorb™ 1200 est parfaitement adapté au traitement des eaux souterraines, des eaux de surface ainsi que de l'eau de réseau. Ce produit est conforme aux normes internationales applicables aux charbons actifs utilisés dans cette application.



### SPÉCIFICATIONS\*

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| Indice d'iode min.       | 900 mg/g  |
| Humidité (à l'emballage) | max. 5 %  |
| Dureté                   | min. 95 % |

### PROPRIÉTÉS TYPIQUES \*

|                                            |                         |
|--------------------------------------------|-------------------------|
| Surface BET                                | 906 m <sup>2</sup> /g   |
| Volume poreux total                        | 0,95 cm <sup>3</sup> /g |
| Cendres solubles dans l'eau                | 0,2 %                   |
| Densité apparente                          | 540 kg/m <sup>3</sup>   |
| Densité du lit après expansion et drainage | 470 kg/m <sup>3</sup>   |
| pH                                         | 8-11                    |

| GRANULOMÉTRIE (MESH)          | 20X50  | 12X40  | 10X20  | 8X30   | 8X16   |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Refus                         | <5%    | <5%    | <5%    | <5%    | <5%    |
| Passant                       | <4%    | <4%    | <4%    | <4%    | <4%    |
| Taille effective              | 0.4 mm | 0.6 mm | 1.0 mm | 1.0 mm | 1.2 mm |
| Diamètre moyen des particules | 0.5 mm | 1.0 mm | 1.4 mm | 1.4 mm | 1.9 mm |
| Coefficient d'uniformité      | <1.6   | <1.7   | <1.5   | <1.6   | <1.4   |

### Caractéristiques et avantages

- Niveau d'activité standard
- Adsorbant polyvalent
- Excellente résistance mécanique
- Bonne capacité d'adsorption
- Utilisable en eau potable

### Applications typiques

- Traitement de l'eau potable
- Production de boissons
- Protection des résines échangeuses d'ions

### Certifications et accréditations

- ANSI / NSF Standard 61
- AWWA B604
- EN12915

### Granulométries disponibles

- 20x50 mesh (0.30 - 0.85 mm)
- 12x40 mesh (0.425 - 1.70 mm)
- 8x30 mesh (0.60 - 2.36 mm)
- 10x20 mesh (0.85 - 2.00 mm)
- 8x16 mesh (1.18 - 2.36 mm)
- 6x12 mesh (1.7-3.35 mm)

### Emballage standard

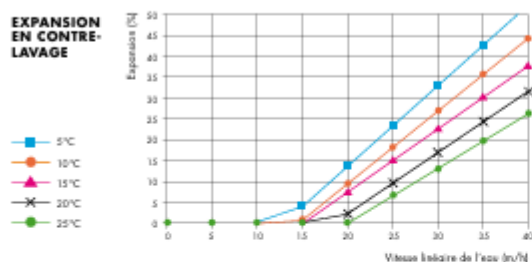
- sac de 25 kg (55 lb)
- big-bag de 500 kg (1100 lb)



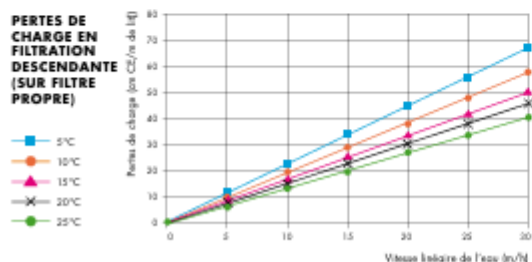
\* LES SPÉCIFICATIONS ET LES CARACTÉRISTIQUES TYPIQUES SONT DÉTERMINÉES SELON LES MÉTHODES D'ANALYSE JACOBSEN. ELLES SONT DONNÉES À TITRE INFORMATIF SEULEMENT ET NE DOIVENT PAS ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME DES SPÉCIFICATIONS D'ACHAT POUR LE CLIENT. LE DOCUMENT CONTRACTUEL DES SPÉCIFICATIONS DE VENTE JACOBSEN, APRÈS SAUS SÉCIFICATIONS PEUT ÊTRE OBTENU APRÈS DE VOTRE RESPONSABLE COMMERCIAL. IL DOIT ÊTRE CONSULTÉ AVANT DE PASSER COMMANDE.

## AquaSorb™ 1200 8x30 mesh

### EXPANSION EN CONTRE-LAVAGE

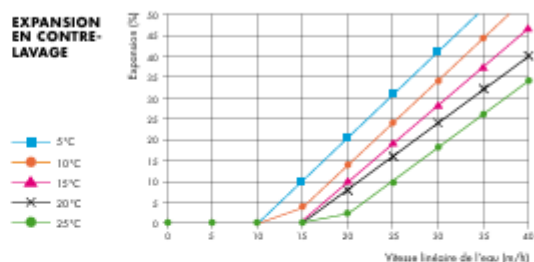


### PERTES DE CHARGE EN FILTRATION DESCENDANTE (SUR FILTRE PROPRE)

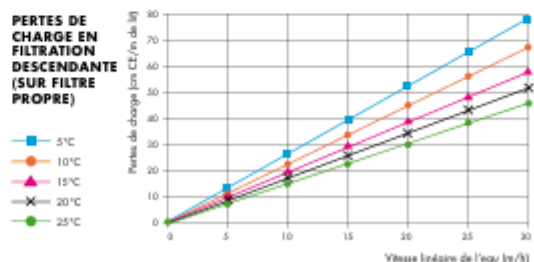


## AquaSorb™ 1200 10x20 mesh

### EXPANSION EN CONTRE-LAVAGE

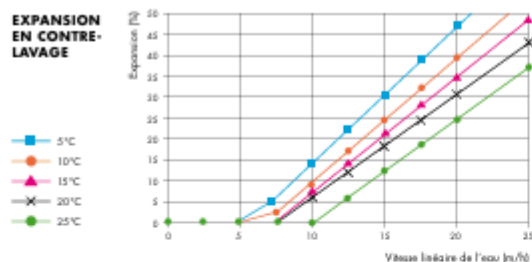


### PERTES DE CHARGE EN FILTRATION DESCENDANTE (SUR FILTRE PROPRE)

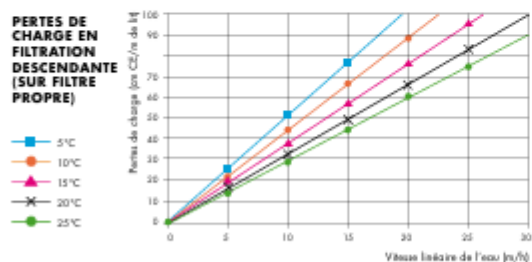


## AquaSorb™ 1200 12x40 mesh

### EXPANSION EN CONTRE-LAVAGE



### PERTES DE CHARGE EN FILTRATION DESCENDANTE (SUR FILTRE PROPRE)



## CAPACITÉ DE PRODUCTION

Le Groupe de compagnies Jacobi Carbons détient et exploite des usines de production dans 9 pays autour du monde. Nous produisons plus de 70 000 tonnes de Charbons Actifs de haute qualité produits à partir de coques de noix de coco, de base minérale et de bois, par activation chimique ou physique à la vapeur d'eau. Nos usines sont de pointe, et ainsi, sont les unités de production les plus modernes de leur type. Des investissements intensifs dans ces unités assurent que les produits sont fabriqués selon les référentiels de qualité les plus exigeants demandés par nos clients.

## SUPPORT TECHNIQUE ET SAVOIR-FAIRE

L'une des caractéristiques distinguant Jacobi Carbons réside dans l'extrêmement haut niveau des compétences techniques présentes dans le Groupe. Les départements spécialisés Produit et Service Technique sont composés de spécialistes leaders dans le secteur de la recherche et des applications du charbon actif. Des moyens laboratoires spécialisés en Europe et Amérique du Nord travaillent en relation avec nos clients pour assurer qu'un résultat optimal est obtenu de l'utilisation de nos produits Charbons Actifs.