



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option: REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

THEME :

Dimensionnement de la STEP de Sidi-Aich (Wilaya de Bejaïa) en vue de la réutilisation de l'eau épurée à des fins agricoles.

Présenté par :

BENZOUAOUA Melissa

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M.C.B	Examineur
BETATACHE Hayat	M.C.B	Examineur
KOLIAI Djaffar	M.A.A	Examineur
YAHIAOUI Samir	M.A.A	Promoteur

Session 2024

REMERCIEMENT :

Je tiens avant tout à remercier Dieu Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force, la patience, et la persévérance nécessaire pour mener à bien ce travail.

Je souhaite exprimer ma profonde gratitude à mon encadrant, [YAHYAOUI Samir], pour ses précieux conseils, son soutien constant, et sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je remercie également Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail, mes enseignants pour leurs enseignements et leur accompagnement tout au long de mon parcours universitaire, et tout l'équipe de L'ENSH.

Je n'oublie pas mes camarades, pour leur aide, leur soutien, et les moments d'encouragement qui ont marqué cette période.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance à ma famille pour leur amour, leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants, sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

Dédicace

À mes chers parents,

Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À mes chères sœurs,

Pour être bien plus que des sœurs, pour être mes meilleures amies, mes confidents et mes plus grands soutiens. Votre présence constante, vos encouragements sans faille, et votre amour inconditionnel ont été une source inestimable de force et de réconfort tout au long de ce parcours. Chaque sourire, chaque mot de réconfort m'a permis d'aller de l'avant.

À mes chères amies,

Pour leur amitié précieuse, leur écoute bienveillante, et les moments inoubliables partagés ensemble. Vous avez été bien plus que des amies, vous avez été des sœurs de cœur, toujours présentes pour m'encourager, me soutenir, et me rappeler de croire en moi-même.

À toute ma famille BENZOUAOUA et la famille de ma mère MANSOUR,

Pour leurs soutiens tout au long de mon parcours universitaire.

À mes chères cousines

Pour leur présence et leur soutien constant.

À ma professeure de Coran,

Pour sa sagesse, son enseignement précieux, et l'inspiration qu'elle m'a donnée pour être meilleure chaque jour.

Aux filles de la halaqa et du mosala

Pour leur fraternité, leur soutien spirituel, et les moments partagés qui ont enrichi mon âme et renforcé ma foi.

À toutes personnes qui ma encourager et qui ma aimer

ملخص:

تتفاقم أزمة نقص المياه بشكل ملحوظ بسبب التوسع العمراني السريع والنمو السكاني المتزايد في الجزائر. ولمواجهة هذا التحدي، قامت السلطات باستثمار كبير في بناء محطات لمعالجة يهدف مشروعنا هذا إلى تقييم فعالية محطة معالجة مياه سيدي عيش بولاية بجاية، ودراسة إمكانية إعادة استخدام المياه المعالجة فيها لسقي الأراضي الزراعية المجاورة، لا سيما في دائرة سيدي عيش وبالأخص في منطقة رميلة. تسعى هذه المبادرة إلى تأمين حاجيات القطاع الفلاحي من المياه، مع الحفاظ على التوازن البيئي وتحسين استغلال الموارد المائية المتاحة

الكلمات المفتاحية: أزمة نقص المياه، التوسع العمراني، محطة لمعالجة المياه، الأراضي الزراعية

Résumé :

En Algérie, le stress hydrique croissant, exacerbé par l'urbanisation et la surpopulation, a conduit les autorités à développer des infrastructures pour traiter les eaux usées urbaines. Notre projet se concentre sur l'évaluation des performances de la station de traitement des eaux de Sidi Aich. L'objectif principal est de déterminer si l'eau traitée par cette station peut être utilisée pour l'irrigation des zones agricoles adjacentes, notamment autour de la daïra de sidi Aich en particulier à Remila. Cette initiative vise à répondre aux besoins en eau du secteur agricole tout en préservant l'environnement naturel et en optimisant l'utilisation des ressources hydriques disponibles.

Mots-clés : le stress hydrique, urbanisation, la station de traitement, zones agricoles

Abstract:

In Algeria, the increasing water stress, exacerbated by urbanization and overpopulation, has led authorities to develop infrastructure for treating urban wastewater. This project focuses on the performance evaluation of the Sidi Aich wastewater treatment plant. The main objective is to determine whether the water treated by this plant can be used for irrigating the adjacent agricultural areas, particularly around the Sidi Aich district, especially in Remila. This initiative aims to meet the water needs of the agricultural sector while preserving the natural environment and optimizing the use of available water resources.

Keywords: water stress; Urbanization; treatment plant; agricultural sector

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE :	1
Partie I : Recherche bibliographique sur les eaux usées et leurs perspectives de réutilisation.....	3
Chapitre I : compréhension des eaux usées	3
I.1 introduction :	3
I.2 Généralités sur les eaux usées:	3
I.2.1 Origines des eaux usées:	3
I.2.3 Caractéristique d'eau :	4
I.3 Procèdes de traitement :	7
I.4 Conclusion :	12
Chapitre II : Réutilisation des Eaux Usées dans la Gestion de la Pénurie d'Eau : Cadre Légal et Cas de l'Irrigation en Algérie	14
II.1 Introduction :	14
II.2 Le problème de l'eau :	14
II.2.1 la pénurie d'eau dans le monde :	14
II.2.2 la pénurie d'eau en Algérie :	15
II.3 ressources en eau en Algérie :	16
II .3.1 Les eaux conventionnelles :	16
II.3.2 Les eaux non conventionnelles :	16
II.4 la réutilisation des eaux usées :	17
II.5 Conclusion :	18
Partie II : Conception de la station d'épuration de Sidi Aich.....	20
Chapitre III : Présentation du secteur d'étude.....	20
III.1 Introduction :	20
III.2 Situation géographique de Sidi Aich :	20
III.3 Situation topographique :	21
III.4 Situation géologique :	21
III.4 .1 Sols :	21
III.4 .2 Tectonique :	22
III.5 Réseau Hydrographique :	22
III.6 Situation climatique :	23
III.6.1 climat :	24

III.6.2 température :	24
III.6.3 L'enneillement :	24
III.6.4 Humidité :	24
III.6.5 vents :	25
III.6.6 Pluviométrie :	25
III.7 Situation hydraulique :	25
III.7.1 réseau d'alimentation d'eau potable :	25
III.7.2 Réseau d'assainissement :	26
III.9 Activité agricole :	26
III.10 Activité industrielle :	27
III.11 Données de base de la station :	27
III.11.1 but de la station :	27
III.11.2 Emplacement de la station :	28
III.11.3 Source des eaux brutes :	28
III.11.4 Évacuation des eaux traitées :	28
III.11.5 Données de base des eaux usées :	29
III.12 conclusion :	29
Chapitre IV : Calcul des charges hydrauliques et polluantes.....	31
IV.1 Introduction :	31
IV.2 Estimation de la Population :	31
IV.3 Besoins en eaux potable :	32
IV.4 Débits rejetés :	32
IV.4.1 Les eaux usées domestiques :	32
IV.4.2 Les eaux usées des équipements :	33
IV.4.3 Les eaux usées totale :	33
IV.5 Equivalent habitant :	33
IV.6 Charge hydraulique :	34
IV.6.1 Débit moyen journalier des eaux usée :	34
IV.6.2 Débit moyen horaire ($Q_{\text{moy h}}$) :	34
IV.6.3 Débit de pointe par temps sec (Q_{pts}) :	34
IV.6.4 Débit de pointe par temps de pluie « Q_{ptp} » :	34
IV.7 Charge polluantes :	35
IV.7.1 Charges en DBO5 :	35
IV.7.2 Charges en DCO :	36

IV.7.3 Charges en MES :	37
IV.7.4 Charges en Azote N :	37
IV.7.5 Charges en phosphore P :	38
IV.7.6 Coefficient de biodégradabilité :	38
IV.9 Conclusion :	39
Chapitre V : Dimensionnement de la station	41
V.1 Introduction :	41
V.2 Qualité et norme :	41
V.3 Dimensionnement des ouvrages de la station :	44
V.3.1 Fosse à bâtard – dégrillage grossier – relevage :	44
V.3.2 Dégrillage fin :	44
V.3.3 Dessablage – Déshuilage aéré :	50
V.3.3.1 Dimensionnement :	50
V.3.3.2 Calcul du débit d'air à injecter :	53
V.3.3.3 Volume des sables :	54
V.3.3.5 Quantité des matières éliminées :	55
V.3.4 Traitement biologique :	55
V.3.4.1 Zone de contact :	56
V.3.4.2 Bassin biologique :	58
V.3.4.2.1 Zone d'anoxie :	62
V.3.4.2.2 Bassin d'aération :	64
V.3.4.3 Besoins en oxygène :	66
V.3.4.4 Calcul des caractéristiques de l'aérateur :	68
V.3.4.5 Bilan des boues :	69
V.3.4.6 Dégazage :	72
V.3.5 Clarificateur :	72
V.3. 6 Traitement tertiaire :	73
V.3.6.1 Poste de relevage des eaux usées :	73
V.3.6.2 Coagulation :	74
V.3.6.3 Floculation :	75
V.3.6.4 Filtration :	75
V.3.6.5 Désinfection à l'Ultra-violet :	77
V.3.7 Traitement et élimination des boues :	77
V.3.7.1 Epaissement des boues :	77
V.3.7.2 Déshydratation des boues :	79

V.4 conclusion :	81
Chapitre VI : Organisation du chantier	83
VI.1 Introduction :	83
VI .2 Plan d’Installation de Chantier (P.I.C.) :	83
VI .3 Hygiène et sécurité sur le chantier :	84
VI.5 : Devis quantitatif et estimatif :	84
VI.5.1 Calcule du Coût d’investissement :	84
VI.5.1.1 Le Coût de terrassement :	85
VI.5.1.2 Le Coût du béton armé :	86
VI.5.1.3 Coût total du génie civil :	87
VI.5.1.4 Le Coût des VRD :	88
VI.5.1.5 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :	88
VI.5.1.6 Coût total des investissements de la station :	88
VI.5.2 Le Coût de fonctionnement :	89
VI.5.2.1 Le coût de main d’œuvre :	89
VI.5.2.2 Le coût de renouvellement du matériel électromécanique :	89
VI.5.2.3 Le coût des frais financiers :	89
VI.5.2.4. Le coût de fonctionnement total :	90
VI.5.3 Calcul du prix du m3 d’eau traitée :	90
VI.5.3.1 Le coût d’amortissement annuel :	90
VI.5.3.2 Coût annuel de la station :	90
VI.5.4 Calcul du prix du m3 d’eau épurée :	90
VI.6 : Conclusion :	91
Partie III : Etude de réutilisation des eaux usées épurées	93
Chapitre VII : Ressources en sol et ressources en eau	93
VII .1 Introduction :	93
VII.2 Présentation du zone d’étude :	93
VII.3 Ressource en eau et Qualité des eaux d’irrigation :	93
VII.3.1 Ressource en eau :	93
VII.3.2 Irrigation actuelle :	93
VII.3.3 Les cultures mise en place :	94
VII.3.4 Qualité des eaux d’irrigation :	94
VII.3.5 Méthode d’évaluation de la qualité des eaux d’irrigation :	99

VII.3.6 Caractéristique des eaux d'irrigation :	102
VII.3.7 Etude hydrologique :	103
VII.4 Conclusion :	107
Chapitre VIII : Calcul des besoins en eau des cultures	109
VIII.1 Introduction :	109
VIII.2 Détermination l'année de calcul :	109
VIII.3 La Pluie efficace :	110
VIII.4 L'évapotranspiration :	111
VIII.4.1 Évapotranspiration de Référence (ET0) :	111
VIII.4.2 Évapotranspiration Réelle (ETM) :	111
VIII.4.3 Calcul de l'Évapotranspiration de Référence :	112
VIII.4.4 Choix des cultures :	113
VIII.5 Calcul des besoins en eau des cultures :	113
VIII.5.1 Estimation des besoins en eau des agrumes :	115
VIII.5.2 Estimation des besoins en eau de vigne :	116
VIII.6 Calcul du Débit fictif :	117
VIII.7 Débit caractéristique :	118
VIII.8 conduite de refoulement et station de pompage:	118
VIII.8.1 Adduction par refoulement :	119
VIII.8.2 Réservoir projetée :	121
VIII.8.3 Résultats :	122
VIII.9 Conclusion :	123
CONCLUSION GENERALE :	125

Liste des abréviations :

DBO5 : Demande biochimique en oxygène pendant cinq jours.

DCO : Demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension.

MVS : Matière volatile en suspension.

MMS : Matière minérales en suspension.

CE : Conductivité électrique.

µs/cm : Micro Siemens par centimètre

UV : ultra-violet

EH : Equivalent habitant

ANRH : Agence nationale des ressources hydrauliques

MRE : Ministère des Ressources en Eaux

REUT : réutilisation d'eau usées traitée

GPI : Grand périmètre irrigué

ONM : Organisation nationale de la météo

ZHUN : Zone d'Habitation Urbanisée Nouvelle

ADE : Algérienne des eaux

M.O : matière organique

P.I.C : plan d'installation de chantier

DSA : Direction des services agricoles

Liste des figures :

Figure I. 1 : Procèdes de traitement d'une station dépurat[i]on.....	7
Figure I. 2 : traitement primaire Dessablage –Déshuilage [6]	8
Figure I. 3: traitement biologique bassin biologique - clarificateur[6].....	9
Figure I. 4 : Epaisseur gravitaire (Décantation) [9]	11
Figure I. 5: Déshydrations des boues (centrifugeuse).....	12
Figure II. 1: Classement des pays selon le niveau de risque de pénurie d'eau en 2020 [11].....	15
Figure II. 2 : Pourcentage du potentiel hydrique de l'Algérie [13]	15
Figure III. 1: Situation géographique de la ville de Sidi-Aïch	21
Figure III. 2: Emplacement du site de la station Source : Google Earth	28

Liste des tableaux :

Tableau II. 1 : Types de réutilisation : exigences de mise en œuvre et de gestion [16]	17
Tableau III. 1: Coordonnées de la station de Sidi Aich	24
Tableau III.2: Températures moyennes mensuelles	24
Tableau III.3 : L'ensoleillement mensuel moyen (heures)	24
Tableau III.4 : Humidités relatives moyennes	25
Tableau III. 5 : Vitesse des vents	25
Tableau III. 6 : Evolution mensuelle des précipitation.....	25
Tableau III. 7 : Récapitulatif.....	29
Tableau IV.1: Evolution de la population de daïra de Sidi Aich	31
Tableau IV. 2: Résultats	32
Tableau IV. 3 : Résultats	32
Tableau IV. 4 : Résultats	33
Tableau IV. 5 : Résultats	33
Tableau IV. 6 : Qualité de rejet.....	35
Tableau IV. 7 : La ration en g/Eh/j de chaque effluent	35
Tableau IV. 8: Rendement épuratoire de DBO5	36
Tableau IV. 9 : Rendement épuratoire de la DCO	36
Tableau IV. 10 : Rendement épuratoire des MES.....	37
Tableau IV. 11 : Récapitulatif.....	38
Tableau V.1 : Qualité des eaux attendues après traitement biologique.....	41
Tableau V.2:Qualité des eaux attendues après traitement tertiaire	42
Tableau V.3 : Normes de rejet	42
Tableau V.4 : Normes de réutilisation en irrigation	43
Tableau V.5 : Données de bases de dimensionnement.....	45
Tableau V.6 : Récapitulatif.....	47
Tableau V.7: Récapitulatif des résultats	48
Tableau V.9: valeurs de coefficient qui tient compte de la forme des barreaux (β).....	49
Tableau V.10 : Résultats des deux formes.....	49
Tableau V.12 : Récapitulatif des résultats	50
Tableau V. 13: Données de base	51
Tableau V.14: Récapitulatif des resultats	53
Tableau V.15 : Récapitulatif.....	54
Tableau V.16 : Récapitulatif.....	54
Tableau V.17 : Récapitulatif.....	54
Tableau V.18 : Pourcentage de MVS par rapport à MES/DBO5 [18]	55
Tableau V.19: Récapitulatif des résultats	55
Tableau V.20 : Rappel des données	56
Tableau V.21: Données de base.....	57
Tableau V.22 : Résultat	57

Tableau V.23 : Résultat	58
Tableau V.24 : Classes du procédé du traitement biologique a boues activées	58
Tableau V. 25 : Récapitulatif des résultats	60
Tableau V.26 : Résumé des résultats.....	63
Tableau V.27 : Récapitulatif.....	64
Tableau V.28 : Récapitulatif.....	66
Tableau V. 29 : Récapitulatif.....	68
Tableau V.30 : Récapitulatif.....	69
Tableau V. 31 : Les valeurs moyennes des paramètres a_m et b	70
Tableau V. 32 : Récapitulatif.....	70
Tableau V.33 : Récapitulatif des résultats	72
Tableau V.34: Récapitulatif des résultats	72
Tableau V.35 : Résumé	73
Tableau V.36: Données de base.....	73
Tableau V.37 : Données de base	74
<i>Tableau V.38 : Données de base.....</i>	75
Tableau V. 39 : Données de base	76
Tableau V. 40 : Récapitulatif	76
Tableau V.41: Données	77
Tableau V.42 : Données	78
Tableau V. 43 : Récapitulatif	78
Tableau V. 44: Données de base	79
Tableau V.45 : Récapitulatif des résultats	80
Tableau VI.1 : Les valeurs du coût de terrassement de chaque ouvrage 2030/2054.....	85
Tableau VI.2 : Le coût du béton armé de chaque ouvrage 2030.....	87
Tableau VI.3: Le coût du béton de chaque ouvrage 2054	87
Tableau VI.4 : Coût totale de génie civil.....	88
Tableau V.5: Coût des VRD	88
Tableau VI.6 : Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques	88
Tableau VI.7: Récapitulatif avec le cout totale des investissements de la station	88
Tableau VI.8 :Le coût de main d'œuvre.....	89
Tableau VI.9 :Le de renouvellement du matériel électromécanique	89
Tableau VI.10 : Le coût des frais financiers	89
Tableau VI.11 : Le coût de fonctionnement totale.....	90
Tableau VI.12 : Le coût d'amortissement annuel	90
Tableau VI.13: coût annuel d la station.....	90
Tableau VI.14 : Prix du m^3 d'eau épuré	91
Tableau VI.15 : Récapitulatif (estimation du coût du projet)	91
Tableau VIII. 1: Données de HYFRAN	109
Tableau VIII. 2: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (F=80%)	110
Tableau VIII. 3: Pluies efficaces	111
Tableau VIII. 4 : Evapotranspiration potentiel journalière calculée par le logiciel CROPWAT	112
Tableau VIII. 5 : Description des parcelles d'irrigations.....	113

Tableau VIII. 6 : Les valeurs des paramètres de la RFU selon la texture du sol (Cours BENKACI) ...	114
Tableau VIII. 7 : Besoin en eau des agrumes	115
Tableau VIII. 8 : Besoin en eau de vigne	116
Tableau VIII. 9 : Résultats.....	118
Tableau VIII. 10 : Données	122
Tableau VIII. 11 : Résultats.....	122
Tableau VIII. 12 : Résultats.....	123

INTRODUCTION GENERALE :

L'eau est une ressource fondamentale et irremplaçable, indispensable à la vie sous toutes ses formes. Elle joue un rôle central dans les écosystèmes naturels. Elle est de plus en plus menacée par une pression croissante sur les ressources, due à la croissance démographique, à l'urbanisation et aux effets du changement climatique. Dans de nombreuses régions du monde

Face à cette réalité, des solutions innovantes doivent être envisagées pour assurer une gestion durable des ressources en eau. Parmi ces solutions, la réutilisation des eaux usées traitées se révèle être une approche prometteuse

L'Algérie est confrontée à une rareté croissante de l'eau, causée par des précipitations insuffisantes et irrégulières ainsi qu'un climat chaud et sec, ce qui réduit les disponibilités de cette ressource vitale. Avec une moyenne de seulement 500 m³ par habitant par an, bien en dessous du seuil international de rareté fixé à 1000 m³ par habitant par an, la nécessité de trouver des solutions alternatives devient urgente. Dans ce contexte, la Réutilisation des Eaux Usées (REUE) émerge comme une solution prometteuse

Ce mémoire se concentre sur deux aspects essentiels de la gestion de l'eau en Algérie : le dimensionnement des stations d'épuration des eaux usées et la réutilisation de ces eaux épurées dans l'agriculture. Il aborde les principes de dimensionnement de ces stations, en insistant sur leur adaptation aux besoins locaux. De plus, il examine les bénéfices environnementaux, économiques et sociaux de la réutilisation des eaux épurées en agriculture, en soulignant son rôle dans la protection de l'environnement, la sécurité alimentaire et la santé publique.

En conclusion, ce mémoire vise à contribuer à une gestion de l'eau plus efficace et durable en Algérie, en intégrant le traitement des eaux usées dans un cycle de ressources où la réduction de la pollution, la préservation de la santé publique et la sécurisation de l'approvisionnement en eau sont des objectifs complémentaires. Dans un pays confronté à d'importants défis hydriques, l'innovation et la réutilisation représentent des atouts cruciaux pour garantir un avenir plus durable et résilient.

PARTIE I:
RECHERCHE BIOLOGIQUE SUR
USEES ET LEURS PERSPECTIVES
DE REUTILISATION
CHAPITRE I:
COMPREHENSION DES EAUX USEES

Partie I : Recherche bibliographique sur les eaux usées et leurs perspectives de réutilisation

Chapitre I : compréhension des eaux usées

I.1 introduction :

Ce chapitre présente ce que sont les eaux usées et les méthodes pour les purifier. Nous examinerons les étapes clés du traitement pour éliminer les polluants avant de rejeter l'eau dans la nature ou de la réutiliser à des fins agricoles.

I.2 Généralités sur les eaux usées:

Les eaux usées représentent l'ensemble des déchets liquides produits par l'homme, résultant de ses besoins personnels et de ses activités domestiques, agricoles, et industrielles. [1]

I.2.1 Origines des eaux usées:

On distingue plusieurs origine d'eau usées parmi eux on trouve :

Les eaux usées domestiques :

Les eaux usées domestiques, issues des diverses utilisations de l'eau, sont une source majeure de pollution organique. Elles se divisent en deux catégories principales :

Eaux ménagères (cuisines et salles de bains), chargées en détergents, graisses, solvants et matières organiques.

Eaux-vannes (toilettes), contenant des matières organiques azotées et des germes fécaux.

La pollution quotidienne moyenne par personne comprend environ :

90 g de matières en suspension (organiques/minérales),

57 g de matières oxydables,

15 g de matières azotées,

4 g de phosphore (principalement des détergents),

0,23 g de métaux lourds (plomb, cadmium, etc.),

0,05 g de composés halogénés (fluor, chlore, etc.),

1 à 10 milliards de germes pour 100 ml.

Ces valeurs sont basées sur une consommation d'eau quotidienne de 150 à 200 litres par personne [1]

Les eaux pluviales et de ruissellement :

Les eaux de pluie, bien qu'en apparence pures, contiennent divers polluants et peuvent altérer les cours d'eau, notamment lors d'orages. En traversant l'atmosphère, elles se chargent en polluants atmosphériques (fumées industrielles, résidus de pesticides), puis captent, en ruisselant sur les toits et routes, des substances telles que les huiles de vidange, les carburants, les résidus de pneus et les métaux lourds.

Dans un système d'assainissement "unitaire", ces eaux pluviales se mélangent aux eaux usées domestiques. Lors de fortes pluies, un déversement direct dans le milieu naturel est parfois nécessaire pour éviter la surcharge des installations de traitement. En milieu urbain, les surfaces imperméables exacerbent à la fois la pollution et le risque d'inondation.

Les eaux pluviales peuvent être acheminées avec les eaux usées domestiques dans un réseau unitaire ou séparément dans un réseau séparatif. [1]

Les eaux industrielles :

Elles se distinguent fortement des eaux usées domestiques, avec des caractéristiques qui varient selon l'industrie. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent contenir des substances toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques et des hydrocarbures. [1]

Les eaux agricoles :

L'agriculture contribue à la pollution des eaux par l'utilisation d'engrais et de pesticides.

I.2.3 Caractéristique d'eau :

Propriétés physiques de l'eau :

L'eau sur terre connaît une phase liquide particulièrement importante et elle

Possède les propriétés physiques principales suivantes [2]:

➤ Point d'ébullition

Les liaisons hydrogène entre molécules d'eau rendent son point d'ébullition élevé, permettant à l'eau de rester liquide aux températures terrestres, condition cruciale pour la vie.

➤ Viscosité

La viscosité de l'eau dépend de sa composition et de sa température, rendant parfois deux eaux non miscibles. Ce phénomène est essentiel pour la continuité des courants océaniques, influençant le climat global.

➤ Solvant

L'eau, principal solvant terrestre, dissout divers minéraux et substances organiques : l'eau de pluie contient environ 7 g/m³ de sels dissous, l'eau des rivières 120 g/m³, et l'eau de mer 35 000 g/m³.

➤ Tension superficielle

L'eau possède une tension superficielle très élevée, ce qui permet la formation de gouttes et facilite l'ascension capillaire.

➤ Chaleur spécifique

L'eau a la chaleur spécifique la plus élevée parmi les substances naturelles, soit 4185 J·kg⁻¹·K⁻¹. Cela signifie qu'elle nécessite une grande quantité d'énergie pour être réchauffée ou refroidie.

➤ Chaleur latente

Grâce à ses fortes chaleurs latentes, l'eau absorbe de l'énergie lors de l'évaporation, refroidissant les océans et régulant la température terrestre.

➤ Capacité thermique

L'eau a une capacité thermique élevée parmi tous les fluides. Cette capacité permet aux grandes masses d'eau d'agir comme des régulateurs thermiques, atténuant les variations de température.

➤ Densité maximale

L'eau atteint sa densité maximale à +4 °C. Lorsque l'eau de surface est refroidie à cette température, elle descend au fond des masses d'eau, contribuant au brassage des eaux des lacs.

➤ Transparence

L'eau est transparente à la lumière visible mais absorbe l'infrarouge en surface, réchauffant uniquement ses couches superficielles. [2]

Propriétés chimiques de l'eau :

L'eau est un solvant très réactif, capable de dissoudre de nombreux sels, gaz et molécules organiques, et joue un rôle essentiel dans les réactions chimiques des organismes, dont elle compose jusqu'à 90%. Contrairement à sa perception de solvant neutre, elle peut corroder des récipients et n'existe pratiquement jamais à l'état pur en raison de traces d'ions. En se dissociant en H^+ et OH^- , l'eau régule le pH des solutions, tandis que certains métaux peuvent la décomposer pour libérer de l'hydrogène. [3]

Propriétés biologiques :

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone jouent un rôle crucial dans la création de conditions propices au développement des êtres vivants. Un cycle biologique s'établit, permettant une série d'échanges grâce à l'eau, qui constitue l'élément principal du protoplasme de toutes les cellules. L'eau représente également la majorité de nos aliments, avec 70 à 95 % de la plupart des viandes, fruits et légumes. Ainsi, il est évident que "l'eau, c'est la vie", mais il est important de souligner les nombreuses relations complexes qui lient l'eau aux êtres vivants. [3].

I.3 Procèdes de traitement :

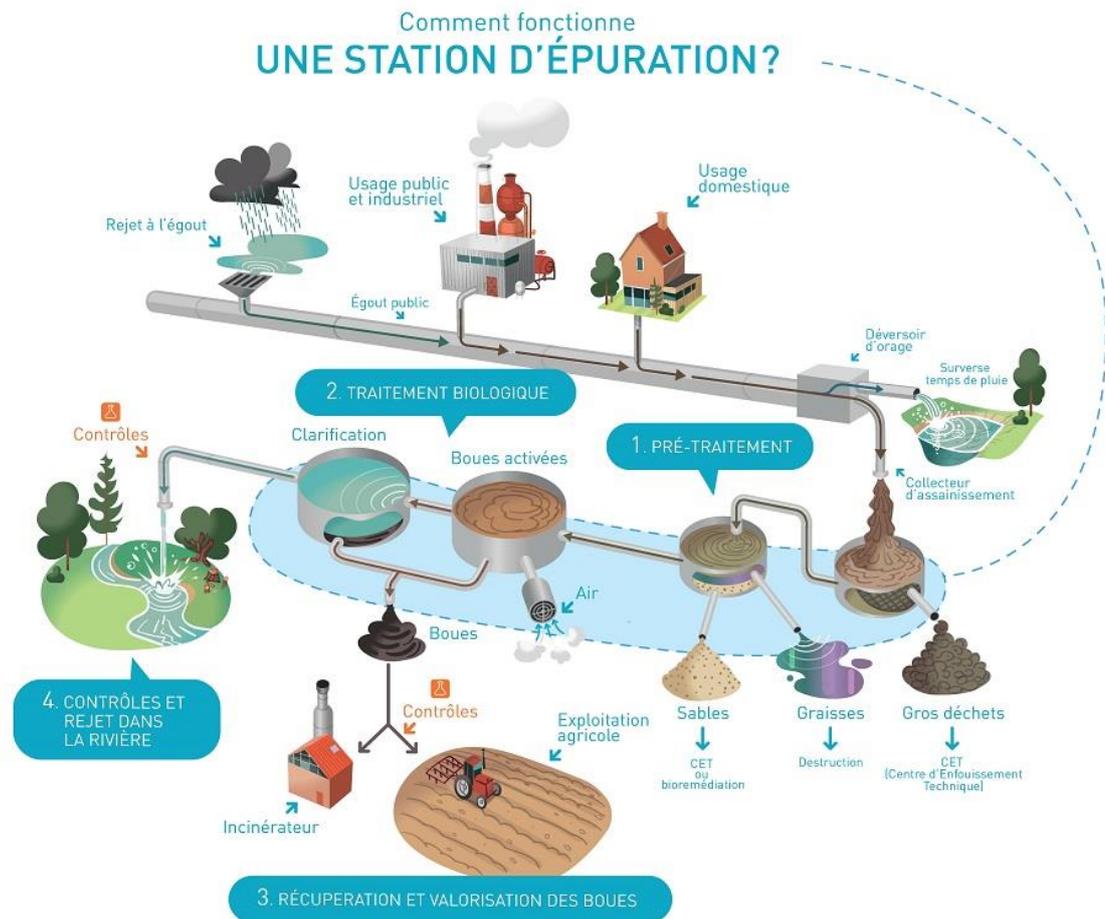


Figure I. 1 : Procèdes de traitement d'une station d'épuration [4].

Traitement primaire

Ce processus permet de retirer de l'eau les matières en suspension, telles que les déchets grossiers, le sable, et les huiles. Il se compose de plusieurs étapes :

- Le dégrillage

Cette étape consiste à utiliser des grilles pour retenir les déchets comme le bois, le papier, et les plastiques.

- Le dessablage

Cette opération permet de capturer la terre et le sable, qui pourraient endommager les pompes ou provoquer des dépôts dans les bassins.

- Le déshuilage

Par injection de fines bulles d'air ou de manière statique, cette étape facilite la flottation des huiles et des graisses, qui sont ensuite retirées par raclage en surface.[5]

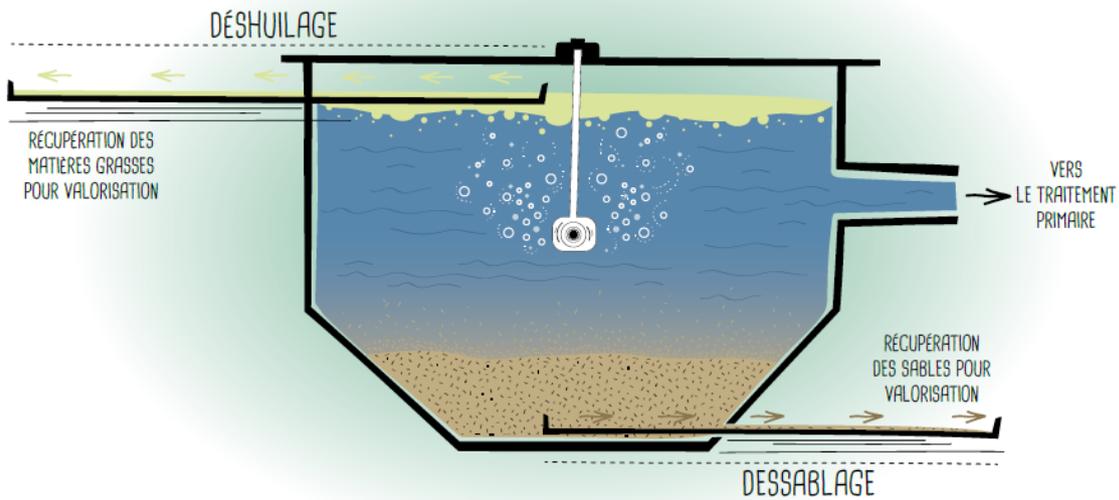


Figure I. 2 : traitement primaire Dessablage –Déshuilage [6]

- La décantation primaire

Permet aux matières en suspension de se déposer par gravité sous forme de boues, qui sont ensuite récupérées par pompage au fond du bassin. [5]

Les traitements physico-chimiques :

Ces procédés consistent à transformer chimiquement, à l'aide de réactifs, les éléments polluants non biodégradables. Ils sont utilisés pour répondre à des besoins spécifiques, comme l'obtention de performances très élevées, ou lorsque le traitement biologique est impossible en raison de contraintes d'espace, de température, ou de variations soudaines de la charge polluante. [5]

Les procédés appliqués aux matières en suspension (MES) :

- Flocculation : Cette méthode consiste à précipiter les matières en suspension grâce à des réactifs chimiques, ce qui permet d'accélérer et de compléter leur décantation.
- Centrifugation : Utilisée pour les rejets fortement chargés en MES, elle est particulièrement efficace lorsque la vitesse de décantation est faible.

- Filtration : Ce procédé s'applique aux MES en faible quantité et de petite taille.

Les principaux procédés de traitement des matières en solution :

- Oxydation et réduction : Ces processus chimiques transforment certains polluants en substances non toxiques à l'aide d'oxydants et de réducteurs chimiques.
- Osmose inverse : Cette méthode consiste en une filtration moléculaire

Le traitement secondaire :

Le traitement secondaire vise à éliminer les substances dissoutes dans l'eau, qu'il s'agisse de matières organiques ou de substances minérales. Deux types de traitements sont employés : les traitements biologiques, qui ciblent les matières organiques biodégradables, et les traitements physico-chimiques, qui s'appliquent aux substances non organiques et non biodégradables. [5]

Le traitement biologique :

Le traitement biologique par boues activées est crucial pour purifier les eaux usées, utilisant des micro-organismes en forte concentration pour dégrader la pollution carbonée, azotée et partiellement phosphorée. Après cette étape, l'eau purifiée est séparée des boues dans un clarificateur, et bien que non potable, elle est rejetée dans le Rhin à l'aide de vis d'Archimède. Les micro-organismes sont sensibles aux toxines, ce qui nécessite une gestion attentive. [6]

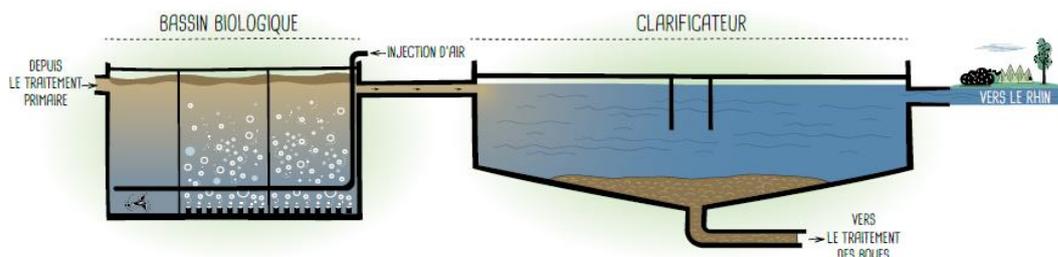


Figure I. 3: traitement biologique bassin biologique - clarificateur[6]

Le traitement tertiaire :

Les eaux épurées sont généralement rejetées dans le milieu naturel à l'issue du traitement secondaire. Cependant, elles peuvent parfois subir un traitement complémentaire, ou "affinage," en vue d'une réutilisation à des fins industrielles ou agricoles, ou pour protéger le milieu récepteur en fonction d'usages spécifiques.

La désinfection :

La désinfection de l'eau vise à éliminer les micro-organismes pathogènes, nécessaire lorsque les eaux usées épurées (ERU) sont utilisées pour l'arrosage, le lavage, les systèmes de refroidissement ou le recyclage en eau de procédé. Les méthodes de désinfection incluent :

Chloration : efficace mais peut générer des sous-produits nocifs (organochlorés) et accroître la salinisation des terres.

Ozonation : puissant désinfectant, mais coûteux et peut aussi produire des sous-produits nocifs.

Désinfection UV : considérée comme la méthode la plus efficace et sûre, sans sous-produits nocifs.

Le choix de la méthode dépend de l'utilisation finale des ERU.

Le traitement des boues :

Le traitement des eaux usées urbaines et industrielles produit différentes quantités de boues, comprenant la boue primaire issue du décanteur primaire et la boue secondaire provenant du traitement biologique. Ces boues sont très liquides, souvent fermentescibles, porteuses de germes et d'agents pathogènes, et génératrices de mauvaises odeurs, ce qui rend leur traitement essentiel.

Les objectifs du traitement des boues sont les suivants :

- Réduire le volume des boues,
- Diminuer ou éliminer leur potentiel fermentescible,
- Réduire les risques sanitaires et environnementaux associés.

➤ **Épaississement :**

L'épaississement est généralement la première étape du traitement des boues. C'est un procédé simple et à faible consommation d'énergie, dont l'objectif principal est de réduire le volume des boues brutes, préparant ainsi les boues pour les étapes de traitement suivantes. Le

taux de siccité obtenu peut atteindre jusqu'à 10 % de matière sèche (MS). Quelle que soit la technique employée, l'eau récupérée doit être recyclée en tête de station.

Différentes méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- Epaississement gravitaire : Cette méthode repose sur la décantation ou la sédimentation.
- Epaississement dynamique :
 - Flottation,
 - Centrifugation,
 - Système de drainage (grilles et table d'égouttage).

Epaississement gravitaire (décantation ou sédimentation) : Cette technique est la plus couramment utilisée pour la concentration des boues, notamment dans les grandes stations (de 10 000 à 100 000 EH). Une hauteur de bassin de décantation de 3,5 à 4 mètres est recommandée, en tenant compte du volume de stockage, pour faciliter le tassement des boues. La siccité des boues à la sortie de ce procédé varie de 2 % à 10 %, selon la nature des boues. [7]

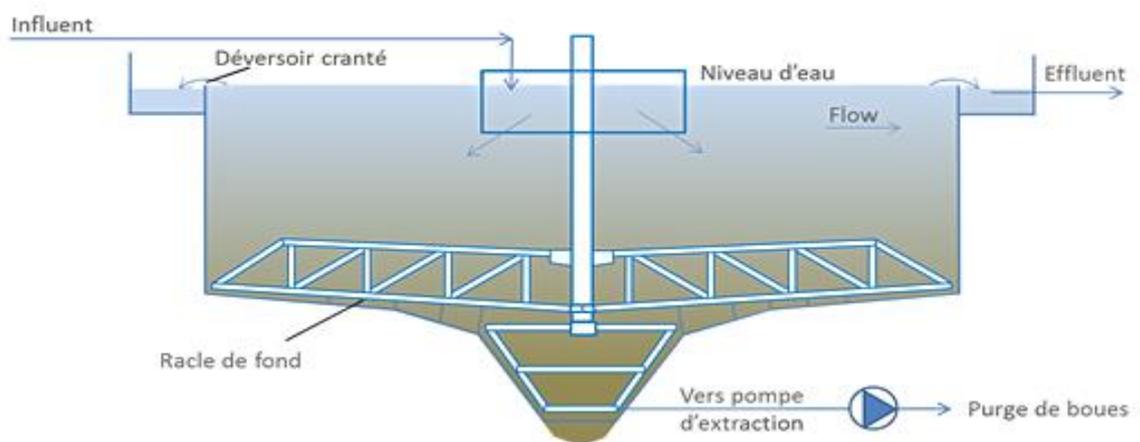


Figure I. 4 : Epaississement gravitaire (Décantation) [8]

Épaississement dynamique :

La flottation sépare les boues par remontée à la surface grâce à des bulles d'air, mais présente des coûts d'exploitation élevés et est délicate, la réservant aux grandes stations (10 000 à 100 000 EH). La centrifugation utilise la force centrifuge pour séparer les phases liquide et solide avec un bon compactage, traitant 66 à 100 m³ de boues par heure, mais elle est énergivore (150 à 300 kWh/tMS) et sensible à la qualité des boues. Le drainage, après floculation, étale les

boues sur un support filtrant, avec des options simples et accessibles, mais les bennes filtrantes, adaptées aux petites stations, ont des coûts plus élevés et nécessitent plus de maintenance.

➤ **Déshydratation et conditionnement :**

La déshydratation est la deuxième étape visant à réduire le volume des boues épaissies, qu'elles soient stabilisées ou non, permettant d'atteindre un taux de siccité plus élevé (généralement entre 20 et 30 % selon la nature des boues). Cette étape offre plusieurs avantages : elle simplifie le stockage, réduit les coûts de transport, améliore la stabilisation en augmentant le temps de séjour, et facilite l'utilisation des boues en agriculture.[7]

Il existe plusieurs techniques de déshydratation mécanique :

Les centrifugeuses : Ces appareils séparent les boues de l'eau en utilisant la force centrifuge, qui crée une différence de poids entre les deux éléments. La boue floculée est introduite dans un bol cylindrique tournant à grande vitesse (environ 3 000 tr/min). Les matières solides, sous l'effet de la force centrifuge, se déposent sur la paroi externe du bol et sont évacuées par une extrémité, tandis que l'eau extraite (appelée centras) déborde par un déversoir situé à l'autre extrémité. [6]

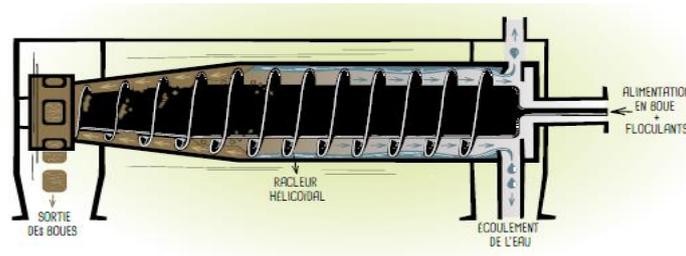


Figure I. 5: Déshydrations des boues (centrifugeuse)

La presse Bucher fonctionne en appliquant une pression élevée sur la boue à l'aide d'un piston hydraulique dans une chambre cylindrique. [6]

I.4 Conclusion :

Le traitement des eaux usées est essentiel pour protéger l'environnement et permettre la réutilisation de l'eau, notamment en agriculture. Les procédés d'épuration garantissent une gestion durable et sécurisée des ressources en eau.

CHAPITRE II:
REUTILISATION DES EAUX USEES DANS
LA GESTION DE LA PENURIE DEAU :
CADRE LEGAL EST CAS DIRRIGATION
EN ALGERIE

Chapitre II : Réutilisation des Eaux Usées dans la Gestion de la Pénurie d'Eau : Cadre Légal et Cas de l'Irrigation en Algérie

II.1 Introduction :

L'eau, indispensable à la vie sur Terre, fait face à des pressions croissantes causées par la croissance démographique, l'urbanisation rapide et les défis climatiques. Dans ce contexte, la réutilisation des eaux usées apparaît comme une solution prometteuse pour relever ces défis et garantir une gestion durable des ressources hydriques

II.2 Le problème de l'eau :

L'augmentation de la population et l'accroissement constant des besoins dus au développement posent, dans de nombreux pays et à l'échelle mondiale, un problème majeur concernant l'eau. Longtemps perçue comme une ressource naturelle facilement exploitable et bon marché, l'eau était pratiquement considérée comme sans valeur. Cependant, bien que les ressources en eau soient abondantes, elles ne sont pas infinies; même avant d'atteindre leurs limites, leur utilisation est soumise à la loi des rendements décroissants, dont les effets ne peuvent être atténués qu'au prix d'efforts particuliers. [9]

II.2.1 la pénurie d'eau dans le monde :

Selon le Registre des menaces écologiques 2020, environ 2,6 milliards de personnes vivent dans des pays confrontés à un stress hydrique élevé ou extrême, notamment en Asie du Sud-Est, au Moyen-Orient, en Afrique du Nord et en Méditerranée. Des pays vulnérables se trouvent également en Amérique latine et au sud de l'Afrique. En Europe, la Grèce, l'Espagne et la Belgique sont particulièrement exposées, consommant 40 à 80 % de leurs ressources en eau renouvelable. En France, le risque est classé "moyen" mais varie selon les régions. La crise de l'eau est exacerbée par le changement climatique et une demande croissante, avec 69 % de l'eau prélevée utilisée pour l'agriculture, 19 % pour l'industrie et 12 % pour les usages domestiques.. [10]

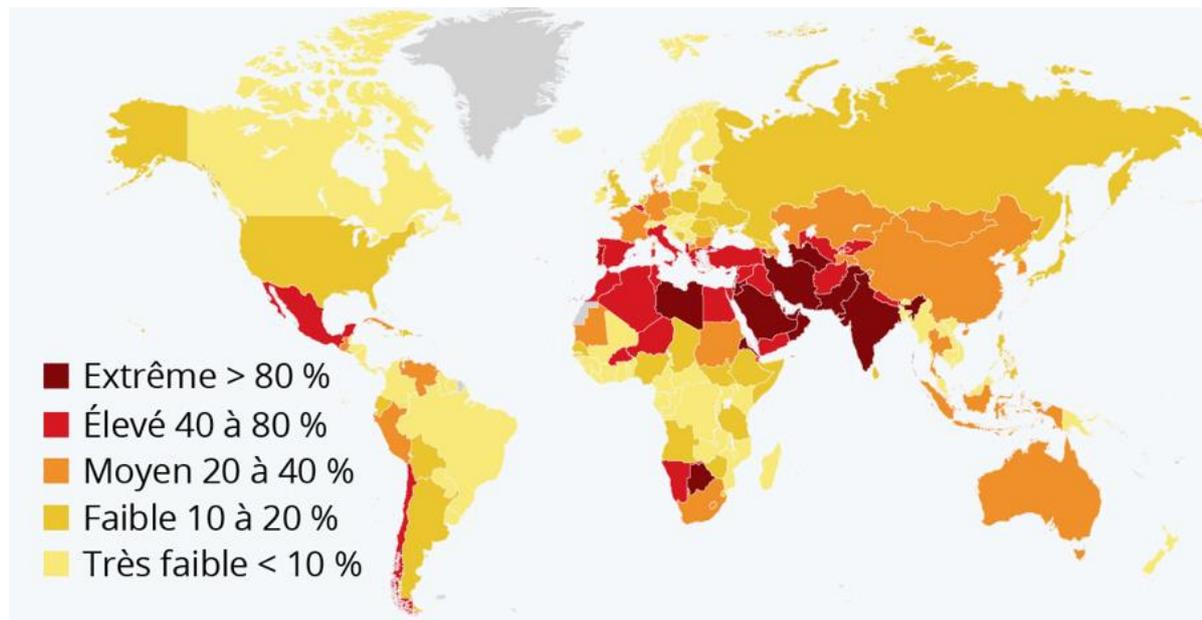


Figure II. 1: Classement des pays selon le niveau de risque de pénurie d'eau en 2020 [10]

II.2.2 la pénurie d'eau en Algérie :

L'Algérie est classée parmi les pays les plus déficitaires en eau. De par son appartenance à la zone géographique du "Middle-West and North Africa (MENA)" et la quasi-totalité de son territoire (87%) classé en zone désertique, sa pluviométrie moyenne annuelle varie de 1600 mm dans l'extrême nord-est à 12 mm à l'extrême sud-ouest. Néanmoins, la pluviométrie moyenne du territoire, toutes zones confondues n'est que de l'ordre de 89 mm. De ce fait, l'Algérie est classée parmi les 13 pays africains qui souffrent le plus du manque d'eau. En effet, avec moins de 500 m³/habitant/an d'eau renouvelable, l'Algérie dispose de moins de 50% du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³/Hab/an. [11]

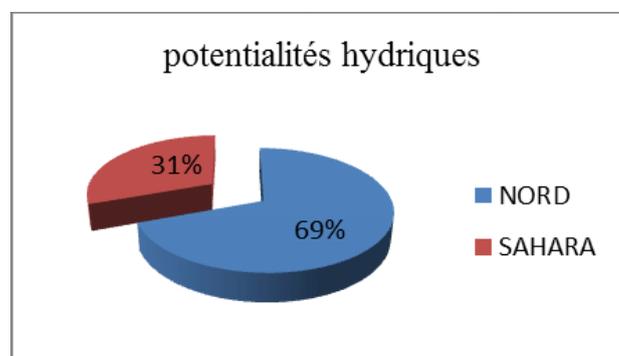


Figure II. 2 : Pourcentage du potentiel hydrique de l'Algérie [12]

II.3 ressources en eau en Algérie :

II .3.1 Les eaux conventionnelles :

Les ressources hydriques conventionnelles, incluant les eaux superficielles et souterraines, montrent une insuffisance marquée, une faible mobilisation et une gestion inefficace, influencées par des variations pluviométriques régionales. Les données de l'ANRH révèlent une fluctuation importante des ressources disponibles entre 1986 et 2004, où les volumes ont varié de 20,4 à 18,6 milliards de m³, avec une forte réduction des eaux de surface. En 2004, sur les 65 milliards de m³ de précipitations, seules 19 milliards de m³ étaient exploitables après évaporation, infiltration et ruissellement.

Les eaux de surface sont concentrées au nord, tandis que les eaux souterraines se trouvent principalement dans le sud et le Sahara. En 2003, les ressources hydriques étaient réparties avec 13,9 milliards de m³ au nord et 2,9 milliards de m³ au sud. Les aquifères du sud, bien que volumineux, sont vulnérables à la salinisation et à faible renouvellement.

Le plan national prévoit une exploitation annuelle de 4,15 milliards de m³, majoritairement pour l'agriculture. La nouvelle politique de l'eau propose de construire des barrages et de mettre en place des transferts régionaux pour répondre aux besoins en eau des régions en déficit. [13]

II.3.2 Les eaux non conventionnelles :

Pour compenser les déficits en ressources hydriques conventionnelles, l'Algérie a opté pour la mobilisation des eaux non conventionnelles, comme le dessalement de l'eau de mer, le recyclage des eaux usées et la déminéralisation des eaux saumâtres. La loi du 4 août 2005 définit ces ressources non conventionnelles et souligne leur rôle crucial dans la gestion intégrée de l'eau, face à la rareté des ressources et aux changements climatiques.

Le dessalement de l'eau de mer est la méthode la plus développée, avec une capacité de 115 millions de m³/an, soutenue par 13 unités en opération. Ce processus est vital pour les régions côtières, fournissant de l'eau potable et industrielle. Les eaux usées sont également valorisées, avec 576 stations d'épuration prévues d'ici 2030, dont 70 % situées en amont des barrages, permettant leur réutilisation pour l'irrigation. La déminéralisation des eaux saumâtres est encore peu exploitée, malgré un potentiel important dans le sud et les hauts plateaux.

La recharge artificielle des nappes, par infiltration et percolation, offre des avantages tels que la protection des aquifères contre l'intrusion saline et la réduction des pertes par évaporation. Une sous-direction dédiée aux ressources non conventionnelles a été créée en 2008 pour piloter ces initiatives. [13]

II.4 la réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux usées traitées représente un enjeu crucial tant sur le plan politique que socioéconomique pour le développement futur des services d'eau potable et d'assainissement. Elle offre l'avantage de fournir une ressource alternative, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion intégrée de l'eau. Cette section offre un aperçu du contexte actuel de la réutilisation des eaux usées traitées (REUT) dans le monde et en France, permettant de mieux comprendre les enjeux de ces projets et d'en discerner les perspectives d'évolution. [14]

o Possibilités de réutilisation des eaux usées traitées :

Tableau II. 1 : Types de réutilisation : exigences de mise en œuvre et de gestion [15]

	Application	Exigence	Facteur déterminant
potable	-Production indirecte d'eau potable	-Etude des risques sanitaires	-Manque d'eau et sécheresse -Autonomie en eau
	-Production directe d'eau potable	-Qualité de l'eau (pathogènes) -Traitement avancée -Dilution avec de l'eau naturelle	Réapprovisionnement des nappes -Augmentation de la population - Contraintes de réglementation "Pénurie d'eau" -Pas d'alternative (Windhoek) -Aide publique (Denver)
	-Irrigation en agriculture - cultures maraîchères	-Impact sur le sol	-Manque d'eau et sécheresse

Non potable	- arbres fruitiers	Qualité de l'eau	Alternative au rejet des effluents
	-Cultures industrielles	(pathogènes, salinité)	
	-Aquaculture	-Traitement secondaire et désinfection	-Réduction de coût
	Activités récréatives		-Valeur fertilisante
	- augmentation des cours d'eau pour la pêche, natation, etc.	Qualité de l'eau (pathogènes)	Manque d'eau et sécheresse
	-Utilisations industrielles	-Qualité de l'eau (pathogènes, salinité)	-Amélioration de l'environnement
	eau de refroidissement	Traitement avancé	-Prix de l'eau
	Eau de processus	Qualité de l'eau	-Autonomie d'eau
	Utilisations urbaines	(pathogènes)	-Manque d'eau et sécheresse
	- irrigation de parcs, écoles, golfs, cimetières, résidences, -protection incendie	Systèmes de distribution double • Augmentation de la population	- Politique de réutilisation des pouvoirs publics
-recyclage en immeuble	-Traitement tertiaire et désinfection	-Normes de rejet contraignantes	
		- Amélioration de l'environnement	

II.5 Conclusion :

La réutilisation des eaux usées constitue une solution essentielle pour faire face aux pressions croissantes sur les ressources en eau dues à la croissance démographique, à l'urbanisation rapide et aux défis climatiques, et elle joue un rôle crucial dans la promotion d'une gestion durable des ressources hydriques.

PARTIE II :
CONCEPTION DE LASTATION
DEPURATION DE SIDI AICH
CHAPITRE III:
PRESENTATION DU SECTEUR DETUDE

Partie II : Conception de la station d'épuration de Sidi Aich

Chapitre III : Présentation du secteur d'étude

III.1 Introduction :

Le choix de l'emplacement et le domaine d'étude d'une station d'épuration sont des aspects fondamentaux pour la gestion des eaux usées et la protection de l'environnement. Ce chapitre se concentre sur la sélection du site pour la station d'épuration, en analysant les considérations stratégiques impliquées. Nous aborderons également les données de base concernant les charges polluantes, qui sont cruciales pour la conception et l'efficacité du traitement des eaux usées.

III.2 Situation géographique de Sidi Aich :

La région de Sidi Aich est située au sud-ouest, à environ 45 km du chef-lieu de la wilaya de Bejaia et à environ 220 km de la capitale. Elle est centrée sur la vallée de la Soummam et se trouve approximativement dans la partie centrale de cette vallée, à une distance relativement courte de la mer.

La daïra de Sidi Aich est divisée en cinq communes :

- La commune de Sidi Aich
- La commune de Tifra
- La commune de Tinebdhar
- La commune de Sidi Ayad
- La commune de Leflay

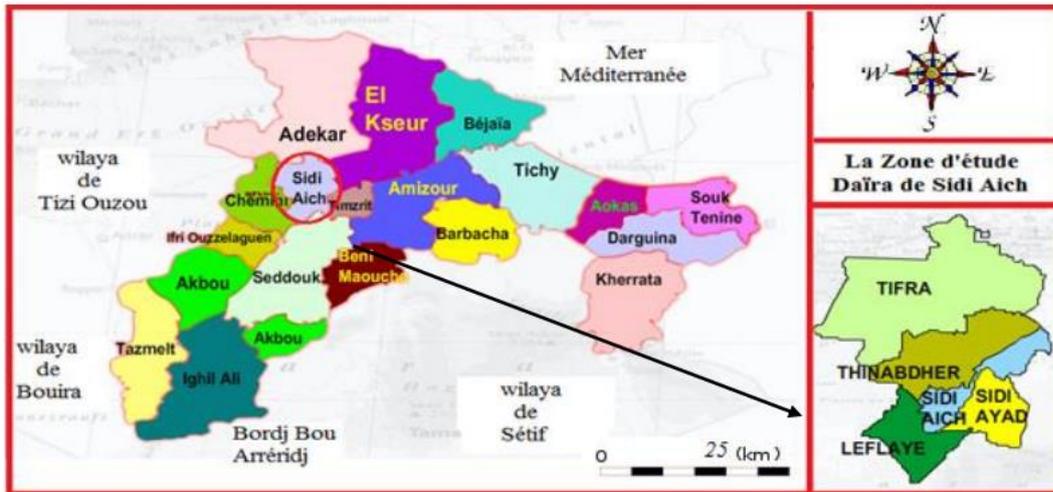


Figure III. 1: Situation géographique de la ville de Sidi-Aïch

III.3 Situation topographique :

Le territoire de Sidi Aïch se caractérise par deux zones de relief distinctes selon l'altitude :

- La partie basse de la vallée de la Soummam : située entre 80 et 100 mètres d'altitude.
- Les versants montagneux : qui s'élèvent jusqu'à environ 600 mètres d'altitude à la limite communale.

Sur les deux rives, les pentes sont majoritairement abruptes. Les terrains avec une pente inférieure à 25 % sont rares, sauf dans le fond de la vallée. Les cours d'eau intermittents ont creusé de nombreux ravins, principalement sur la rive gauche, créant une importante limite naturelle et se jetant dans la Soummam à la sortie sud du chef-lieu, par la route nationale RN 26. Les fortes pentes et les nombreuses sources ont entraîné un ravinement significatif, rendant l'occupation humaine des terrains plus difficile.

III.4 Situation géologique :

III.4.1 Sols :

Dans la région de Sidi Aïch, plusieurs types de sols se distinguent selon les zones :

- Fond de la vallée : constitué d'alluvions grises. Ces sols peuvent être très productifs à condition que la couche supérieure (sable-argileuse) ne soit pas lessivée par les cours d'eau pendant les périodes de crue.
- Rive droite : caractérisée par des sols rouges brunifiés, qui occupent la majeure partie des terrains de cette rive. Ces sols sont généralement improductifs (voir annexe N° 01).

- Rive gauche : plus en aval (dans la partie nord de la commune), on trouve des sols bruns.
Ce type de sol se caractérise par :
 - Une lente capacité d'absorption de l'eau.
 - Une grande étanchéité qui protège les plantes contre la sécheresse.

En outre, on y trouve des gisements de gypse ainsi que des terres adaptées à la poterie et à la fabrication de briques.

III.4 .2 Tectonique :

On distingue trois zones différentes :

- Le sillon de la Soummam.
- Les versants de la rive gauche de la Soummam : au sud-ouest, ils sont formés de la nappe du flysch, tandis qu'au nord-est, on trouve une formation du Crétacé supérieur (dernière période de l'ère secondaire, de -135 à -65 millions d'années), le long de la crête qui marque aussi la limite communale vers la commune d'Akfadou.
- Les versants de la rive droite : composés de formations du Crétacé inférieur.

L'épicentre le plus proche d'une des principales secousses sismiques dans la wilaya de Bejaia se situe à plus de 30 km au sud-ouest de Sidi Aïch, près du djebel Guergour, selon J.P Rothé (1850-1945).

III.5 Réseau Hydrographique :

Le territoire de la commune de Sidi Aïch est traversé par un réseau hydrographique assez dense. L'oued Soummam, qui est le principal collecteur des eaux de surface de la région, présente un écoulement permanent et se jette dans la baie de Bejaïa. Cet oued divise la commune de Sidi Aïch en deux rives :

- Rive gauche : L'oued Soummam est alimenté par plusieurs affluents (Ighzran), notamment :
 - Ighzer Bou-Haddad
 - Targa Ouada
 - Ighzer Oukhendouk

- Ighzer Bouzermane
- Targa Tasgounfouts
- Ighzer Maala
- Rive droite : Il y a un seul affluent, appelé Ighzer N'Chbib.

Du point de vue hydrologique, la ville de Sidi Aich est divisée en dix-huit (18) sous-bassins (BV), chacun étant traversé par un cours d'eau distinct.

Remarque :

Ighzer: Dénomination des cours d'eaux de faible débit en hiver et souvent sec en été.

III.6 Situation climatique :

La région de Sidi Aïch bénéficie d'un climat méditerranéen sub-humide, marqué par une saison sèche s'étendant de la mi-juin à la mi-novembre, ainsi que par de courtes périodes de sub-sécheresse entre ces deux périodes. Les masses d'air humide en provenance du littoral déversent leurs précipitations au contact de l'air froid des montagnes. Ainsi, sur la rive gauche de la région, les précipitations annuelles varient de 700 à 900 mm, tandis que sur la rive droite, elles oscillent entre 700 et 800 mm par an. La gorge située au sud du chef-lieu et les crêtes de la rive droite forment une barrière à la pénétration de l'air humide vers le sud-ouest, réduisant les précipitations à environ 650 mm par an dans la partie sud de la région.

Les vents dominants, qui pénètrent la vallée depuis le littoral, sont humides et frais en hiver. En été, le sirocco souffle principalement du sud. Une brise fraîche est perceptible sur les versants, notamment sur les crêtes et les limites des bassins versants, tandis que l'air reste stationnaire au fond de la vallée. Dans la vallée, les hivers sont doux et les étés sont chauds

- Pour une estimation climatique appropriée, nous avons sélectionné la station pluviométrique existante la plus adaptée à notre zone d'étude, à savoir la station de Sidi Aich.

Tableau III. 1: Coordonnées de la station de Sidi Aich

Nom de station	Sidi Aich
X (km)	677,5
Y (km)	369,35
Z (m)	196

III.6.1 climat :

La région de Sidi Aich se distingue par un climat méditerranéen sub-humide, avec une saison sèche s'étendant de la mi-juin à la mi-novembre, ainsi que de courtes périodes de sub-sécheresse entre ces deux périodes.

III.6.2 température :

On observe que la température diminue au cours des trois mois d'hiver (décembre, janvier, février), atteignant un minimum de 7,2°C en janvier. À l'inverse, elle augmente durant les trois mois d'été (juin, juillet, août), atteignant un maximum de 30,2°C en août. Le tableau présente une vue d'ensemble de la variation des températures au cours de l'année (en °C).

Tableau III.2: Températures moyennes mensuelles

T°C	Sept	oct	nov	dec	janv	fevr	mar	avr	mai	juin	juil	aout
Tmax	28.1	25.4	21.1	18	16.7	17.1	19.34	20.4	23.36	27.19	29.22	30.2
Tmin	19.38	16.34	12.23	10.12	7.8	7.2	9.4	10.65	14.56	18.38	20.78	22.35
Tmoy	24.77	21.27	16.81	14.26	12.5	13.7	15.44	16.72	20.23	24	26.18	27.46

Source ONM 2019

III.6.3 L'enseillement :

Les valeurs moyennes mensuelles d'enseillement sont présentées dans le tableau ci-dessous

Tableau III.3 : Lenseillement mensuel moyen (heures)

Mois	sept	oct	nov	déc	Janv	fév	mars	avr	mai	juin	juil	aout
Enseillement (h)	7	6,2	5,4	4,6	5,3	5,9	7,4	8,14	9,1	10,1	11,1	9,59

Source ONM 2019

III.6.4 Humidité :

Les taux d'humidité varient entre 72 % et 79 % tout au long de l'année. La moyenne minimale a été enregistrée en juillet avec une valeur de 72,7 %, tandis que la moyenne maximale a été observée en mai avec une valeur de 78%.

Tableau III.4 : Humidités relatives moyennes

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fevr	mar	avr	mai	juin	juil	aout
Humidité%	75.4	74.2	76.3	75.5	74.9	77	76.8	78.2	78	77	72.7	75.5

Source ONM 2019

III.6.5 vents :

Les vents dans cette région sont calmes, avec une intensité moyenne annuelle enregistrée de 2,83 m/s

Tableau III. 5 : Vitesse des vents

Vent (m /s)	sept	oct	nov	dec	janv	fevr	mar	avr	mai	juin	juil	aout
max	2.49	2.7	3.08	3.21	2.98	3.1	2.84	3	2.62	2.7	2.62	2.67

Source ONM 2019

III.6.6 Pluviométrie :

Tableau III. 6 : Evolution mensuelle des précipitation

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fevr	mar	avr	mai	juin	juil	aout
P(mm)	32,16	33,58	62,75	54,96	73,83	60,97	82,36	42,03	36,67	12,72	1,85	9,62

Source l'ARNH

Ce tableau nous montre qu'au cours de la période (2007/2021) la station enregistre un maximum de précipitation en mois de janvier (73,83 mm) et un minimum en mois de juillet (1,85 mm).

III.7 Situation hydraulique :

III.7.1 réseau d'alimentation d'eau potable :

Le réseau d'eau potable de la commune de Sidi Aich dessert deux agglomérations. En 2012, ce réseau desservait 3717 abonnés (Source : ADE Sidi Aich) et s'étendait sur environ 58,60 km (hors branchements). L'ensemble du réseau est alimenté par quatre sources :

- Le forage d'Aghernouz, qui approvisionne la rive gauche de l'agglomération chef-lieu de la commune de Sidi Aich.

- Le forage de l'oued Imoula, qui approvisionne la rive droite de l'agglomération chef-lieu de la commune de Sidi Aich.
- Le forage de Remila, qui approvisionne l'agglomération de Remila.
- Le barrage Tichy-Haft, qui approvisionne l'agglomération chef-lieu de la commune de Sidi Aich.

III.7.2 Réseau d'assainissement :

La région de Sidi-Aich est située au cœur de la vallée de la Soummam. Les réseaux des deux rives y sont indépendants. La ville de Sidi-Aïch est dotée de réseaux d'assainissement couvrant presque toute son étendue. Ces réseaux sont relativement anciens, à l'exception de celui de la Zone d'Habitation Urbanisée Nouvelle (ZHUN).

Il existe deux types de réseaux :

- Un réseau séparatif dans la ZHUN
- Un réseau unitaire dans les autres parties de la ville (sur les deux rives)

Les réseaux d'assainissement se répartissent ainsi : les eaux usées sont rejetées en quatre points directement dans l'oued Soummam, sans ouvrages à leurs exutoires, les collecteurs III étant disposés à même le sol.

III.8 Réseau routier :

- Route Nationale (RN26) : La RN26 est l'une des principales artères traversant Sidi Aich. Elle relie Béjaïa à Alger en passant par plusieurs villes importantes. Cette route est essentielle pour le transport des biens et des personnes entre la côte et l'intérieur du pays.
- Route Départementale (RD) : Plusieurs routes départementales desservent les villages environnants et les zones rurales de Sidi Aich. Ces routes sont vitales pour les habitants locaux, facilitant l'accès aux services et aux marchés.

III.9 Activité agricole :

En plus de sa vaste superficie agricole, la région pourrait tirer parti de l'engouement croissant pour les produits bio, favorisant ainsi le développement des métiers de l'agriculture. La zone de Sidi Aich s'étend sur 7399 hectares, dont 6706 hectares de terres agricoles, et se caractérise par un relief montagneux escarpé, traversé par l'oued Soummam.

III.10 Activité industrielle :

L'activité industrielle n'est pas très développée dans la zone étudiée, car la région ne possède pas de grandes unités industrielles, à l'exception de l'unité de trituration de blé (la semoulerie ERID, ex-SEMPAC). Située au chef-lieu de la ville de Sidi Aich, cette industrie traite ses propres eaux usées avant de les rejeter dans l'oued Soummam.

Cependant, il existe quelques petites unités industrielles polluantes, qui se rapprochent plus de l'artisanat que de véritables industries. Ces activités comprennent la menuiserie, la fabrication de parpaings, de détergents, de carreaux, la transformation de plastique, ainsi que la fabrication de chaussures et de maroquinerie. Ces petites unités contribuent à la pollution de la région en rejetant des eaux usées généralement de type minéral

III.11 Données de base de la station :

III.11.1 but de la station :

La station d'épuration en cours de développement répond aux enjeux environnementaux et sanitaires actuels. Les principaux objectifs de ce projet sont les suivants :

➤ **Intégration Durable du Nouvel Environnement Urbain :**

La création d'une nouvelle ville est l'occasion de mettre en place des infrastructures durables et des systèmes de gestion modernes. La station d'épuration est essentielle à cet écosystème, assurant le traitement efficace des eaux usées et prévenant ainsi la dégradation de l'environnement urbain.

➤ **Préservation de la Santé Publique :**

Les eaux usées non traitées peuvent contenir des agents pathogènes et des substances toxiques, posant un risque pour la santé humaine. En traitant ces eaux avant leur rejet, la station d'épuration joue un rôle crucial dans la prévention des maladies et contribue à la sécurité sanitaire des populations environnantes.

➤ **Utilisation Rationnelle des Ressources Hydriques :**

La réutilisation des eaux traitées dans l'agriculture offre une opportunité précieuse pour optimiser l'utilisation des ressources en eau. En fournissant une source alternative d'irrigation, la station aide à réduire la pression sur les ressources en eau douce limitées tout en apportant des éléments nutritifs bénéfiques aux cultures.

➤ **Conformité aux Normes et Réglementations :**

La mise en place de la station d'épuration répond aux normes environnementales et aux réglementations gouvernementales relatives au traitement des eaux usées. Cela témoigne de l'engagement envers la responsabilité sociale et la conformité aux exigences légales en matière de protection de l'environnement.

En somme, la création de cette station d'épuration est une approche proactive pour répondre aux défis environnementaux et sanitaires de notre région. Elle représente une démarche stratégique visant à promouvoir la durabilité, la protection de l'environnement et la santé publique.

III.11.2 Emplacement de la station :

Le site pour la construction des installations de la station d'épuration de la ville de Sidi Aich s'étend sur deux (2) hectares. Elle est située à 4,4 km de la ville de Sidi Aich, à l'extrémité de Remila, et se trouve à 40 km au sud de la ville de Bejaïa.

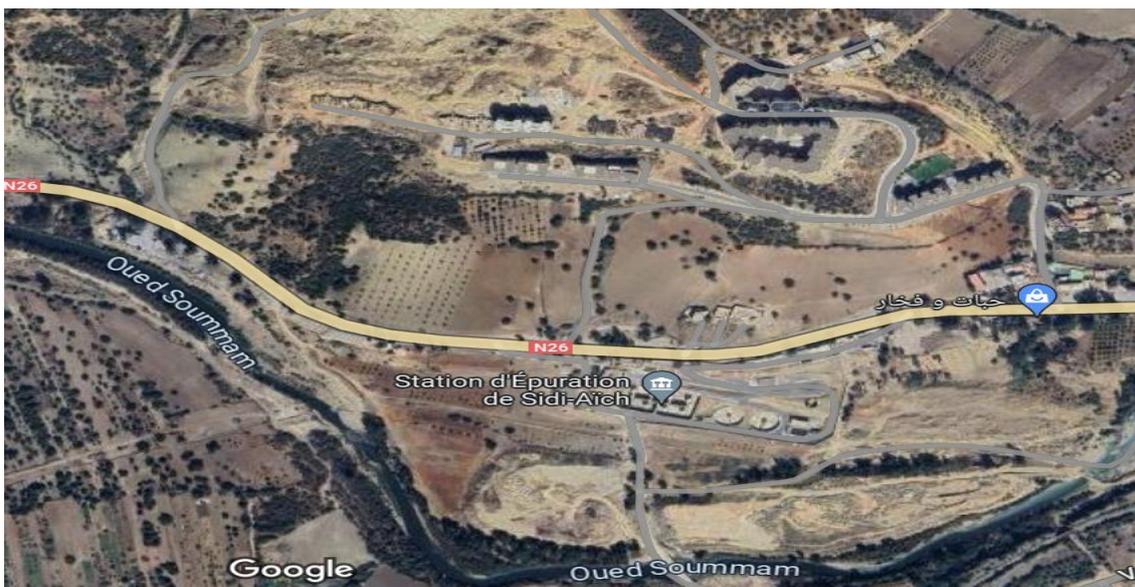


Figure III. 2: Emplacement du site de la station Source : Google Erath

III.11.3 Source des eaux brutes :

La station d'épuration de Sidi Aich est chargée de traiter les eaux usées urbaines provenant de diverses sources, y compris la nouvelle ville de Sidi Aich, Lefley, Tibane, Tinbdhar, Sidi Ayad ainsi que POS 10 (Remila).

III.11.4 Évacuation des eaux traitées :

Une fois passées par le traitement tertiaire, les eaux épurées seront dirigées vers l'oued Soummam situé à environ 350 mètres.

III.11.5 Données de base des eaux usées :

Tableau III. 7 : Récapitulatif

Paramètre		Unité	2024
Charge hydraulique	Equivalent habitant	E.H	44170
	Volume journalier	m ³ /j	9187,360
	Débit moyen de temps sec	m ³ /h	382,807
	Débit de pointe temps sec	m ³ /h	667,017
	Débit de pointe temps de pluie	m ³ /h	918,736
Charge polluantes	Charge journalière en DCO		5167,890
	Charge journalière en DBO5		2871,050
	Charge journalière en MES	Kg/j	4019,470
	Charge en azote (NTK)		2296,840
	Charge en Phosphore (P)		287,105

III.12 conclusion :

La zone d'étude et l'endroit où la station d'épuration est installée sont des facteurs clés pour garantir un traitement efficace des eaux usées et minimiser l'impact environnemental, comprendre paramètres géomorphologiques qui composent la région d'étude à savoir : la topographie et l'hydrographie

Ce chapitre nous rappelle sur l'importance de la préservation d'environnement pour un avenir plus propre et plus sain.

CHAPITRE IV :
CALCUL DESCHARGES HYDRAULIQUE
ET POLLUANTES

Chapitre IV : Calcul des charges hydrauliques et polluantes

IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous analyserons divers aspects des charges polluantes, y compris la nature des polluants, leurs sources et les méthodes de calcul. Nous étudierons également les charges hydrauliques, en prenant en compte les variations saisonnières et les spécificités locales. La précision de ces calculs est essentielle, car elle détermine la capacité des stations d'épuration à traiter efficacement les polluants et à se conformer aux normes environnementales.

IV.2 Estimation de la Population :

Pour le calcul de la croissance géométrique de la population on utilise la formule dite « Intérêts composées » :

$$P_n = P_0 (1+T)^n$$

Avec :

P_n : Population à l'horizon de calcul

P_0 : Population de l'année de référence.

T : Taux de croissance de la population T=2%

n : L'écart d'années entre les deux horizons.

Les résultats obtenues pour les trois horizons sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1: Evolution de la population de daïra de Sidi Aich

Horizon	2024	2030	2054
Population	44170	49743	80008

IV.3 Besoins en eaux potable :

Par l'équation suivante on trouve :

$$Q_{\text{moy j}} = \frac{DOT \times P}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{j})$$

Avec:

$Q_{\text{moy j}}$: Débit moyen journalier (m³ /j).

Dot : dotation théorique (l/j/hab.).

P : Nombre d'habitant.

Tableau IV. 2: Résultats

Horizon	2024	2030	2054
Population	44170	49743	80008
Dotation (l/hab/j)	200	200	200
$Q_{\text{moy j}}$ (m ³ /j)	8834,000	9948,519	16001,568

IV.4 Débits rejetés :

IV.4.1 Les eaux usées domestiques :

$$Q_{\text{Eud}} = Q_{\text{moy j}} \times K_r$$

Avec :

Q_{Eud} : débit de rejet domestique (m³ /j).

$Q_{\text{moy j}}$: débit moyen journalier (m³ /j).

K_r : coefficient de rejet 80%

Tableau IV. 3 : Résultats

Horizon	2024	2030	2054
Q_{Eud} (m ³ /j)	7067,2	7959	12801

IV.4.2 Les eaux usées des équipements :

Pour un dimensionnement fiable, il est essentiel d'estimer également les débits d'équipement. En raison de l'absence de données spécifiques sur les équipements, nous avons appliqué une majoration de 30 % aux débits des eaux usées domestiques.

$$Q_{Eue} = Q_{Eud} \times M$$

Avec :

Q_{Eue} : débit de rejet des équipements.

M : la majoration de 30%.

Tableau IV. 4 : Résultats

Horizon	2024	2030	2054
Q_{Eue} (m ³ /j)	2120,16	2388	3840

IV.4.3 Les eaux usées totale :

$$Q_{Eut} = Q_{Eud} + Q_{Eue}$$

Avec :

Q_{Eut} : débit des eaux usées totale.

Tableau IV. 5 : Résultats

Horizon	2024	2030	2054
Q_{Eut} (m ³ /j)	9187,36	10346	16642

IV.5 Equivalent habitant :

$$EH = \frac{Q_{Eut} \times 1000}{Kr \times Dot}$$

Avec :

Q_{Eut} : débit des eaux usées totale.

Kr : Coefficient de rejet.

Dot : Dotation théorique (l/j/hab), Dot = 200 l/j/hab.

Donc la capacité de la STEP de sidi aich projetée est de :

IV.6 Charge hydraulique :

IV.6.1 Débit moyen journalier des eaux usées :

Soit le débit total des eaux usées, le débit moyen journalier des eaux usées.

$$QE_{ut} = QE_{u_{moy j}}$$

IV.6.2 Débit moyen horaire ($Q_{moy h}$) :

Le débit moyen horaire par jour correspond au débit observé tout au long de la journée, mesuré à l'arrivée de la station d'épuration. Il est calculé selon la relation suivante :

$$QE_{u_{moy h}} = \frac{QE_{u_{moy j}}}{24}$$

IV.6.3 Débit de pointe par temps sec (Q_{pts}) :

Pour le calcul de débit de pointe on utilise la formule suivante :

$$Q_{pts} = QE_{u_{moy h}} \times C_p$$

Avec :

$$C_p \left\{ \begin{array}{l} = 1.5 + \frac{2,5}{\sqrt{QE_{u_{moy h}}}} \text{ Si } Q_{moy h} \geq 3l/s \\ = 3 \text{ Si } Q_{moy h} < 3l/s \end{array} \right.$$

IV.6.4 Débit de pointe par temps de pluie « Q_{ptp} » :

Afin d'éviter une surcharge hydraulique dans le bassin d'orage situé en amont de la station lors des précipitations, ce bassin est dimensionné pour un débit maximal q_{max} correspondant à un débit de pointe en temps de pluie « Q_{ptp} ». Ce débit représente le flux des

eaux usées se dirigeant vers la station par temps de pluie et se calcule à l'aide de la relation suivante :

$$Q_{ptp} = \alpha QEu_{moyh}$$

Avec :

α : Coefficient de dilution applicable est de [1 ; 5], on prend 2.4.

IV.7 Charge polluantes :

Tableau IV. 6: Qualité de rejet

Paramètre	Concentration en mg/l	Rendement min d'élimination en %
DBO5	≤ 25	≥ 90
DCO	≤ 90	≥ 80
MES	≤ 30	≥ 90
NTK	≤ 15	≥ 70

Tableau IV.7 : La ration en g/Eh/j de chaque effluent

Paramètre	DBO5	DCO	MES	NTK	P
Ration (g/Eqh/j) (charge spécifique)	50	90	70	10	5

IV.7.1 Charges en DBO5 :

Les charges de DBO5 apportées quotidiennement par habitant via les eaux brutes sont estimées à 50 g/eqh/j.

$$\text{Charge en DBO5} = N \times 50 \times 10^{-3}$$

Avec :

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

Et pour trouver en concentration on utilise la formule suivante :

$$[DBO5] = \frac{\text{Charge en DBO5} \times 10^3}{Q_{moyj}}$$

Rendement épuratoire :

$$R = \frac{C_i - C_f}{C_i}$$

C_i : Concentration en DBO5 à l'entrée de la station.

C_f : Concentration en DBO5 à la sortie de la station.

Tableau IV. 8: Rendement épuratoire de DBO5

Horizon	2030	2054
Rendement %	90%	90%

IV.7.2 Charges en DCO :

Les charges de DCO apportées quotidiennement par habitant via les eaux brutes sont estimées à 90 g/j/hab.

$$\text{Charge en DCO} = N \times 90 \times 10^{-3}$$

Avec :

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

Et pour trouver en concentration on utilise la formule suivante :

$$[DCO] = \frac{\text{Charge en DCO} \times 10^3}{Q_{moyj}}$$

Rendement épuratoire :

Tableau IV. 9: Rendement épuratoire de la DCO

Horizon	2030	2054
Rendement %	84%	84%

IV.7.3 Charges en MES :

Les charges en MES apportées quotidiennement par habitant via les eaux brutes sont estimées à 70 g/j/hab.

$$\text{Charge en MES} = N \times 70 \times 10^{-3}$$

Avec :

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

Et pour trouver en concentration on utilise la formule suivante :

$$[MES] = \frac{\text{Charge en MES} \times 10^3}{Q_{moyj}}$$

Rendement épuratoire :

Tableau IV. 10 : Rendement épuratoire des MES

Horizon	2030	2054
Rendement %	93%	93%

IV.7.4 Charges en Azote N :

Les charges en Azote N apportées quotidiennement par habitant via les eaux brutes sont estimées à 10 g/j/hab.

$$\text{Charge en Azote} = N \times 10 \times 10^{-3}$$

Avec :

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

Et pour trouver en concentration on utilise la formule suivante :

$$[N] = \frac{\text{Charge en Azote} \times 10^3}{Q_{moyj}}$$

IV.7.5 Charges en phosphore P :

Les charges en Phosphore P apportées quotidiennement par habitant via les eaux brutes sont estimées à 5 g/j/hab.

$$\text{Charge en Phosphore} = N \times 5 \times 10^{-3}$$

Avec :

N : Nombre d'équivalents habitants à l'horizon.

Et pour trouver en concentration on utilise la formule suivante :

$$[P] = \frac{\text{Charge en Phosphore} \times 10^3}{Q_{moyj}}$$

IV.7.6 Coefficient de biodégradabilité :

Représente par le rapport suivant :

$$K = \frac{DCO}{DBO5}$$

Les résultats montrent que le coefficient de biodégradabilité K des eaux rejetées à Sidi Aich est de 1,8 pour toutes les périodes. Cela indique une présence significative de matières organiques (M.O) facilement dégradables. En conséquence, un traitement biologique par boues activées serait une méthode appropriée pour purifier ces eaux usées.

Tableau IV. 11: Récapitulatif

Horizon	2024	2030	2054
EH	57421	64665,372	104010,194
Volume journalier	9187,360	10346,460	16641,631

QEu _{moyh} (m ³ /h)	382,807	431,102	693,401
Qpts (m ³ /h)	667,017	745,141	1165,008
Qptp (m ³ /h)	918,736	1034,646	1664,163
DCO (kg/j)	5167,890	5819,884	9360,917
[DCO]	562,500	562,500	562,500
DBO5 (kg/j)	2871,050	3233,269	5200,510
[DBO5]	312,500	312,500	312,500
MES (kg/j)	4019,470	4526,576	7280,714
[MES]	437,500	437,500	437,500
N (kg/j)	2296,840	2586,615	4160,408
[N]	250,000	250,000	250,000
P (kg/j)	287,105	323,327	520,051
[P]	31,250	31,250	31,250
K	1,8	1,799	1,799

IV.9 Conclusion :

La quantification des charges polluantes et hydrauliques est essentielle pour une gestion durable de l'eau et la conception de systèmes de traitement efficaces, protégeant ainsi l'environnement et les ressources en eau.

CHAPITRE V:
DIMENSIONNEMENT DE LA STATION

Chapitre V : Dimensionnement de la station

V.1 Introduction :

Le dimensionnement d'une station d'épuration est essentiel pour planifier un système de traitement des eaux usées efficace, particulièrement pour la Daïra de Sidi Aich, en raison des enjeux environnementaux et de santé publique. Ce chapitre détaille le processus de dimensionnement de cette station, en commençant par les caractéristiques des eaux usées locales, puis en examinant les étapes pour définir les dimensions, capacités et performances des unités de traitement. Il aborde également les considérations techniques et environnementales influençant le dimensionnement et les choix technologiques, visant à concevoir une station adaptée aux besoins présents et futurs de la daïra, tout en garantissant une gestion durable des ressources en eau.

V.2 Qualité et norme :

La qualité de l'effluent est également un paramètre crucial à considérer. Cela comprend les normes de qualité des eaux usées traitées établies par les autorités réglementaires locales, ainsi que les objectifs spécifiques de qualité de l'effluent pour une éventuelle réutilisation en irrigation.

- **Qualité des eaux attendues après traitement biologique :**

Tableau V.1 : Qualité des eaux attendues après traitement biologique

Paramètre	Unité	Concentration	Rendement d'élimination %
DBO5	mg /l	25	90
DCO	mg/l	90	80
MES	mg/l	30	90
NGL	mg/l	15	70

- **Qualité des eaux attendues après traitement tertiaire :**

Tableau V.2: Qualité des eaux attendues après traitement tertiaire

Paramètres	Valeur
DBO5	< 15 mg/l
DCO	60 mg/l
MES	≤ 10 mg/l
Nématodes intestinaux	Absence
Coliformes fécaux	< 100 UFC / 100mL

- **Norme de rejet :**

- Norme de rejet au milieu naturelle

Tableau V.3 : Normes de rejet

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6,5 à 8,5
Conductivité	µs/cm	/
Turbidité	NTU	/
Oxygène dissous	mg/l	/
MES	mg/l	35
MVS	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120

Ammonium	mg/l	30
Azote kjeldhal	mg/l	/
Phosphore total	mg/l	/
Sulfates	mg/l	10
Métaux lourds		
Fer	mg/l	3
Zinc	mg/l	3
Manganèse	mg/l	1
Cadmium	mg/l	0,2
Chrome	mg/l	0,5
Cuivre	mg/l	0,5
Plomb	mg/l	0,5

➤ Normes de réutilisation en irrigation

Tableau V.4 : Normes de réutilisation en irrigation

Paramètres	Unités	Normes		
		FAO * (1985)	OMS** (1989)	JORA(2012)
PH		6,5-8,4 *		6,5-8,5
CE	ds/m	<0,7 * Aucune restriction 0,7-3,0 * Restriction légère à modérée >3,0 * Forte restriction		90

MES	mg/l	< 30 **	30
DCO	mg o ₂ /l	< 40 **	30
DBO ₅	mg o ₂ /l	< 10 **	Non disponible
NO ₃ ⁻	mg/l	50 **	Non disponible
NO ₂ ⁻	mg/l	<1 **	Non disponible
NH ₄ ⁺	mg/l	<2 **	Non disponible
PO ₄ ³⁻	mg/l	<0,94 **	Non disponible
SAR	meq/l	<3 * Aucune restriction 3-9 * Restriction légère à modérée >9 * Forte restriction	Non disponible
Coliformes totaux	UFC/100ml	Non disponible	Non disponible
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	1000 **	Non disponible
Salmonelles	UFC/1l	Absence **	Non disponible

V.3 Dimensionnement des ouvrages de la station :

V.3.1 Fosse à bâtard – dégrillage grossier – relevage :

Postes supprimés de notre filière de traitement, compte tenu du fait que les eaux brutes arrivent par refoulement.

V.3.2 Dégrillage fin :

Le dégrillage sert à éliminer les déchets grossiers susceptibles de causer des problèmes techniques aux installations suivantes. Il existe deux types de dégrillage : grossier et fin. Le calcul

des dimensions sera réalisé selon deux méthodes : Kirschemer et Kittelberger, Pour le dégrillage grossier est supprimé comme c'est mentionné au -dessus

Nous choisissons de poser deux grilles à nettoyage automatique avec un espacement entrefer de 8 mm et une épaisseur de 8 mm

Tableau V.5 : Données de bases de dimensionnement

Désignation	Unité	Horizon 2030	2054
Débit max admis par une seule grille	m ³ /h	1034,646	1664,163
Type de grille	u	nettoyage automatique	nettoyage automatique
Nombre de grilles	u	2	2
Ecartement entre barreaux	mm	8	8
Epaisseur minimale des barreaux	mm	8	8
Vitesse de passage à travers la grille	m/s	0,7 - 1,0	0,7 - 1,0

➤ **Méthode Kirschemer :**

Cette méthode nous donne la largeur de grille par l'expression suivante :

$$L = \frac{S \cdot \sin \theta}{H(1 - a) \cdot C}$$

Avec :

L : Largeur de la grille (m)

S : Surface de passage de l'effluent (m²)

θ : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal (60° à 80°)

H_{max} : Hauteur maximum admissible sur une grille, $H_{max} = (0.15 \text{ à } 1.5 \text{ m})$.

C : Coefficient de colmatage de la grille :

- Pour une grille manuelle, $C = (0,1 \text{ à } 0,3)$.

- Pour une grille mécanique, $C = (0,4 \text{ à } 0,5)$.

a : Fraction de surface occupée par les barreaux :

$$a = \frac{d}{d + e}$$

d : Epaisseur des barreaux (mm).

e : Espacement des barreaux (mm).

La surface de la grille est calculée par :

$$S = \frac{Q_{grille}}{V_{grille}}$$

Avec :

Q_{grille} : Débit de pointe admis par une seule grille (m³/h).

V_{grille} : Vitesse de passage à travers la grille (0.5-1m/s)

Pour une vitesse de $V=1\text{m/s}$, on trouve :

Dans notre cas la grille est automatique donc on prend $C=0.5$.

Avec : $\theta=60^\circ$ et $H_{max}=1\text{m}$, on trouve :

$$L = \frac{0.287 \cdot \sin 60}{1(1 - 0.5) \cdot 0.5}$$

De la même façon on calcule pour l'horizon 2053.

Tableau V.6 : Récapitulatif

Données 2030	Q(m ³ /s)	V(m/s)	H(m)	d(m)	e(m)	a	θ	C
Valeur	0.287	1	1	0,008	0,008	0,5	60	0,5
Largeur (m)	0,996							
Données 2054	Q(m ³ /s)	V(m/s)	H(m)	d(m)	e(m)	a	θ	C
Valeur	0,462	1	1,5	0,008	0,008	0,5	60	0,5
Largeur (m)	1,068							

➤ **Méthode Kittelberger :**

Cette méthode est exprimée par l'expression suivante :

$$L = \frac{(e + d) \cdot (Q_{pmax})}{e \cdot (1 - n) \cdot (V \cdot H_{max})}$$

Avec :

d: épaisseur des barreaux (mm)

e : espacement entre les barreaux (mm)

n : pourcentage d'encrassement

Q_{pmax} : débit de pointe traversant la grille (m³/s)

V : vitesse découlement (m/s)

H_{max}: hauteur d'eau maximale(m)

On choisit les mêmes données de la méthode précédente on trouve :

Tableau V.7: Récapitulatif des résultats

Données 2030	Q(m3/s)	V(m/s)	H(m)	d(m)	e(m)	n
valeur	0.287	1	1	0,008	0,008	50%
Largeur (m)	1,150					
Données 2054	Q(m3/s)	V(m/s)	H(m)	d(m)	e(m)	n
valeur	0,462	1	1,5	0,008	0,008	50%
Largeur (m)	1,233					

Remarque :

On prend les valeurs les plus grandes (méthode de Kittelberger)

➤ **Perte de charge :**

Les pertes de charges à travers la grille sont données par l'équation de Kirschmer :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e}\right)^4 \sin \theta \left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

Avec :

d : diamètre des barreaux (m)

g : Accélération de la pesanteur (9,81 m/s²)

e : espacement entre les barreaux (m)

V : Vitesse d'écoulement dans la grille (0,8 m/s)

θ : angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontal (60°)

β : coefficient qui tient compte de la forme des barreaux

Les valeurs de β sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau V.8: valeurs de coefficient qui tient compte de la forme des barreaux (β)

Type de barreau	β
Section rectangulaire	2,42
Section rectangulaire en semi-circulaire à l'amont	1,83
Section rectangulaire avec arrondi semi-circulaire à l'amont et à l'aval	1.67
Section circulaire	1,79
Section ovoïde avec une grande largeur à l'amont	0,76

➤ **Dégrilleur fin : circulaire – rectangulaire**

Tableau V.9 : Résultats des deux formes

Forme	Données	β	V(m/s)	$g \left(\frac{m}{s^2} \right)$	d (m)	e(m)	θ
Rectangulaire	Valeur	2,42	0,8	9,81	0,008	0,008	60
	ΔH (m)	0,068					
Circulaire	Valeur	1,79	0,8	9,81	0,008	0,008	60
	ΔH (m)	0,051					

Remarque : La forme des barreaux est choisie en fonction des pertes de charges les plus faibles, dans notre situation, nous avons choisi des barreaux circulaires.

➤ **Refus des grilles :**

Le volume des déchets capturés par la grille dépend de l'espacement entre les barreaux et de la qualité des eaux à traiter. Le volume retenu, exprimé en litres par habitant équivalent par an, est estimé à :

- **Volume retenu minimum :**

$$V_{min} = \frac{N \times V_{ret.min} \times 10^{-3}}{365}$$

Avec : $V_{ret.min} = 5$ l/hab/an

- **Volume retenu maximum :**

$$V_{max} = \frac{N \times V_{ret.max} \times 10^{-3}}{365}$$

Avec : $V_{ret.max} = 10$ l/hab/an

- **Volume moyen retenu :**

$$V_{moy} = \frac{V_{min} + V_{max}}{2}$$

$V_{ret.min}$: le volume minimum retenu par la grille par habitant.

$V_{ret.max}$: le volume maximum retenu par la grille par habitant

N : Nombre d'équivalents habitants

Tableau V.10 : Récapitulatif des résultats

Horizon	EH	dégrilleur	V min (m3/j)	V max (m3/j)	V moy (m3/j)
2030	64665,372	fin	0,886	1,772	1,329
2054	104010,194	fin	1,425	2,850	2,137

V.3.3 Dessablage – Déshuilage aéré :

V.3.3.1 Dimensionnement :

Tableau V. 11: Données de base

Désignation	Unité	Horizon	
		2030	2054
Débit max admis par ligne	m ³ /h	517,323	832,082
Nombre d'ouvrage	U	1	1
Nombre de lignes	U	2	2
Temps de séjour mini au débit max admis	min	6	6
Charge hydraulique maxi au débit max admis	m ³ /m ² /h	25	25

➤ **Volume :**

Le volume du dessableur se trouve par :

$$V = Q \times Ts$$

Avec :

Q : Débit max admis par ligne (m³/h).

Ts : Temps de séjour au débit max admis (min).

➤ **Surface horizontale :**

Elle est déterminée en fonction de la vitesse et du débit :

$$S_H = \frac{Q}{V_{asc}}$$

V_{asc} : Charge hydraulique maxi au débit max admis (m³/m²/h)

➤ **La hauteur :**

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

➤ **La longueur :**

puisque $\frac{L}{H}$ varie entre 10 et 15,

on prend : $\frac{L}{H} = 10$

donc : $L = 10 \times H$

➤ **La largeur :**

$$S_H = \frac{Q}{V_{asc}} = L * l$$

$$l = \frac{S_H}{L}$$

Puisqu'une largeur de 0,83m est très petite pour un dimensionnement d'un bassin de dessablage et déshuilage

Je propose de prendre une largeur de 3 m puis calculer la longueur par :

$$L = \frac{S}{l} = \frac{20,693}{3} = 6,9 \text{ m}$$

on vérifie la condition de dimensionnement par : $\frac{L}{H} < \frac{V_e}{V_s}$

V_e : La vitesse horizontale (vitesse d'écoulement est $V_e = 0.2$ à 0.5 m/s)

On prend $V_e = 0,3$ m/s

$$\frac{V_e}{V_s} = \frac{0,3 \times 3600}{25} = 43,2$$

$$\frac{L}{H} = \frac{6,9}{2,5} = 2,76$$

Et puisque :

$$2,76 < 43,2$$

Donc la condition est vérifiée.

Tableau V.12: Récapitulatif des resultats

Horizon	Unité	V	S _H	H	L	1
2030	2	51,732	20,693	2,5	6,9	3
2054	2	83,208	33,283	2,5	11,09	3

V.3.3.2 Calcul du débit d'air à injecter :

Le processus de déshuilage nécessite une aération ascendante pour permettre la flottation des graisses vers la surface du bassin.

$$Q_{air} = V_{air} \times Q_{ptp}$$

Q_{air} : Débit d'air à injecter dans le dessableur.

Q_{ptp} : Débit de pointe par temps de pluie (m³/h).

V_{air} : volume d'air à injecter (m³/h). (Le débit d'air à injecter varie de 1 à 1,5 m³ d'air/h/ m³ d'eau à traiter)

Pour $V_{air} = 1.5$ m³ d'air/h/ m³ d'eau à traiter :

Tableau V.13 : Récapitulatif

Horizon	2030	2054
Q_{air} (m ³ /h)	1551,969	2496,245

V.3.3.3 Volume des sables :

Cela varie entre 8 et 15 L/EH/an et représente 80 % des matières minérales en suspension. En prenant 12 L/EH/an, on obtient :

$$V_{\text{sable}} = N_{\text{eq}} \times \frac{12}{1000}$$

Cela nous aide à déterminer les caractéristiques des pompes qui acheminent ce sable vers le classificateur.

Tableau V.14 : Récapitulatif

Horizon	2030	2054
V_{sable} (m ³ /an)	775,984	1248,122

V.3.3.4 Détermination du volume des graisses :

La ration unitaire de ces éléments peut être déterminée selon l'Office International de l'Eau (OIE). Après de nombreuses études et calculs réalisés dans différentes stations d'épuration, ils ont estimé une valeur de 16 g/eq hab/j.

Remarque : elle se calcul par jour car contrairement au sable ce n'est pas négligeable.

Tableau V.15 : Récapitulatif

Horizon	2030	2054
V_{graisse} (kg/j)	1034,646	1664,163

V.3.3.5 Quantité des matières éliminées :

Le dessableur élimine 80 % de la matière minérale présente dans les eaux usées. Le pourcentage de MVS (matières volatiles en suspension) est déterminé en calculant le rapport MES/DBO5, en se référant au tableau ci-dessous :

Tableau V.16 : Pourcentage de MVS par rapport à MES/DBO5 [18]

MES/DBO5	1.5	1.17	1	0,83	0,67
MVS%	60	65	68	70	75

Dans notre cas le rapport :

$$\frac{MES}{DBO5} = \frac{4526,576}{3233,269} = 1,4$$

$$MES = 61,5 MVS + 38,5 MMS$$

Tableau V.17: Récapitulatif des résultats

Horizon			Charge polluantes (kg/j)					
			MES		MVS		MMS	
2030	2054	Initiale	4526,576	7280,714	2783,844	4477,639	1742,732	2803,075
		Éliminée	1394,185	2242,460	0	0	1394,185	2242,460
		Finale	3123,337	5023,692	2783,844	4477,639	348,546	560,615

V.3.4 Traitement biologique :

Le traitement biologique prévu pour la situation de 2030 sera effectué sur deux lignes identiques fonctionnant en parallèle, permettant ainsi le traitement d'un débit d'effluents de 745,141 m³/h (débit de pointe en temps sec). Ce traitement biologique, de type "boues activées à

faible charge", sera réparti sur quatre filières de traitement identiques, chacune pouvant être isolée individuellement.

L'épuration biologique s'effectuera selon le schéma classique suivant :

- Zone de contact
- Zone d'anoxie
- Bassin d'aération
- Bassin de dégazage

Rappel des données précédentes :

Tableau V.18 : Rappel des données

Paramètres	Unités	2030	2054
$Q_{\text{moy j}}$	m ³ /j	10346,460	16641,631
$Q_{\text{moy h}}$	m ³ /h	431,102	693,401
DBO5	Kg/j	3233,269	5200,510
MES	Kg/j	4526,576	7280,714
Charge en azote (NTK)	Kg/j	2586,615	4160,408

V.3.4.1 Zone de contact :

La zone de contact est une structure placée en amont du bassin d'aération. Comme son nom l'indique, elle vise à mettre une partie de l'eau usée en contact avec la boue activée. Cette structure influence la dynamique des populations bactériennes, car les bactéries filamenteuses ont généralement une vitesse de capture du substrat plus faible que celle des bactéries floculées.

Données essentiel au dimensionnement de la zone de contact :

Tableau V.19: Données de base

Données	Unités	2030	2054
$Q_{Rec\ externe}$ (recirculation)	m ³ /h	1034,646	1664,163
Q_R (de retour)	m ³ /h	85,198	85,198
Q_{ptp}	m ³ /h	1034,646	1664,163
Nombre d'ouvrage	U	2	2
Temps de passage maximum	min	12	12
	h	0,2	0,2

Tableau V.20 : Résultat

Horizon	$Q_{passant\ par\ un\ ouvrage} = \frac{Q_{ptp} + \frac{1}{3} \times Q_{Rec\ externe} + Q_R}{Nombre\ ouvrage}$
2030	732,191 m ³ /h
2054	1151,764 m ³ /h

➤ **Le volume unitaire de la zone de contact :**

$$V_{Zc} = Q_{Zc} \times T_p$$

Q_{Zc} : Débit passant par un ouvrage (m³/h)

T_p : temps de passage maximum (h)

➤ **Surface de la zone de contact :**

Soit H= 4m

$$S_{Zc} = \frac{V_{Zc}}{H}$$

➤ **La largeur et longueur :**

On a la longueur $L = \frac{S_{Zc}}{l}$, on propose que $L = 12,2 \text{ m}$ donc $l = 3 \text{ m}$

Tableau V.21 : Résultat

Horizon	V_{Zc}	S_{Zc}	U	H (m)	L (m)	l (m)
2030	146,438	36,610	2	4	12,2	3
2054	230,353	57,588	2	4	19,196	3

V.3.4.2 Bassin biologique :

Un réacteur biologique est un dispositif employé dans le traitement des eaux usées pour encourager des réactions biologiques spécifiques, notamment la décomposition des matières organiques par des micro-organismes.

Tableau V.22 : Classes du procédé du traitement biologique a boues activées

Type	C_v (kgDBO5/m ³ .j)	C_m (Kg DBO5/Kg MVS.j)	Temp de séjour (h)	Rendement DBO5 (%)
Très faible charge	< 0,3	< 0,1	> 20	> 90
Faible charge	0,3-0,7	0,1-0,25	8-10	> 90
Moyenne charge	0,7-1,5	0,25-0,5	4-6	85
Forte charge	1,5-3	0,5-1,5	2-4	70-80
Très forte charge	> 3	> 1,5	1	70

Taux d'abattement :

$$R = \frac{[DBO5]_i - [DBO5]_f}{[DBO5]_i}$$

$$R = \frac{312,5 - 25}{312,5} = 0,92 = 92\%$$

On remarque que $R=92\%$, Donc on peut dire que le traitement est à boues activées à faible charge.

Paramètre biologiques du traitement :

Pour le dimensionnement des réacteurs biologiques en conditions de faible charge, les limites de fonctionnement sont les suivantes :

- Charge massique maximale : 0,15 kg DBO5/kg MVS
- Concentration maximale en MES : 4 - 4,5 g/L
- Température minimale de l'eau : 14°C
- Température maximale de l'eau : 30°C

➤ **Charge massique :**

La charge massique, ou facteur de charge, représente le ratio entre la masse du substrat polluant (DBO5) entrant quotidiennement et la masse de boues présente dans les réacteurs. Elle est exprimée en kg de DBO5 par kg de matière sèche par jour.

Plage de valeurs : $0.1 < C_m < 0.25$ (kg DBO5 /kg MVS m³. Jour)

Valeur retenue : $C_m = 0,15$ kg DBO5/kg MVS jour

➤ **Calcul du volume du bassin biologique :**

En utilisant la charge massique on déduit :

$$V_{BB} = \frac{L_0}{C_m \times X_t}$$

Avec :

X_t : la concentration en biomasse dans le bassin, en [kg MS/m³ ou kg MVS/m³],

C_m : charge massique en (kgDBO5 / kg MVS. j)

L_0 : la charge en DBO5 à l'entrée de bassin d'aération en (kg DBO5/j)

$$MES = 61,5 \% MVS + 38,5 \% MMS$$

$$[MVS] = 61,5 \% \times [MES] = 0,615 \times 4,5 = 2,767 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Charge volumique :**

Un certain poids de matière organique, exprimé en DBO5 (kg/jour), doit être transféré dans un bassin réacteur aérobie de volume V (m³). La charge volumique est définie comme la masse de pollution entrant journalièrement par unité de volume du réacteur.

Elle s'exprime en Kg de DBO5 / m³. J :

Dans notre cas : $0,3 < C_v < 0,7$ (kg DBO5/m³. j)

Pour le déduire on le calcul suivant :

$$C_v = \frac{L_0}{V_{BB}}$$

➤ **Volume unitaire de chaque bassin :**

$$V_u = \frac{V_{BB}}{2}$$

➤ **Surface horizontale de chaque bassin :**

$$S_u = \frac{V_u}{H}$$

Avec : H = 4m

Tableau V. 23 : Récapitulatif des résultats

Horizon	C _m	V _{BB}	S _{BB}	L	l	C _v	V _u	S _u
2030	0,15	7790,070	3895,035	73	53,4	0,415	3895,035	973,759
2054	0,15	12529,839	6264,919	101,05	62	0,415	6264,919	1566,230

Déphosphatation biologique

En considérant une élimination biologique du phosphore de 55%, la quantité de phosphore éliminée et la teneur résiduelle serait déterminée à partir de la relation suivante :

$$[P]_{résiduelle} = \frac{Flux_{entrant} - Flux_{sortant}}{Q_{moy j}}$$

Déphosphatation complémentaire :

Après une déphosphatation biologique, le niveau de phosphore dans le bassin biologique n'atteint pas le niveau désiré de phosphore dans l'eau traité $[P]_{résiduelle} > 2 \text{ mg/L}$, et pour cela on propose une déphosphatation chimique complémentaire.

La quantité de phosphore à précipiter chimiquement est donnée par la relation suivante :

$$P_{à\ précipiter} = P_{résiduelle} - P_{rejet/norme}$$

Avec :

$P_{résiduelle}$: quantité du phosphore restante après le traitement biologique

$P_{rejet/norme}$: quantité du phosphore tolérée dans l'eau traitée.

Le rendement de déphosphatation complémentaire serait :

$$\eta = \frac{P_{résiduelle} - P_{rejet/norme}}{P_{résiduelle}}$$

Les résultats de calcul sont résumés dans le tableau suivant :

Élimination biologique de phosphore			
Paramètres	Valeurs 2030	Valeurs 2054	Unités
La quantité de DCO dans l'effluent brut	5819,884	9360,917	Kg/j
Flux entrant (Pentrée)	323,327	520,051	Kg/j

Peliminé	177,83	286,028	Kg/j
[Présiduelle]	4,136	5,249	mg/l
La concentration de P dans l'eau traitée	2	2	mg/l
La quantité de P dans l'eau traitée	70,356	89,163	Kg/j
Déphosphatation complémentaire de phosphore			
P à précipiter	75,141	144,86	Kg/j
η	52	62	%

V.3.4.2.1 Zone d'anoxie :

La zone d'anoxie est faite pour le traitement de l'azote (dénitrification) :

$$V_{anoxie} = \frac{N_{a\ nitrfie}}{X_a \times v_{dén}}$$

V_{anoxie} : Volume du bassin d'anoxie (m³)

$$N_{a\ nitrfie} = NTK_{entrée} - NTK_{assimilé} - NTK_{rejeté}$$

$N_{a\ nitrfie}$: Quantité à nitrifier

$NTK_{entrée}$: Charge azote KJELDAHL apportée par l'eau brute

: Charge azote KJELDAHL assimilée essentiellement par les bactéries, avec

$NTK_{assimilé} = 5\%$ DBO5 éliminée dans le bassin biologique

$NTK_{rejeté}$: Charge azote KJELDAHL rejetée avec l'eau épurée

X_a : masse de la boue en kg en MVS

$v_{dén}$: Vitesse de la réaction de dénitrification (g NO₃/kg MVS.h), sortie par le tableau suivant

Tableau IV.12 : Vitesses de dénitrification exogène en fonction du rapport NTK/DBO5

[18].

NTK/DBO5	Cd
>0.5	1.7
0.4 – 0.5	2.1
0.3 – 0.4	2.4
0.2 – 0.3	2.7
<0.2	3

Va: estimée en fonction du rapport NTK/DBO5, dans notre cas ce rapport égale à 0,8, ce qui implique que Va = 1,7 g de N NO3 /Kg de MVS/h

$$N_{\text{a nitrifié}} = 404,159 \text{ Kg/j}$$

➤ **Calcul de la surface :**

Soit $3 > H > 5$ on prend H= 4 m

$$S_{\text{anoxie}} = \frac{V_{\text{anoxie}}}{H}$$

➤ **La largeur :**

$$l = \sqrt{\frac{s}{2}}$$

Tableau V.24 : Résumé des résultats

Horizon	V _{anoxie} (m ³)	H (m)	S _{anoxie} (m ²)	L (m)	l (m)
2030	2505,909	4	626,477	34	18,426
2054	4030,740	4	1007,685	43	23,435

V.3.4.2.2 Bassin d'aération :➤ **Concentration de l'effluent en DBO5 (S₀) :**

$$S_0 = \frac{L_0}{Q_{moyj}}$$

Avec :

L₀ : Charge polluante à l'entrée du bassin L₀ = 3233,269 kg/j.

Q_{moyj} : Débit moyen journalier (m³/j).

➤ **La charge polluante à la sortie (S_f = 25mg/l) :**

$$L_f = S_f \times Q_{moyj}$$

Avec :

Q_{moyj} : Débit moyen journalier (m³/j).

S_f : Concentration de l'effluent en DBO à la sortie. (mg/l)

$$L_f = 25 \times 10^{-3} \times 10346,460$$

➤ **La charge polluante éliminée :**

$$L_e = L_0 - L_f$$

Le rendement de l'épuration est donc : $R = \frac{L_0 - L_f}{L_0}$

Tableau V.25 : Récapitulatif

Horizon	S ₀ (Kg/m ³)	L ₀ (Kg/j)	L _f (Kg/j)	Le (Kg/j)	R %
2030	0,313	3233,269	258,661	2974,607	92
2054	0,313	5200,510	416,041	4784,469	92

Remarque : on a une élimination de 92 % de DBO5 dans le bassin biologique

➤ **Volume du bassin d'aération :**

$$V_{BA} = V_{BB} - V_{anoxie}$$

Nous projetons 02 bassins de même volume :

$$V_u = \frac{V_{BA}}{2}$$

➤ **Hauteur du bassin d'aération :**

Varie entre [3,5], on prend : H= 4 m

➤ **Surface horizontale S_{BA} :**

$$S_{BA} = \frac{V_{BA}}{H}$$

➤ **La longueur et largeur :** $l = \sqrt{(s/2)}$

➤ **Temps de séjour :**

$$T_s = \frac{V_{BA}}{Q_{moyj}}$$

En temps sec : $T_s = \frac{V_{BA}}{Q_{pts}}$

La masse totale des boues dans le bassin :

$$X_a = \frac{L_0}{C_m}$$

➤ **Concentration de boues dans le bassin :**

$$[X_a] = \frac{X_a}{V_{BA}}$$

Tableau V.26 : Récapitulatif

Horizon	2030	2054
V_{BA} (m ³)	5284,161	8499,099
V_u (m ³)	2642,081	4249,549
H (m)	4	4
S_{BA} (m ²)	1321,040	2124,775
S_u (m ²)	660,520	1062,387
L (m)	30	40
l(m)	22,017	26,56
T_s (h)	12,257	12,257
T_s (temps sec) (h)	7,091	7,295
X_a (Kg)	21555,124	34670,065
$[X_a]$ (Kg/m ³)	3,953	3,953

V.3.4.3 Besoins en oxygène :**➤ Calcul des besoins en oxygène :**

$$Q_{O_2} = a' \times L_e + b' \times X_t + 4,3 \times N_{nit} - 2,85 \times c' \times N_{dénit}$$

Avec :

 Q_{O_2} : Besoin en oxygène (Kg O₂ /j). a' : Coefficient de consommation de l'oxygène lors de l'oxydation de la DBO5 donné en Kg O₂ / Kg MVS

$$a' = 0,5 * C_m^{-0,12} = 0,628 \quad (C_m = 0,15)$$

 b' : Coefficient d'endogène (Kg O₂ /Kg MVS) $b' = 0,13 * C_m^{0,16} = 0,096$

L_e : Quantité de DBO5 éliminée par jour

X_t : masse totale de la boue présente dans le bassin d'aération (kg)

N_{nit} : quantité d'azote à nitrifier (Kg/j)

$N_{dénit}$: quantité d'azote à dénitrifier (Kg/j).

C' : Fraction de l'oxygène des nitrates récupérée par dénitrification (entre 60-70%). En moyenne 70%. Coefficient cinétique de respiration.

- **Capacité maximal de dénitrification :**

$$C_{max} = \frac{S_0}{8}$$

- **N. nitrification :**

$$N_{nit} = \frac{C_{max}}{1000} \times Q_{moy j}$$

- **N. dénitrification :**

$$N_{denitri} = N_{nit} - N_{NO3_{rejeté}}$$

- **Capacité d'oxygénation effective :**

Les eaux entrantes à la STEP sont des eaux usées donc on prend le coefficient de transfert est global $CT=0.5$.

$$Q_{O_2/eff} = \frac{Q_{O_2}}{C_T}$$

- **Oxygène en pointe nécessaire / heure :**

On doit assurer 22 heures par jours de la quantité journalière d'oxygène.

$$Q_{O_2/h} = \frac{Q_{O_2/eff}}{22}$$

- **Quantité d'O2 nécessaire pour 1 m3 du bassin :**

$$Q_{O_2/m^3} = \frac{Q_{O_2/eff}}{V_{BA}}$$

Tableau V. 29 : Récapitulatif

Horizon	2030	2054
$C_{\max \text{ denitri}}$	39,063	39,063
N_{nit}	404,159	650,064
N_{denitri}	375,188	603,467
a'	0,628	0,628
b'	0,096	0,096
Q_{O_2} (Kg O ₂ /j)	4938,609	8457,764
$Q_{O_2/eff}$ (Kg O ₂ /j)	9877,218	16915,529
$Q_{O_2/h}$ (Kg O ₂ /h)	448,964	768,888
Q_{O_2/m^3} (KgO ₂ /m ³)	1,811	1,929

V.3.4.4 Calcul des caractéristiques de l'aérateur :

- **Puissance de brassage/agitation :**

La relation suivante donne la puissance requise pour le brassage et le maintien des solides en suspension :

$$E_b = S_H \times P_a$$

Avec :

E_b : Puissance nécessaire pour le brassage en (w).

S_H : Surface horizontale du bassin en (m²).

P_a : La puissance spécifique absorbé (Pa) pour les aérateurs de surface

, $P_a = 70$ à 80 w/m²

On prend : $P_a = 75$ w/m²

- **La quantité totale d'oxygène transférée sur unité de puissance dans les conditions standard (N_0) :**

On prend 4 aérateurs pour chaque bassin ; donc :

$$Q_{O_2/aer} = \frac{Q_{O_2}}{8}$$

○ **Puissance pour chaque aérateur :**

Avec $R=2 \text{ KgO}_2/\text{Kw/h}$:
$$P = \frac{Q_{O_2/aer}}{R}$$

Dont R : facteur de consommation d'oxygène (Kg/Kw/h)

Donc on prend :

- En 2030 :8 aérateurs de 30 KW de puissance pour chaque aérateur.
- En 2053 :8 aérateurs de 50 KW de puissance pour chaque aérateur

Tableau V.30 : Récapitulatif

Horizon	2030	2054
E_b (Kw)	51,122	82,227
$Q_{O_2/aer}$ (Kg O ₂ /h)	56,121	96,111
P (Kw)	28,060	48,055

V.3.4.5 Bilan des boues :

❖ **Calcul de la quantité des boues excès :**

Par la formule d'Eckenfelder on déduit la quantité des boues excès

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m \times L_e - b \times X_a - X_{eff}$$

Avec :

X_{min} : boues minérales (30% MES)

X_{dur} : boues difficilement biodégradables (30%-35% de MVS).

a_m : (0,55) coefficient de rendement cellulaire.

b: fraction de la masse cellulaire éliminée par jour.

L_e : quantité de DBO5 éliminée (kg/j).

X_a : masse totale de MVS dans le bassin (kg).

X_{eff} : Fuite de MES avec l'effluent (dépend des normes de rejet, on adopte

généralement 30mg/l).

Tableau V. 31 : Les valeurs moyennes des paramètres a_m et b

Paramètre	Forte charge	Moyenne charge	Faible charge	Aération prolongée
a_m	0,5	0,53	0,55	0,60
b	0,06	0,055	0,05	0,07

$$X_{min} = 4526,576 \times 0,3 = 1357,973 \text{ Kg/j}$$

$$X_{dur} = 0,3 \times 0,7 \times 4526,576 = 950,581 \text{ Kg/j}$$

$$X_a = 21555,124 \text{ Kg}$$

$$X_{eff} = 0,03 \times 10346,460 = 310,394 \text{ kg/j}$$

$$L_e = 2974,607 \text{ kg DBO5/j}$$

Tableau V. 32 : Récapitulatif

Horizon	2030	2054
a_m	0,55	0,55
b	0,05	0,05
Xmin	1357,973	2184,214
Xdur	950,581	1528,950
Xa	21555,124	34670,065
Xeff	310,394	499,249
Le	2974,607	4784,469
ΔX	2556,438	4111,870

❖ **La concentration des boues en excès :**

$$X_m = \frac{1200}{I_m}$$

X_m : Concentration des boues en excès en (kg/m³)

I_m : Indice de Mohlman. C'est le volume en (m) occupée par un gramme de boue après ½ heure de décantation.

- Si $80 < I_m < 150$: les boues sont biens décantables ;
- Si $I_m > 150$: risque d'une mauvaise décantation et les boues recyclées seront claires ;
- Si $I_m < 80$: boues sont très minérale et peu actives

On prend $I_m = 140$

❖ **Débit de boues en excès :**

$$Q_{boue\ exc} = \frac{\Delta X}{X_m}$$

❖ **Débit spécifique par m3 du bassin :**

$$q_{sp} = \frac{\Delta X}{V_{BB}}$$

❖ **Le taux de recyclage :**

$$R = \frac{[X_a]}{X_m - [X_a]}$$

❖ **Débit de boues recyclées :**

$$Q_R = R \times Q_{moyj}$$

❖ **Age de boues :**

L'état physiologique de la biomasse est évalué par l'âge moyen de la boue, également appelé temps de séjour moyen des boues dans le bassin d'aération. Cet âge moyen se définit comme le rapport entre la quantité de boue présente dans le bassin et la quantité de boue extraite chaque jour.

$$A_b = \frac{X_a}{\Delta X}$$

Tableau V.33 : Récapitulatif des résultats

Horizon	ΔX	X_m	$Q_{boue\ exc}$	q_{sp}	R	Q_R	A_b
2030	2556,438	8,571	298,251	0,328	0,856	8855,136	12,045
2054	4111,870	8,571	479,718	0,328	0,856	14242,930	12,045

V.3.4.6 Dégazage :

Pour éviter toute remontée indésirable de boues dans le clarificateur, il est nécessaire d'installer un ouvrage de dégazage (circulaire) entre le bassin d'aération et le clarificateur.

Nous ajustant une charge hydraulique de 45 m³/m²/heure au débit de pointe de temps sec

$$Q_{pts} = 745,141 \text{ m}^3/\text{heure.}$$

$$Q_{dgz} = Q_{pts} + Q_{rec} + Q_R$$

- **Surface :**
$$S_{dgz} = \frac{Q_{dgz}}{V}$$

Avec :

Q_{dgz} : Débit entrant au dégazeur en m³/heure.

V : charge hydraulique en m³/m²/h

On déduit le diamètre par :
$$D = \sqrt{\frac{4 \times S_{dgz}}{\pi}}$$

- **Volume :**

Avec $H = 4\text{m}$
$$V_{dgz} = S_{dgz} \times H$$

Tableau V.34 : Récapitulatif des résultats

Horizon	Nombre d'unité	Q_{dgz}	S_{dgz}	D	H	V_{dgz}
2030	1	1575,481	35,011	6,678	4	140,043
2054	1	2415,214	53,671	8,269	4	214,686

V.3.5 Clarificateur :

Le clarificateur a pour objectif de séparer les floccs biologiques de l'eau à traiter. Les boues déposées dans le clarificateur sont recyclées vers le bassin d'aération afin de maintenir une concentration quasi constante en bactéries, tandis que les boues excédentaires sont évacuées vers les installations de traitement des boues.

- **La surface horizontale unitaire S_{Hu} :** $S_{Hu} = \frac{Q_u}{V_a}$

Avec :

Q_u : débit de pointe de temps sec par unité, sachant qu'on a deux clarificateurs

V_a : la vitesse ascensionnelle des particules $V_a=0.65\text{m/h}$

- **Le diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4 \times S_{Hu}}{\pi}}$$

- **Volume :**

Soit $H = 4\text{m}$

$$V_u = S_{Hu} \times H$$

Tableau V.35 : Résumé

Horizon	Q_u (m ³ /h)	S_{Hu} (m ²)	D (m)	H (m)	V_u (m ³)
2030	372,571	573,186	27,022	4	2292,743
2054	582,504	896,160	33,788	4	3584,640

V.3. 6 Traitement tertiaire :

Lorsque l'eau traitée sort du clarificateur, une partie est déversée dans l'oued, tandis que l'autre partie est envoyée vers le traitement tertiaire pour réduire la charge polluante et obtenir une eau plus clarifiée. Il existe trois principales méthodes de désinfection de l'eau (chloration , ozonation et ultraviolet)

V.3.6.1 Poste de relevage des eaux usées :

Pour poste de relèvement on dote trois groupes électropompe dont un de secours automatique, submersibles, assurant le débit maximum de 431,102 m³/heure.

Tableau V.36 : Données de base

Caractéristique	2023	2030
Nombre des pompes en service (U)	2	2
Nombre des pompes secours (U)	1	1

$Q_{Eu \text{ moy h}} \text{ (m}^3\text{/h)}$	431,102	693,401
$Q_u \text{ calcule (m}^3\text{/h)}$	215,551	346,701
$Q_u \text{ adopte (m}^3\text{/h)}$	216	347

➤ **Pour calculer le volume de Bâche :**

$$V = \frac{Q_u \times N}{4 \times N_c}$$

Avec :

V : volume de la bâche (m³).

Q : débit unitaire de chaque pompe (m³/h).

N : nombre des pompes en fonctionnement.

N_c : nombre de cycles de marche-arrêt des pompes = 6 cycles / heure.

➤ **Surface :**

$$\text{Avec } H = 4\text{m} \quad S = \frac{V}{H}$$

➤ **La Longueur de Bâche :**

On propose $l = 10$ m donc $L = 16,20$ m

V.3.6.2 Coagulation :

Le type de coagulant utilisé est le Sulfates d'Aluminium $Al_2(SO_4)_3$

Tableau V.37 : Données de base

Caractéristique	2023	2054
$Q_{Eu \text{ moy h}} \text{ (m}^3\text{/h)}$	431,102	693,401
Nombre d'ouvrage	1	1
$Q_u \text{ (m}^3\text{/h)}$	431,102	693,401
$T_s \text{ (h)}$	0,041	0,041

➤ **Volume :**

$$V = Q_u \times T_s$$

➤ **La Surface horizontale :**

On prend $H = 3\text{ m}$

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

➤ **Longueur :**

On prend $l = 1,2\text{ m}$ donc $L = 4,910\text{ m}$

V.3.6.3 Flocculation :

Le type d'adjuvants utilisés sont des poly électrolytes. Remuez l'eau lentement (12 minutes) pour assurer la formation de floccs et leur permettre de se déposer dans la bassine.

Ainsi, en rejetant les boues vers le traitement des boues, la charge polluante et les auxiliaires seront éliminées.

Tableau V.38 : Données de base

Caractéristique	2030	2054
$Q_{Eu\ moy\ h}$ (m ³ /h)	431,102	693,401
Nombre d'ouvrage (U)	1	1
Q_u (m ³ /h)	431,102	693,401
T_s (h)	0,2	0,2

➤ **Volume :**

$$V = Q_u \times T_s$$

➤ **La Surface horizontale :**

La hauteur donnée est à 3 m Donc : $S_H = \frac{V_u}{H}$

➤ **Longueur :**

On pose $l = 4\text{ m}$ et on trouve $L = 7,185\text{ m}$

V.3.6.4 Filtration :

C'est l'avant-dernière étape du traitement tertiaire, où la décantation des boues et des polluants se fera lors de la phase de filtration.

Tableau V. 39: Données de base

Horizon	2030	2054
$Q_{Eu \text{ moy h}}$ (m ³ /h)	431,102	693,401
Nombre d'ouvrage (U)	1	1
Q_u (m ³ /h)	431,102	693,401
T_s (h)	0,07	0,07

➤ **Volume :** $V = Q_u \times T_s$

➤ **La Surface horizontale :**

Soit $H = 3\text{m}$ $S_H = \frac{V}{H}$

➤ **Longueur :**

On prend $l = 2\text{m}$ on trouve $L = 5,030\text{m}$

Tableau V. 40 : Récapitulatif

Horizon	paramètre	Poste de relevage (2U)	coagulation	Floculation	Filtration
2030	V (m ³)	648,000	17,675	86,220	30,177
	S_H (m ²)	162,000	5,892	28,740	10,059
	l (m)	10,000	1,200	4,000	2,000
	L (m)	16,200	4,910	7,185	5,030
	H (m)	4	3	3	3
2054	V (m ³)	1041,000	28,429	138,680	48,538
	S_H (m ²)	260,250	9,476	46,227	16,179
	l (m)	10,000	2,200	5,000	8,090
	L (m)	16,200	4,307	9,245	2,000
	H(m)	4	3	3	3

V.3.6.5 Désinfection à l'Ultra-violet :

L'ultraviolet est la dernière étape du traitement tertiaire, permettant la désinfection et l'élimination des polluants et microorganismes. Des lampes UV à mercure basse pression sont installées dans un canal ouvert, émettant principalement à 254 nm avec un taux de transmission de 65 %. Le système inclut les émetteurs, des structures de support, des installations de mesure et de régulation, ainsi qu'une armoire de commande. Il est crucial d'optimiser la géométrie des lampes pour éviter les zones mortes et de maintenir des conditions hydrauliques turbulentes avec des temps de réaction inférieurs à 10 secondes, avec une distance maximale de 10 cm entre émetteurs.

V.3.7 Traitement et élimination des boues :

La quantité et les propriétés des boues issues du traitement des effluents varient selon les caractéristiques de l'effluent et le procédé utilisé, les stations à boues activées à faible charge produisant le moins de boues excédentaires, tandis que les principaux problèmes liés aux boues incluent leur fermentescibilité, leur volume et les nuisances qu'elles engendrent.

La filière de traitement des boues choisie pour notre station d'épuration sera la suivante :

- Un épaisseur de boues
- Une déshydratation mécanique

V.3.7.1 Epaissement des boues :

➤ **Boue issue du décanteur secondaire (Bexcès) :**

les boues en excès représente ΔX

Tableau V.41: Données

Horizon	2030	2054
ΔX (Kg/j)	2556,438	4111,870

➤ **Concentration des boues :**

Concentration des boue $X_m = 8,571 \text{Kg/m}^3$

➤ **Débit journalier de boues entrant dans l'ouvrage ($Q_{\text{Boue excès}}$) :**

Tableau V.42: Données

Horizon	2030	2054
Q boue excès (m ³ /j)	298,251	479,718

➤ **Volume d'épaisseur**

$$V_{eps} = Q_{boue\ excès} \times T_s$$

Avec :

Q boue excès : Débit de boues en excès m³/j

T_s : Temps de séjour dans l'épaisseur (j), T_s = 2j.

➤ **La surface :**

Soit H = 4m

$$S_{eps} = \frac{V_{eps}}{H}$$

➤ **Diamètre :** $D = \sqrt{\frac{4 \times S_{eps}}{\pi}}$

➤ **Débit de boues à la sortie de l'épaisseur :**

Après l'épaulement on trouve :

$$Q_{s-ep} = \frac{\Delta X}{C_{BE}}$$

ΔX : la quantité des boues excès Kg/j

C_{BE} : la concentration maximale des boues, C_{BE} = 90 g/L.

➤ **Débit épuré :**

$$Q_{epu} = Q_{moyj} - Q_{s-ep}$$

Tableau V. 43: Récapitulatif

Horizon	T _s (j)	V _{eps} (m ³)	H (m)	S _{eps} (m ²)	D (m)	Q _{s-ep} (m ³ /j)	Q _{epu} (m ³ /j)
2030	2	596,502	4	149,126	13,783	28,405	10318,055
2054	2	959,436	4	239,859	17,480	45,687	16641,631

V.3.7.2 Déshydratation des boues :

La déshydratation des boues est un processus clé pour le traitement des boues dans les stations d'épuration. L'objectif principal est de réduire le volume des boues et de les convertir de liquide en solide, facilitant ainsi leur manipulation, leur transport et leur élimination ou réutilisation.

La déshydratation mécanique : Cette étape consiste à extraire l'eau des boues concentrées jusqu'à un état semi-solide. La technique utilisée dans notre cas est :

Filtre à bande : utilisez une bande filtrante pour éliminer l'eau des boues.

Evacuation et Traitement des Boues déshydratées: Après déshydratation, les boues peuvent être transportées et éliminées de différentes manières, telles que:

- Epandage agricole : utilisation des boues comme éventuels engrais, à condition de se conformer aux réglementations environnementales et sanitaires;
- Incinération : Les boues sont brûlées pour réduire le volume, l'énergie peut être récupérée;
- Mise en décharge: les boues sont déposées dans des lieux de mise en décharge contrôlés.

Dans notre cas on opte pour la déshydratation mécanique par filtre à bandes.

➤ Le dimensionnement du filtre à bande :

Tableau V. 44: Données de base

Horizon	Veps (m ³)	Siccité après déshydratation (SF%)	ΔX (kg/j)
2030	596,502	15% à 18%	2556,438
2054	959,436	15% à 18%	4111,870

➤ Quantité de boue à traiter par heure :

Soit le temps de fonctionnement $T_f = 8h/j$

$$\Delta X_{t/h} = \frac{\Delta X}{T_f}$$

➤ **La quantité de boues extraites de déshydratation :**

$$Q_b = \frac{\Delta X}{1000 \times SF}$$

Avec :

ΔX : Quantité de boue à traiter par jour (kg/j)

SF : Siccité des boues (%) ; On prend SF = 18%.

➤ **Largeur de la bande :**

Soit la capacité de filtration est de 150 kg MS/h/m

$$L = \frac{\Delta X_{t/h}}{150}$$

➤ **Matière sèches :**

Floculant nécessaires est de 5 kg/tonne de MS à tarifer :

$$MS = \frac{\Delta X \times 5}{1000}$$

Tableau V.45 : Récapitulatif des résultats

Horizon	2030	2054
ΔX (Kg/j)	2556,438	4111,870
$\Delta X_{t/h}$ (Kg/h)	319,555	513,984
Q_b (m ³ /j)	14,202	22,844
L (m)	2,130	3,427
MS (Kg)	12,782	20,559

V.4 conclusion :

Le dimensionnement de la station d'épuration de Sidi Aich pour les horizons 2030 et 2054 est une étape cruciale dans la planification à long terme de l'infrastructure de traitement des eaux. Cette analyse souligne la nécessité d'anticiper la croissance démographique et les besoins accrus en traitement des eaux usées, tout en restant conforme aux réglementations environnementales en constante évolution. L'intégration de technologies émergentes et la prise en compte des défis posés par le changement climatique sont également essentiels pour garantir la résilience de la station d'épuration.

Il est important de noter que le dimensionnement pour ces horizons temporels exige un engagement à long terme en faveur de la durabilité et de la protection de l'environnement. Des investissements judicieux dans la modernisation de l'équipement et l'expansion de la capacité sont nécessaires pour assurer le fonctionnement optimal de la station.

En somme, la planification pour 2030 et 2054 vise à garantir que la station d'épuration remplisse sa mission essentielle de traitement des eaux usées, tout en contribuant activement à la préservation de l'environnement et en répondant aux besoins évolutifs de la société au fil du temps.

CHAPITRE VI:
ORGANISATION DU CHANTIER

Chapitre VI : Organisation du chantier

VI.1 Introduction :

La gestion efficace d'un chantier nécessite un rythme de travail constant et une utilisation optimale des ressources pour garantir rapidité, qualité et rentabilité. Dans la construction de structures en béton armé, il est crucial d'évaluer correctement les coûts et les ressources, ce qui demande des révisions régulières. L'organisation du chantier comprend l'analyse du projet, l'optimisation des procédés pour améliorer la sécurité et la rentabilité, ainsi que l'établissement de modes opératoires, d'un plan d'installation et d'un planning prévisionnel.

VI .2 Plan d'Installation de Chantier (P.I.C.) :

Le P.I.C. est élaboré à partir d'un plan de masse pour déterminer les équipements et infrastructures nécessaires sur le chantier. Il permet d'obtenir les autorisations nécessaires pour les grues, les travaux sur la voie publique et assure le respect des règles d'hygiène et de sécurité.

Localisation et fonctions des postes :

Engins de levage : situés pour couvrir les zones de travail.

Poste de bétonnage : près de l'accès principal pour la fabrication du béton.

Aire de préfabrication : pour la production d'éléments préfabriqués.

Aire de ferrailage : pour le découpage des armatures.

Aire de stockage : protégée et proche des accès pour les matériaux.

Cantonnements : bureaux et sanitaires pour le personnel, situés à l'écart des zones de travail.

Réseaux : infrastructures de services pour alimenter le chantier.

Clôture ou palissade : pour sécuriser le site et prévenir les intrusions.

Un P.I.C. doit être complet et lisible, incluant les obstacles naturels et industriels, le panneau de chantier, les accès et voies de circulation.

VI .3 Hygiène et sécurité sur le chantier :

L'hygiène et la sécurité sont essentielles pour prévenir les risques associés aux chantiers. Les chefs de chantier doivent mettre en œuvre des mesures de prévention pour protéger les travailleurs et respecter les normes de sécurité imposées par la législation du travail.

VI.5 : Devis quantitatif et estimatif :

Devis quantitatif estimatif est le document par lequel il est possible d'estimer le coût des travaux pour la réalisation d'un ouvrage de construction

Ce document est préparé par le métreur ou l'économiste de la construction à partir d'un projet et est utilisé à la fois par le maître d'ouvrage et les entreprises chargées de l'exécution des travaux. [16]

- Le client ou maître d'ouvrage, sur la base des documents de métré, peut :
- Élaborer un budget économique pour les investissements nécessaires à la réalisation des ouvrages.
- Lancer un appel d'offres aux entreprises de construction pour l'exécution des travaux.

L'entreprise, sur la base des documents de métré, peut :

- Proposer une offre pour la réalisation des ouvrages prévus par les plans d'exécution.
- Déterminer les besoins de chantier pour la réalisation des ouvrages conçus.

VI.5.1 Calcule du Coût d'investissement :

- Coût des travaux de génie civil (terrassement et coût des ouvrages en béton).
- Les équipements (racleurs, turbine, pompes aérateurs, tuyauterie...).

$$C_{Ti} = C_{gc} + C_{eq} + C_{VRD}$$

Avec :

C_{Ti} : le coût d'investissement.

C_{eq} : le coût de génie civil.

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

VI.5.1.1 Le Coût de terrassement :

L'épaisseur de la couche végétale sera estimée à 30 cm

Le prix du mètre cube de terrassement est estimé à 2500 DA (selon les données d'un bureau d'étude). Le volume de la couche végétale sera calculé en utilisant l'expression suivante :

$$V = 0,3 \times S_H$$

Avec :

V : volume de terrassement de l'ouvrage considéré.

S_H : surface horizontale de l'ouvrage considéré.

Le coût d'un ouvrage sera donc :

$$C = 2500 \times V$$

Tableau VI.1 : Les valeurs du coût de terrassement de chaque ouvrage 2030/2054

Ouvrage	Nomb re	La surface horizontale (m2)		Volume (m3)		Cout (DA)	
		2030	2054	2030	2054	2030	2054
-	-						
Déssableur et déshuileur	2	41,386	66,567	12,416	19,970	62078,757	99849,786
Zone de contact	2	26,962	40,954	8,089	12,286	40442,675	61430,762
Bassin biologique	2	973,759	1566,23	292,128	469,869	1460638,15 2	2349344,81 2
Dégazage	1	35,011	53,671	16,101	26258,01	26258,010	40253,566
Clarificateur	2	573,186	896,160	268,848	859778,4 4	859778,440	1344240,01 9
coagulation	1	5,892	9,476	1,768	2,843	4418,800	7107,363
Floculation	1	28,740	46,227	8,622	13,868	21555,124	34670,065
Filtration	1	10,059	16,179	3,018	4,854	7544,293	12134,523
Epaississeur	1	149,126	239,859	44,738	71,958	111844,150	179894,297
Totale						2594558,40	4128925,19

VI.5.1.2 Le Coût du béton armé :

Le coût actuel du béton est de 45 000 DA/m³ (selon un bureau d'étude). Pour calculer le coût du béton armé, nous utilisons la formule suivante :

$$C_b = P_u \times V_{tb}$$

Avec :

C_b : le coût de béton.

V_{tb} : le volume total du béton.

- Epaisseur des murs de l'ouvrage e_m : (0.15 à 0.5) m.
- Epaisseur en radiers de l'ouvrage e_r : (0.3 à 0.4) m.

• Calcul du volume de béton armé :

Le volume total est calculé par la somme des deux volumes mentionnée dans la formule suivante :

$$V_{tb} = V_r + V_m$$

$$V_r = S_H \times e_r$$

Avec :

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

V_r : volume du radier.

V_m : volume du mur.

P : périmètre de l'ouvrage.

H : Hauteur de l'ouvrage.

On prend :

L'épaisseur du mur $e_m = 0.3$ m. et l'épaisseur du radier $e_r = 0.3$ m (selon B.E)

Tableau VI.2 : Le coût du béton armé de chaque ouvrage 2030

Ouvrage	N	S _H (m ²)	V _r (m ³)	V _m (m3)	V _{bt} (m3)	Cout (DA)
Déssableur et déshuileur	2	41,386	24,832	38,74125	63,573	2860773,883
Zone de contact	2	26,962	16,177	21,4224	37,599	1691976,146
Bassin biologique	2	973,759	584,255	151,9632	736,218	33129830,74
Dégazage	1	35,011	10,503	25,162704	35,666	1604965,856
Clarificateur	2	573,186	343,911	101,818896	445,730	20057862,25
coagulation	1	5,892	1,768	10,998	12,766	574448,4079
Floculation	1	28,740	8,622	20,133	28,755	1293977,234
Filtration	1	10,059	3,018	12,654	15,672	705227,2818
Epaississeur	1	149,126	44,738	51,934344	96,672	4350240,182
Totale						66269301,98

Tableau VI.3: Le coût du béton de chaque ouvrage 2054

Ouvrage	N	SH(m2)	Vr (m3)	Vm (m3)	Vbt (m3)	Cout (DA)
Déssableur et déshuileur	2	133,133	39,940	41,4945	81,434	3664548,644
Zone de contact	2	81,908	24,572	32,52	57,092	2569153,707
Bassin biologique	2	3132,460	939,738	190,3932	1130,131	50855900,62
Dégazage	1	53,671	16,101	31,157	47,259	2126655,836
Clarificateur	2	1792,320	537,696	127,313	665,009	29925413,61
coagulation	1	9,476	2,843	11,713	14,556	654999,538
Floculation	1	46,227	13,868	25,641	39,509	1777906,161
Filtration	1	16,179	4,854	18,162	23,016	1035711,406
Epaississeur	1	239,859	71,958	65,899	137,856	6203532,19
Totale						98813821,71

VI.5.1.3 Coût total du génie civil :

Le total du génie civil est la somme des deux coûts calculé précédemment :

$$C_{gc} = C_{Ter} + C_b$$

Tableau VI.4 : Coût totale de génie civil

Horizon	2030	2054
Cout génie civil (DA)	68863860,383	102942746,905

VI.5.1.4 Le Coût des VRD :

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

$$C_{VRD} = 25\% \times C_{gc}$$

Tableau V.5: Coût des VRD

Horizon	2030	2054
Cout des VRD (DA)	17215965,1	25735686,73

VI.5.1.5 Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques :

$$C_{eqp} = 40\%(C_{gc} + C_{VRD})$$

Tableau VI.6 : Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques

Horizon	2030	2054
C_{eqp} (DA)	34431930,19	51471373,45

VI.5.1.6 Coût total des investissements de la station :

$$C_{Ti} = C_{gc} + C_{VRD} + C_{eqp}$$

Tableau VI.7: Récapitulatif avec le cout totale des investissements de la station

Horizon	2030	2054
Coût de terrassement (DA)	2594558,403	4128925,192
Coût du béton armé (DA)	66269301,98	98813821,71
Coût total du génie civil (DA)	68863860,383	102942746,905
Coût des VRD (DA)	17215965,1	25735686,73

Coût des équipements (DA)	34431930,19	51471373,45
Coût total des investissements (DA)	120511755,670	180149807,084

VI.5.2 Le Coût de fonctionnement :

$$C_{FT} = C_{MO} + C_{RM} + C_{FF}$$

Avec :

C_{MO} : Coût d'exploitation courante.

C_{RM} : Coût de renouvellement du matériel électromécanique.

C_{FF} : Frais financiers et de la main d'œuvre.

VI.5.2.1 Le coût de main d'œuvre :

Le coût de main d'œuvre est estimé à 5% du coût d'investissement

Tableau VI.8 :Le coût de main d'œuvre

Horizon	2030	2054
C_{MO} (DA)	6025587,783	9007490,354

VI.5.2.2 Le coût de renouvellement du matériel électromécanique :

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

Tableau VI.9 :Le de renouvellement du matériel électromécanique

Horizon	2030	2054
C_{RM} (DA)	6025587,783	9007490,354

VI.5.2.3 Le coût des frais financiers :

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

Tableau VI.10 : Le coût des frais financiers

Horizon	2030	2054
C_{FF} (DA)	6025587,783	9007490,354

VI.5.2.4. Le coût de fonctionnement total :

Tableau VI.11 : Le coût de fonctionnement totale

Horizon	2030	2054
C _{FT} (DA)	18076763,35	27022471,06

VI.5.3 Calcul du prix du m3 d'eau traitée :

VI.5.3.1 Le coût d'amortissement annuel :

$$C_{AA} = \frac{C_{TI}}{T}$$

Avec :

T : Durée d'amortissement t= 30 ans / t=6ans

Tableau VI.12 : Le coût d'amortissement annuel

Horizon	2030	2054
C _{AA} (DA)	20085292,61	25735686,73

VI.5.3.2 Coût annuel de la station :

$$C_{Ts} = C_{AA} + C_{FT}$$

Tableau VI.13: coût annuel d la station

Horizon	2030	2054
C _{Ts} (DA)	38162055,96	52758157,79

VI.5.4 Calcul du prix du m3 d'eau épurée :

Le volume total annuel d'eau épurée pour les deux horizons est :

Horizon	2030	2054
Q _{epu} (m ³ /j)	10318,055	16641,631
V _{an} (m ³)	3766089,966	6074195,302

On calcul donc le cout d'un mètre cube par : $C_e = \frac{C_{Ts}}{V_{an}}$

Tableau VI .14 : Prix du m³ d'eau épuré

Horizon	2030	2054
C _e (DA)	10,133	8,686

Soit le récapitulatif de toutes les résultats dans le tableau suivant :

Tableau VI.15 : Récapitulatif (estimation du coût du projet)

Etape	Unité	Cout	
		2030	2054
-	-	2030	2054
Coût d'investissement			
Coût de terrassement	DA	2594558,403	4128925,192
Coût total du béton armé	DA	66269301,98	98813821,71
Coût total de génie civil	DA	68863860,383	102942746,905
Coût des VRD	DA	17215965,1	25735686,73
Coût des équipements électromécaniques et électriques	DA	34431930,19	51471373,45
Coût total des investissements de station	DA	120511755,670	180149807,084
Coût de fonctionnement			
Coût de main d'œuvre	DA	6025587,783	9007490,354
Coût de renouvellement du matériel électromécanique	DA	6025587,783	9007490,354
Coût des frais financiers	DA	6025587,783	9007490,354
Coût de fonctionnement total	DA	18076763,35	27022471,06
Coût d'amortissement	DA	20085292,61	25735686,73
Coût total de la station	DA	38162055,96	52758157,79
Coût de m ³ d'eau épurée	DA	10,133	8,686

VI.6 : Conclusion :

Une organisation de chantier bien pensée et rigoureusement mise en œuvre est la clé pour atteindre les objectifs du projet tout en minimisant les risques et les perturbations. C'est un processus dynamique qui nécessite une attention constante et une gestion proactive pour garantir des résultats optimaux.

PARTIE III :
ETUDE DE REUTILISATION
DES EAUX USEES EPUREES
CHAPITRE VII:
RESSOURCES EN SOL ET
RESSOURCES EN EAU

Partie III : Etude de réutilisation des eaux usées épurées

Chapitre VII : Ressources en sol et ressources en eau

VII .1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons détailler la zone d'étude, en mettant en lumière ses ressources en eau et la qualité de ses eaux. Ces éléments sont cruciaux pour évaluer les besoins en eau et pour dimensionner le réseau de distribution de manière appropriée.

VII.2 Présentation du zone d'étude :

Notre zone d'étude couvre cinq communes de la daïra de Sidi Aïch :

Tinbedhar : Avec une superficie de 1 661 ha, située à l'ouest de Sidi Aïch, elle est alimentée par le barrage de Tichy-Haf. La superficie agricole totale est de 1 581 ha.

Tifra : La plus grande commune en termes de superficie, couvrant 3 884 ha, se trouve à proximité de Sidi Aïch et est également alimentée par le barrage de Tichy-Haf. La superficie agricole totale est de 2 952 ha.

Sidi Ayad : Avec une superficie de 906 ha, située à l'est de Sidi Aïch, elle est alimentée par le barrage de Tichy-Haf. La superficie agricole totale est de 845 ha.

Sidi Aïch : Située le long de la route nationale N26, elle a une superficie de 770 ha et est alimentée par le barrage de Tichy-Haf. La superficie agricole totale est de 461 ha.

Leflaye : Située au sud de Sidi Aïch, avec une superficie de 948 ha, elle est alimentée par le barrage de Tichy-Haf. La superficie agricole totale est de 868 ha.

En outre, la commune de Remila, située sur la route nationale N26, à la suite de Sidi Aïch, possède une superficie de 30 ha pouvant être irrigués.

VII.3 Ressource en eau et Qualité des eaux d'irrigation :

VII.3.1 Ressource en eau :

L'alimentation de la daïra de Sidi Aïch est assurée par le barrage de tichy – haf qui situé dans le village de Mahfouda, commune de Bouhamza sur le territoire des Aït Aïdel, dans la wilaya de Bejaïa

VII.3.2 Irrigation actuelle :

L'irrigation des fins agricole dans la daïra de sidi aich basée sur les forages et puits, le barrage n'est pas utilisé pour l'irrigation comme la commune de sidi aich elle possède de 6 forages et 25 puits

VII.3.3 Les cultures mise en place :

Avant d'évaluer les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est nécessaire de définir d'abord l'occupation et la répartition des cultures dans le périmètre, en prenant en compte les diverses contraintes climatiques, sociales et agro pédologiques.

La production agricole au sein de la daïra de Sidi Aïch est dominée par l'arboriculture, les agrumes et les céréales. Les tableaux ci-joints présentent les détails concernant les cultures pérennes et les cultures herbacées.

VII.3.4 Qualité des eaux d'irrigation :

Tableau VII. 1 : Repartition des cultures

Culture	céréale	olivier	maraichères	Agrume	figuiers	Fourragères	Culture fruitières
	d'hiver					Naturelle	
commune	Surface (ha)						
Sidi Aich	-	139,38	18,50	3	5,00	9	12,32
Tinbedhar	2	707,20	13,50	-	5,00	7	5,70
Tifra	-	248,68	8,00	-	7,00	7	12,55
Sidi Ayad	1	480,77	9,00	2	13,00	11	13,00
Leflaye	8	422,58	5,50	6	2,00	11	9,00
Totale	11	1998,61	54,50	11	32,00	45	52,57

Source D.S.A

Selon Hiscock et al. (1991), la qualité chimique naturelle des eaux est principalement influencée par leur origine, la nature des alluvions et des roches qui les contiennent, ainsi que par les conditions physico-chimiques spécifiques du milieu, et parfois par des activités humaines telles que l'agriculture ou l'industrie. La qualité de l'eau est déterminée par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais aussi par son utilisation ; par exemple, une eau impropre à la consommation peut être adéquate pour l'irrigation ou la pisciculture.

On distingue 5 critères essentiels parmi les caractéristiques physicochimiques d'évaluation d'une qualité des eaux d'irrigation qui sont :

- SALINITÉ : contenu total en sel soluble.
- SODIUM : proportion relative des cations sodium (Na⁺) par rapport aux autres.
- ALCALINITÉ et DURETÉ : concentration d'anions Carbonate (CO₃ et bicarbonate. (HCO₃) en relation avec la concentration en calcium (Ca²⁺) et en magnésium (Mg).
- PH DE L'EAU D'IRRIGATION.
- AUTRES ÉLÉMENTS.

Les deux premiers critères sont essentiels, car un excès de sel augmente la pression osmotique de l'eau du sol, créant des conditions qui empêchent les racines d'absorber l'eau, entraînant ainsi une sécheresse physiologique. Même si le sol semble humide, les plantes se flétrissent car les racines n'absorbent pas suffisamment d'eau pour compenser celle perdue par évapotranspiration. [17]

➤ Salinité

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau sont le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺), le sodium (Na⁺), le potassium (K⁺), les chlorures (Cl⁻), les sulfates (SO₄²⁻) et les bicarbonates (HCO₃⁻). Une salinité élevée signifie une grande quantité d'ions en solution, rendant l'absorption de l'eau et des nutriments plus difficile pour la plante. Une salinité excessive peut causer des brûlures racinaires. La salinité peut être mesurée de deux façons : par les matières dissoutes totales (MDT) en mg/L ou, plus couramment, par la conductivité électrique exprimée en millisiemens par centimètre (mS/cm)

Tableau VII. 2 : Classification des eaux d'irrigation proposée par (USDA)

Nomination	classe	Interprétation
C1	< 0,25 dS/m	Risque faible
C2	0,25 dS/m à 0,75 dS/m	Risque moyen
C3	0,75 S/m à 2,25 dS/m	Risque élevé
C4	2,250 dS/m à 5 dS/m	Risque très élevé
C5	>5 dS/m	Non utilisable en irrigation

(Harivandi, 1999).

➤ Sodium

Le sodium est particulièrement indésirable dans l'eau d'irrigation. Il provient de l'altération des roches et du sol, des intrusions d'eau de mer, des eaux traitées et des systèmes d'irrigation. Le sodium affecte la perméabilité du sol et l'infiltration de l'eau en remplaçant le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile, provoquant la dispersion des particules du sol. Cela entraîne un sol dur et compact lorsqu'il est sec et imperméable à l'eau. De plus, le sodium contribue à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour certaines cultures sensibles.

➤ Alcalinité et dureté

L'alcalinité et la dureté sont liées au risque de colmatage du système goutte-à-goutte. La dureté se réfère à la quantité de calcium et de magnésium dans l'eau, provenant de l'altération des roches. L'alcalinité mesure la capacité de l'eau à neutraliser les acides, souvent liée à la présence de bicarbonates ou de carbonates. Une eau riche en calcium et en magnésium possède généralement une alcalinité élevée. Les bicarbonates de calcium et de magnésium peuvent précipiter et obstruer les goutteurs, surtout si le pH ou la température de l'eau change. Pour prévenir ce colmatage, il est recommandé de maintenir le pH de l'eau en dessous de 7 et de réaliser des traitements périodiques avec de l'acide nitrique ou sulfurique.

Le SAR est défini par l'équation suivante :

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

Cet indice mesure la concentration relative du sodium par rapport au calcium et au magnésium (méq/l).

Tableau VII.3 : Classement de la qualité de l'eau en fonction du danger d'alcalinisation du sol (SAR)

Nom de classe	classe	Interprétation
S1	0 < SAR <10 bas taux de sodium	Eaux utilisables pour l'irrigation de presque tous les sols. Danger d'alcalinisation réduit, bien que certaines cultures sensibles au sodium puissent être gênées

S2	10 < SAR < 18 taux moyen de sodium	Le danger d'alcalinisation des sols est appréciable dans les sols à textures fine et à forte capacité d'échange, surtout dans la condition de faible lessivage. Eau utilisable sur les sols de texture grossière, ou sur les sols organiques ayant une bonne perméabilité
S3	18 < SAR < 26 haut taux de sodium	Eaux pouvant provoquer l'apparition d'une alcalinité dangereuse dans la plupart des sols, à l'exception des sols pauvres en argile. Emploi exigeant la mise en œuvre d'un aménagement spécial assurant un bon drainage et fort lessivage. L'addition de matière organique, d'amendements chimiques est souvent nécessaire.
S4	SAR > 26 très haut taux de sodium	Eaux souvent inutilisables pour l'irrigation, présentant un fort danger d'alcalinisation. Ces eaux sont utilisées pour l'irrigation, seulement si leur salinité permet l'addition de calcium ou si le sol en contient suffisamment.

Source : Durand (1982)

Pour un SAR et PH élevée signifie une forte teneur en carbonate et bicarbonate

- **Carbonates de sodium résiduel (RSC)**

Le RSC se calcule grâce à l'équation suivante :

$$RSC = (CO_3^- + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Tableau VII. 4 : Niveau du risque dû au carbonate de sodium résiduel (SMEDEMA&RYCROFT, 1983)

Niveau de risque	Nul	Leger a modérée	Sévère
RSC (meq/l)	<1,25	1,25-2,5	>2,5

En présence de carbonates, le SAR devient insuffisant pour déterminer les risques d'alcalinisation, pour cela on doit déterminer le SAR ajusté (RYCROFT, 1983) :

$$SAR \text{ ajusté} = SAR \times [1 + (8,4 - PH_c)]$$

PH_c : c'est le pH théorique d'une eau d'irrigation en équilibre avec de la calcite.

$$H_c = (PK^2 - PK^c) - P(Ca + Mg) + p(Alk)$$

PK^2 : c'est le log négatif de la deuxième constante de dissociation de l'eau

PK^c : c'est le produit de solubilité de $CaCO_3$

$P(Ca+Mg)$: C'est le log négatif de la concentration de Ca et Mg

$p(Alk)$: c'est le log négatif de la concentration en ions carbonates et bicarbonates dans l'eau.

Avec :

Tableau VII. 5 : Indication de l'état de $CaCO_3$ par rapport au SAR

$PH_c > 8,4$	$SAR \text{ ajusté} < SAR$	L'eau a tendance de dissoudre le $CaCO_3$ du sol
$PH_c < 8,4$	$SAR \text{ ajusté} > SAR$	L'eau a tendance de précipité le $CaCO_3$

Source : (SMEDEMA&RYCROFT, 1983)

➤ PH de l'eau d'irrigation

Le pH mesure la concentration en ions hydrogène (H^+) de la solution. Un pH entre 5,5 et 6,5 est idéal pour la solubilité des microéléments dans l'eau d'irrigation.

➤ Autres éléments

Certaines substances dans l'eau d'irrigation peuvent être toxiques pour les plantes. Par exemple, des concentrations élevées de bore, de sodium et de chlorure peuvent être problématiques. Les excès de bore, souvent associés à des puits profonds, peuvent être toxiques pour des cultures sensibles. Les chlorures en excès peuvent causer des dommages, surtout lors de l'irrigation par aspersion. Le fer, bien que nécessaire aux plantes, peut colmater les émetteurs s'il précipite sous forme d'hydroxyde de fer insoluble. Pour éviter ce colmatage, l'eau peut être aérée ou traitée avec du chlore avant d'entrer dans le système d'irrigation.

VII.3.5 Méthode d'évaluation de la qualité des eaux d'irrigation :

➤ Tableau des Directives de la FAO

La FAO, et suite aux travaux de AYERS et WESTCOT ; (1988), a mis des directives permettant d'évaluer la qualité de l'eau d'irrigation.

Elles constituent une première étape pour détecter les restrictions dues à une eau d'irrigation, elles mettent l'accent sur l'influence, à long terme, de la qualité de l'eau d'irrigation sur la dégradation des sols et la production des cultures.

Le tableau 2 est un instrument de gestion, comme beaucoup d'outils de ce type en agriculture. Il constitue, selon la FAO, une première étape dans la détermination des limites de qualité d'une ressource en eau en agriculture (BRADAÏ, 2017).

Tableau 4 : Les directives pour l'interprétation d'une eau d'irrigation selon la FAO, (1988) (AYERS et WESTCOT, 1988).

Tableau VII. 6: Les directives pour l'interprétation d'une eau d'irrigation selon la FAO(1988) (AYERS et WESTCOT, 1988).

Nature de problème	unité	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère a modère	Forte
Salinité influe sur L'eau disponible pour la plante				
CE	ds/m	< 0,7	0,7-3	>3
TDS	mg/l	< 450	450-2000	>2000
L'infiltration: influe sur la vitesse de l'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CE et SAR				
SAR=0-3 et CE =	ds/m	>0,7	0,7-0,2	<0,2
SAR=3-6 et CE =	ds/m	>1,2	1,3-0,3	<0,3

SAR=6-12 et CE =	ds/m	>1,9	1,9-0,5	<0,5
SAR= 12-20 et CE =	ds/m	>2,9	2,9-1,3	<1,3
SAR= 20-40 et CE =	ds/m	>5	5-2,9	<2,9
Toxicité de certains ions : affectent les cultures sensible				
Sodium (Na):				
Irrigation de surface	SAR	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion	meq/l	<3	>3	>9
Chlore (Cl) :				
Irrigation de surface	meq/l	<4	4-10	>10
Irrigation par aspersion	meq/l	<3	>3	
Bore (B)	meq/l	<0,7	0,7-3	>3
Elément trace	Concentration maximale d'éléments a l'état recommandés pour les eaux d'irrigations			
Effet divers : affectent les cultures sensibles				
Azote (NO ₃ -N)*	meq/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO ₃) Pour aspersion sur frondaison	meq/l	<1,5	1,5-8,5	>8,5
PH		Zone normale 6,5-8,4		

➤ Diagramme de RIVERSAID

Les classes des eaux d'irrigation (C1S1, C5S4) correspondent, dans le diagramme de Riverside au SAR (en ordonnées par la lettre S) et à la conductivité (en abscisses par la lettre C). Ainsi la classe C1S1 (coin bas à gauche) est considérée comme excellente car elle correspond à des valeurs minimales du SAR et de la conductivité ; en revanche, la classe C5S4 (coin haut à droite) est la plus mauvaise, car les valeurs du SAR et de la conductivité sont à leur maximum.

Les classes du diagramme de Riverside et leurs interprétations, sont résumées et présentés respectivement dans tableaux suivant.

Tableau VII. 7 : Interprétation des classes du diagramme de RIVERSIDE

CLASSES	Interprétation des classes
C1S1	Eau présentant une bonne qualité pour l'irrigation, utilisable avec précautions pour les plantes sensibles
C1S2-C2S1	Eau de qualité bonne à moyenne a utilisé avec précaution pour les sols mal drainés et pour les plantes sensibles.
C3S1- C2S2- C1S3-	Qualité moyenne à médiocre a utilisé avec précaution ; nécessite un drainage avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C4S1- C3S2- C2S3- C1S4	Eau de qualité médiocre à mauvaise, utilisée avec précaution pour les sols lourds et les plantes sensible, l'emploi pour les sols légers et bien drainés nécessite une dose de lessivage et/ou apport de gypse.
C5S1- C4S2- C3S3- C2S4	Eau de qualité très mauvaise, utilisé que pour les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistante avec nécessité des doses de lessivage et/ou apport de gypse.
C5S2- C4S3- C3S4	Qualité très mauvaise a n'utilisé que pour les circonstances exceptionnelles.
C5S3- C4S4- C5S4	Eau déconseillée pour l'irrigation

Source : (CLEMANT et GALAND, 1979)

➤ **Diagramme de WILCOX :**

D'après (SEDRATI, 2011), La classification de (WILCOX, 1948), est fondée sur la conductivité électrique (CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$) en abscisse et la teneur en sodium dans l'eau qui est exprimée en pourcentage en ordonnées :

$$Na \% = \left[\frac{Na + K}{Ca + Mg + Na + K} \right] \times 100$$

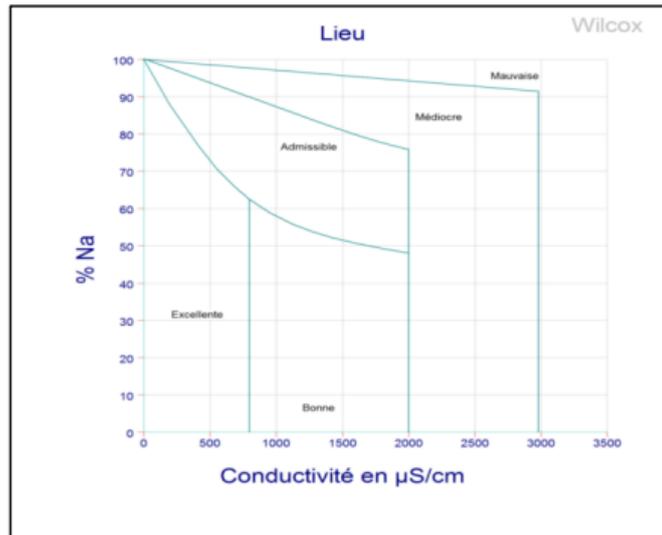


Figure VII.1 : Diagramme de wilcox

A l'issue de la classification de Wilcox, cinq classes pourront être attribuées à une eau d'irrigation; excellente, bonne, admissible, médiocre et mauvaise.

VII.3.6 Caractéristique des eaux d'irrigation :

Puisque la station n'a pas encore réalisé un traitement tertiaire dont c'est pas possible d'avoir des données précises, donc on passe à des estimations préliminaires basées sur des hypothèses générales en prenant compte des incertitudes de la planification pour assurer la viabilité de projet d'irrigation.

➤ L'efficacité du traitement de la station d'épuration :

La station n'a pas encore de traitement tertiaire, c'est pourquoi je propose d'installer un traitement tertiaire utilisant des modules de lampes UV à émission monochromatique de 254 nm à basse pression, parallèles à l'axe d'un canal ouvert, qui sont efficaces pour la désinfection et le traitement de l'eau. En particulier :

- Ces lampes UV sont très efficaces pour la désinfection de l'eau. La longueur d'onde de 254 nm est particulièrement performante pour détruire les micro-organismes pathogènes tels que les bactéries, les virus et les protozoaires, en endommageant leur ADN ou ARN, ce qui réduit le risque de maladies hydriques.
- Elles permettent également l'inactivation de certains polluants organiques, comme les produits pharmaceutiques et les produits chimiques organiques, contribuant ainsi à la décontamination des eaux usées.

- Étant donné que ces lampes UV émettent principalement à une seule longueur d'onde (254 nm), l'énergie lumineuse est concentrée sur une bande étroite du spectre. Cela permet une désinfection ciblée et efficace tout en minimisant l'exposition à des longueurs d'onde inutiles.

Il est essentiel de mettre en place un programme de surveillance de la qualité de l'eau épurée tout au long du processus d'irrigation pour garantir que les hypothèses formulées concernant l'efficacité de la station d'épuration sont valides.

Objectif : S'assurer que l'eau épurée utilisée pour l'irrigation respecte les normes de qualité et ne présente pas de risques pour les cultures, l'environnement ou la santé publique

➤ **Les exigences de qualité de l'eau pour l'irrigation des cultures proposés :**

Voici quelque exigence générale de qualité de l'eau d'irrigation pour les cultures qu'on propose

Tableau VII.8 : exigence de qualités des cultures proposés

Culture	PH	CE (ds/m)	Teneur en sel
Agrume	6-7	1,5	Faible (sensible)
Vigne	5,5-7,5	2,5	modérément tolérante

VII.3.7 Etude hydrologique :

➤ **Choix de la station :**

Les données pluviométriques proviennent de la station la plus proche, celle de Sidi Aich avec les coordonnées suivants :

Tableau VII. 9 : Coordonnées de la station

Code station : 151001
Nom de station : SIDI AICH
X: 677,5
Y: 369,35
Z: 16

➤ **Collecte des données :**

Les données obtenues suivantes sont les précipitations totales mensuelles de l'intervalle 2007 à 2021 :

Tableau VII. 10 : Les précipitation total mensuelles de l'intervalle 2007 - 2021

mois /an	sep	oct	nov	déc	janv	fev	mar	avri	mai	juin	juil	aout	Anue lle
2007	20,90	57,300	46,300	15,200	12,500	12,30	55,90	29,20	14,20	13,40	0,000	0,000	277,200
2008	17,30	22,200	29,500	19,100	30,000	11,60	45,40	22,10	16,40	16,40	4,700	9,400	244,100
2009	11,50	13,700	22,800	16,600	26,800	10,90	31,30	10,60	16,00	16,00	0,000	5,000	181,200
2010	3,50	22,400	33,400	13,900	5,300	34,30	28,70	25,10	24,20	24,20	0,000	0,000	215,000
2011	6,50	8,500	53,700	24,300	25,100	16,80	13,10	24,10	8,70	8,70	8,200	1,200	198,900
2012	3,60	13,800	16,800	8,100	37,400	19,90	25,40	23,10	23,50	23,50	2,600	22,400	220,100
2013	33,50	11,100	16,400	11,200	19,400	14,90	66,80	7,40	8,70	8,70	0,000	0,000	198,100
2014	13,40	0,000	6,200	44,000	32,500	52,00	16,80	1,20	12,50	12,50	0,000	0,000	191,100
2015	7,40	9,800	14,100	0,000	9,300	7,60	39,20	17,50	34,40	34,40	1,400	0,000	175,100
2016	15,20	7,200	25,500	31,500	27,300	36,70	9,20	21,50	0,00	0,00	0,000	0,000	174,100
2017	23,10	9,900	17,600	41,900	17,700	9,70	57,10	26,60	18,70	18,70	0,000	0,000	241,000
2018	34,70	28,700	16,800	13,800	84,500	28,30	30,30	14,60	9,30	9,30	0,000	0,000	270,300
2019	27,20	0,000	51,100	0,000	1,400	0,00	11,80	21,30	0,00	0,00	0,800	5,600	119,200

2020	8,90	13,00	13,00	33,40	15,90	2,90	24,70	11,60	13,40	13,40	0,00	3,20	153,40
2021	15,20	13,70	33,60	11,20	3,30	11,20	19,30	32,30	3,60	3,60	0,00	0,00	147,00

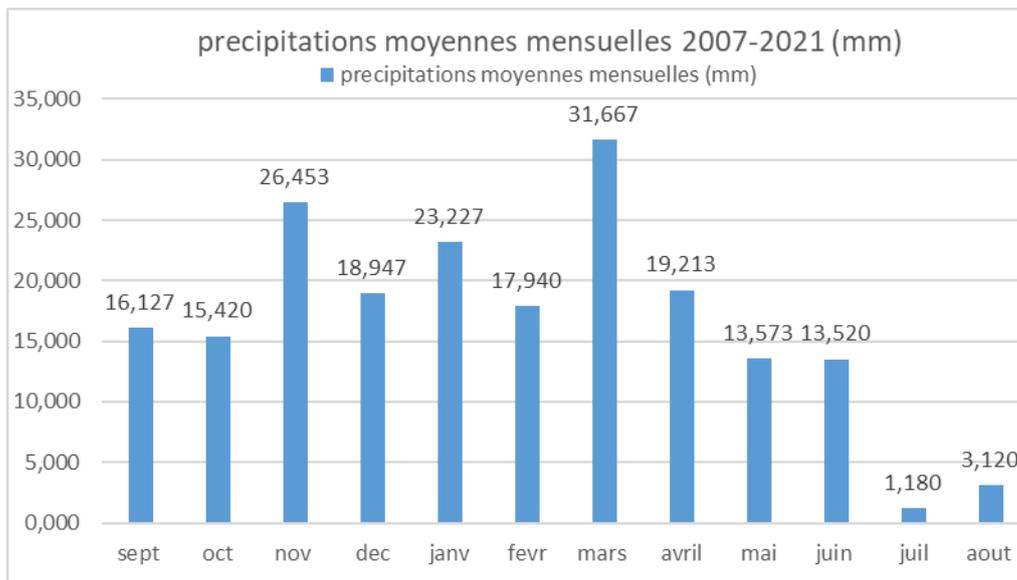


Figure VII. 2 : Précipitations moyennes mensuelles 2007-2021

Par l'analyse de l'histogramme ci-dessus on trouve que :

- La période pluvieuse est entre le mois de novembre et mars
- La période sèche est entre mai et octobre, mais les mois qui sont totalement sèche sont juillet et aout
- La moyenne annuelle est de 200,387 mm

➤ **Étude d'homogénéité :**

Test Wilcoxon : Ce test évalue l'homogénéité d'une série de données pluviométriques sans avoir besoin d'une autre série homogène d'une station voisine. La méthode consiste à diviser la série en deux sous-séries, x et y, où $N_2 > N_1$, puis à combiner la série x avec la série y après avoir classé les données par ordre croissant et attribué des rangs aux valeurs. La série est considérée homogène avec une probabilité de 95 % si une relation spécifique est vérifiée.

$$W_{min} < W_x < W_{max}$$

Avec :

$$W_x = |Rang_x|$$

$$Et : W_{min} = \frac{(N_1 + N_2 + 1)N_1 - 1}{2} - 1,96 \sqrt{\frac{N_1 N_2 \times (N_1 + N_2 + 1)}{12}}$$

$$W_{max} = (N_1 + N_2 + 1)N_1 - W_{min}$$

Tableau VII. 11 : Test de Wilcoxon

série Y	série X	XUY croissant	Rang	série d'origine
277,200	241,000	119,20	1	X
244,100	270,300	147,00	2	X
181,200	119,200	153,40	3	X
215,000	153,400	174,10	4	Y
198,900	147,000	175,10	5	Y
220,100		181,20	6	Y
198,100		191,10	7	Y
191,100		198,10	8	Y
175,100		198,90	9	Y
174,100		215,00	10	Y
		220,10	11	Y
		241,00	12	X
		244,10	13	Y
		270,30	14	X
		277,20	15	Y

Tableau VII. 12 test Wilcoxon (suite)

N1	N2	Wmin	Wx	Wmax
5,000	10,000	23,497	32,000	56,503

$$W_{min} < W_x < W_{max} \rightarrow 23,497 < 32 < 56,503$$

La condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyen annuelles de la station de Sidi aich est homogène à seuil de $(1-\alpha)$ avec $\alpha=0.05$. Intervalle de confiance : 95%.

➤ **Ajustement statistiques des pluies :**

Les séries pluviométriques peuvent être modélisées par diverses lois statistiques. Pour notre projet, nous utilisons la loi normale

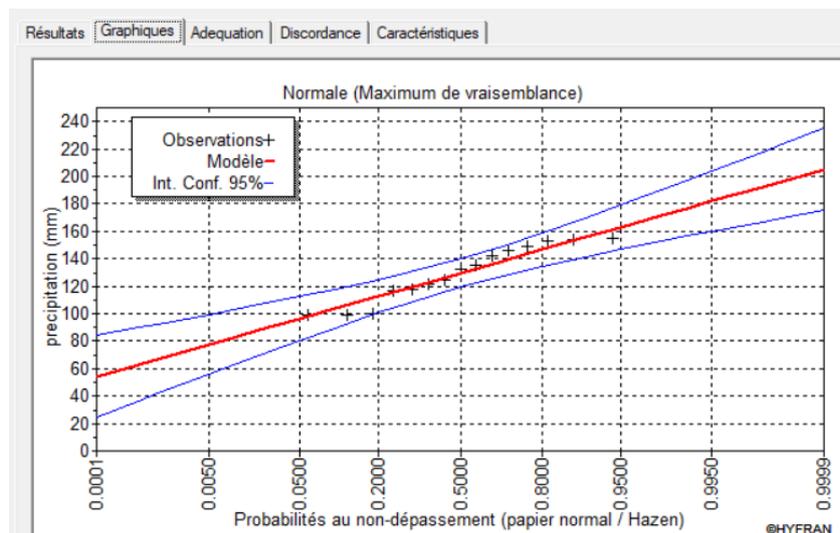


Figure VII. 3 : Graphe d'ajustement statistique par loi normal

VII.4 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons déterminé les caractéristiques du sol du périmètre à irriguer avec les eaux épurées de notre station, ce qui nous aidera en partie à identifier les types de cultures appropriés pour ce sol. Ensuite, nous avons évalué la qualité de l'eau d'irrigation et réalisé une étude hydrologique de la zone, des étapes indispensables dans l'étude d'irrigation.

CHAPITRE VIII :
CALCUL DES BESOINS EN EAU
DES CULTURES

Chapitre VIII : Calcul des besoins en eau des cultures

VIII.1 Introduction :

Calculer les besoins en eau des cultures est essentiel pour une gestion agricole efficace et la préservation des ressources en eau. Ce chapitre explore en détail les méthodes et les paramètres nécessaires pour déterminer ces besoins, soulignant l'importance de cette démarche pour la sécurité alimentaire, la gestion durable des ressources hydriques, et la lutte contre les effets du changement climatique sur l'agriculture.

VIII.2 Détermination l'année de calcul :

Étant donné que la loi normale est la plus appropriée, nous l'utilisons pour estimer la pluviométrie moyenne mensuelle représentative de la région.

Tableau VIII. 1: Données de HYFRAN

T (Ans)	q	Xt	Intervalle de confiance
5	0,8	147	135-159
2	0,5	130	119-140
1,25	0,2	113	101-125

La probabilité pour laquelle on assure l'irrigation est donnée souvent pour la fréquence 80 %

$$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{moy \text{ de chaque mois}} \times \frac{P_{theorique\ 80\% \text{ annuelle}}}{P_{theorique\ 50\% \text{ annuelle}}}$$

Par le tableau ci-dessus on tire :

$P_{\text{théorique 80\% annuelle}} = 113 \text{ mm}$ et $P_{\text{théorique 50\% annuelle}} = 130 \text{ mm}$

$P_{\text{théorique 20\% annuelle}} = 147 \text{ mm}$

$$P_{moy\ 80\% \text{ de chaque mois}} = \frac{113}{130} \times P_{moy \text{ de chaque mois}} = 0,87 \times P_{moy \text{ de chaque mois}}$$

Pour le calcul des pluies mensuelle, on suit :

Tableau VIII. 2: Calcul des pluies mensuelles pour l'année sèche (F=80%)

mois	sep	oct	nov	déc	janv	févr	mars	avril	mai	juin	juil	aou
P_{moy} (mm/mois)	16	15,4	26,4	18,9	23,2	17,9	31,7	19,2	13,5	13,5	1,1	3,1
$P_{moy80\%}$ (mm/mos)	14	13,4	23,0	16,5	20,2	15,6	27,6	16,7	11,8	11,8	1,0	2,7

VIII.3 La Pluie efficace :

La pluie efficace correspond à la part des précipitations qui répond véritablement aux besoins en évapotranspiration des cultures, après avoir soustrait les pertes dues au ruissellement de surface et à la percolation en profondeur, entre autres. Pour estimer ces pertes, on peut utiliser l'une des quatre méthodes proposées par CROPWAT. Dans ce cas, la méthode des Pourcentages fixes a été choisie

- **Méthode de Pourcentage fixe des précipitations :**

La précipitation efficace est calculée selon la formule suivante :

$$P_{eff} = a \times P_{Tot}$$

Ou a est la fraction définie par l'utilisateur pour tenir compte des pertes par ruissellement et percolation profonde. En général, ces pertes varient entre 10 et 30%, ce qui correspond à une valeur de a comprise entre 0,7 et 0,9.

En général, l'efficacité d'une précipitation diminue lorsque son volume augmente. Dans la plupart des cas, lorsque les précipitations sont inférieures à 100 mm/mois, l'efficacité est approximativement de 80%. C'est pourquoi nous optons pour la méthode du pourcentage fixe des précipitations, en prenant : $a = 0,8$

Les valeurs moyennes mensuelles de p_{eff} Obtenues selon cette méthode sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau VIII. 3: Pluies efficaces

mois	sept	oct	nov	dec	janv	fevr	mar	avril	mai	juin	juil	aout
P _{moy 80 %} (mm/mois)	14	13,4	23,0	16,5	20,2	15,6	27,5	16,7	11,8	11,8	1,03	2,71
P _{eff} (mm/mois)	11,2	10,7	18,4	13,2	16,2	12,5	22,0	13,4	9,45	9,41	0,82	2,17

VIII.4 L'évapotranspiration :

L'évapotranspiration désigne la quantité d'eau qui se transforme en vapeur à partir d'une surface végétalisée. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et par unité de temps, soit en m³/ha/jour, m³/ha/mois ou m³/ha/an. Elle peut également être exprimée en mm/jour, mois ou an.

On distingue deux types d'évapotranspiration : l'évapotranspiration de référence (ET0) et l'évapotranspiration réelle (ETM).

VIII.4.1 Évapotranspiration de Référence (ET0) :

L'évapotranspiration de référence, définie par Penman en 1956, représente la quantité d'eau transpirée par unité de temps par une végétation basse et dense, de hauteur uniforme et sans déficit hydrique.

VIII.4.2 Évapotranspiration Réelle (ETM) :

Pendant une période déterminée (jour, mois, cycle végétatif complet), chaque parcelle perd une certaine quantité d'eau par transpiration et évaporation directe, appelée évapotranspiration réelle (ETR). Cette valeur peut être inférieure ou égale à l'ET0 selon les conditions présentes.

$$ETM = ET0 \times K_C$$

Où :

ET0 est l'évapotranspiration de référence.

K_c est le coefficient cultural, dépendant du type de culture et de son état végétatif.

VIII.4.3 Calcul de l'Évapotranspiration de Référence :

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est effectué à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, basé sur la méthode de Penman-Monteith modifiée et recommandée par la FAO lors d'une consultation d'experts tenue à Rome en mai 1990.

Pour utiliser ce logiciel, il est nécessaire de fournir les données climatiques mensuelles de la station météorologique, à savoir :

- Les températures moyennes en °C
- L'humidité relative de l'air en %
- L'insolation journalière en heures
- La vitesse du vent en m/s

Les résultats de l'évapotranspiration de référence (ET₀) calculés à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau VIII. 4 : Evapotranspiration potentiel journalière calculée par le logiciel CROPWAT

Pays : Algérie				Station : Sidi aich			
Altitude : 196 m		Latitude : 36 °N		Longitude : 4 °E			
Mois	T min (°C)	T max (°C)	Humidité %	Vent Km/j	Insolation Heur	Radiation Mj/m ² /j	ET ₀ mm/j
Janvier	7,8	16,7	75	3	5,3	9,2	0,87
Février	7,2	17,1	77	3	5,9	11,9	1,29
Mars	9,4	19,3	77	3	7,4	16,5	2,15
Avril	10,7	20,4	78	3	8,1	20,1	2,92
Mai	14,6	23,4	78	3	9,1	23	3,73
Juin	18,4	27,2	77	3	10,1	25	4,47
Juillet	20,8	29,2	73	3	11,1	26,1	4,84
Aout	22,4	30,2	76	3	9,6	22,6	4,38
Septembre	19,4	28,1	75	3	7	16,8	3,07
Octobre	16,3	25,4	74	3	6,2	12,9	2,06
Novembre	12,2	21,1	76	3	5,4	9,7	1,21
Décembre	10,1	18	76	3	4,6	7,9	0,81

VIII.4.4 Choix des cultures :

Le choix des cultures à mettre en place doit prendre en compte plusieurs critères essentiels pour garantir une production agricole durable, rentable et respectueuse de l'environnement. Parmi ces critères, on trouve :

- Adaptation aux conditions climatiques et pédologiques
- La qualité et la disponibilité de l'eau d'irrigation.
- Acceptabilité sociale et adéquation avec la culture locale : Les cultures choisies doivent correspondre aux pratiques agricoles locales, aux traditions culturelles et alimentaires, ainsi qu'aux attentes des communautés locales.
- Potentiel de rendement et viabilité économique

Je propose donc d'adopter les cultures arboricoles suivantes: les agrumes et la vigne pour l'étude. Deviser dans des parcelles pour un périmètre total de : 73,55 ha

Tableau VIII. 5 : Description des parcelles d'irrigations

Code Parcelle	Type de culture	Propriétaire	Distance entre step et le terrain à irreguer (ml)	Surface à irreguer (ha)
P1	Arboriculture	terrain privé	1100	16,45
P2	Arboriculture	terrain privé	1100	19,6
P3	Arboriculture	Exploitation Agricole Individuelle (EAI)	250	4,74
P4	Arboriculture	Exploitation Agricole collectif (EAC)	450	4,03
P5	Arboriculture	Exploitation Agricole collectif (EAC)	370	6,2
P6	Arboriculture	terrain privé	710	7,6
P7	Arboriculture	terrain privé	970	7,7
P8	Arboriculture	terrain privé	1185	7,23

VIII.5 Calcul des besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau d'irrigation sont déterminés à partir du bilan hydrique suivant :

$$B_{net} = ETM - (P_{eff} - RFU n - 1)$$

Où :

Besoin net (Bnet) : est le volume apportés aux plantes exprimés en mm ou en m³/ha

Dont le calcul de RFU ce fait comme suit :

On a
$$RU = (Hcc - Hpf) \times Da \times Z$$

Avec:

Hcc : Humidité a la capacité au champ (%)

Hpf : Humidité au point de flétrissement (%)

Da : Densité apparente

Z : Profondeur d'enracinement (mm)

on trouve :
$$RFU = RU \times Y$$

Avec :

Y : Le degré de tarissement admissible pour les cultures

$Y = \frac{2}{3}$ pour les cultures en générale

$Y = \frac{1}{3}$ pour les cultures sensibles

Puisque le sol de l'étude est argileux limoneux on déduit toutes les paramètres précédents selon le tableau suivant :

Tableau VIII. 6 : Les valeurs des paramètres de la RFU selon la texture du sol

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			RU volumétrique (mm)
	HCC	HPF	HCC-HPF	
Sableux	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	85 (70-100)
Sableux – Limoneux	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	120 (90-150)
Limoneux – Sableux	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	170 (140-190)
Limoneux- Argileux	27(25-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	190 (170-220)
Argileux - Limoneux	31 (27-35)	15 (13-17)	16(14-18)	210 (180-230)
Argileux	35 (31-39)	17(15-19)	18 (16-20)	230 (220-250)

Source : Reference bulletin FAO d'irrigation et drainage

Donc On aura : *Hcc* = 32 %, *Hpf*= 17 % et *Da* = 1,4

Après avoir calculer le besoin d'irrigation net, on calcule le besoin d'irrigation brute qui est Le volume apporté au cultures prenant compte de la quantité perdue (infiltration, évapotranspiration) qui dépend de l'efficience du système exprimée par :

$$B_{brut} = \frac{B_{net}}{EF}$$

Avec :

EF : Coefficient de l'efficience d'irrigation EF=0,75

VIII.5.1 Estimation des besoins en eau des agrumes :

Par l'utilisation de toutes les formules précédentes, On trouve les résultats affichés dans le tableau ci-dessous, sachant que la profondeur d'enracinement des agrumes est Z= 1,8 m.

TableauVIII.6 : Besoin en eau des agrumes

Tableau VIII. 7 : Besoin en eau des agrumes

Mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RFU théo	RFU reell	Bnet (mm)	Bbrut mm/ha
sept	16,13	11,22	92,01	0,75	69,01	1,8	252	0	57,78	77,04
oct	15,42	10,73	63,85	0,75	47,89	1,8	252	84	37,16	49,54
nov	26,45	18,41	36,32	0,75	27,24	1,8	252	126	-75,17	-100,23
dec	18,95	13,19	25,07	0,6	15,04	1,8	252	252	-124,14	-165,53
janv	23,23	16,17	26,96	0,66	17,79	1,8	252	252	-250,37	-333,83
fev	17,94	12,49	36,01	0,64	23,05	1,8	252	252	-241,44	-321,92

mars	31,6 7	22,0 4	66,58	0,68	45,27	1,8	252	252	- 228,7 7	- 305,0 2
avril	19,2 1	13,3 7	87,73	0,7	61,41	1,8	252	126	- 203,9 6	- 271,9 5
mai	13,5 7	9,45	115,56	0,71	82,05	1,8	252	84	- 53,40	- 71,20
juin	13,5 2	9,41	133,97	0,72	96,46	1,8	252	0	3,05	4,06
juil	1,18	0,82	150,06	0,72	108,04	1,8	252	0	107,2 2	142,9 6
aout	3,12	2,17	135,83	0,72	97,80	1,8	252	0	95,63	127,5 0

VIII.5.2 Estimation des besoins en eau de vigne :

Egalement par l'utilisation de toutes les formules précédentes, On trouve les résultats affichés dans le tableau ci-dessous, sachant que la profondeur d'enracinement des agrumes est $Z= 1,2$ m.

Tableau VIII. 8 : Besoin en eau de vigne

Mois	Pmy	peff (mm)	ET0 (mm/mois)	kc	ETM(mm/mois)	Z(m)	RF U théo	RF U reell	Bnet (mm)	Bbrut mm/ha
sept	16,1 3	11,2 2	92,01	0,6 5	59,81	1,2	168	0	48,58	64,78
oct	15,4 2	10,7 3	63,85	0,5	31,93	1,2	168	56	21,19	28,26
nov	26,4 5	18,4 1	36,32	0,3 5	12,71	1,2	168	84	-61,70	-82,27
dec	18,9 5	13,1 9	25,07	0,2	5,01	1,2	168	168	-92,17	- 122,9 0

janv	23,2 3	16,1 7	26,96	0,2	5,39	1,2	168	168	- 178,7 7	- 238,3 7
fev	17,9 4	12,4 9	36,01	0,2 5	9,00	1,2	168	168	- 171,4 8	- 228,6 4
mar s	31,6 7	22,0 4	66,58	0,3	19,97	1,2	168	168	- 170,0 7	- 226,7 5
avril	19,2 1	13,3 7	87,73	0,5	43,87	1,2	168	84	- 137,5 1	- 183,3 4
mai	13,5 7	9,45	115,56	0,7	80,89	1,2	168	56	-12,56	-16,74
juin	13,5 2	9,41	133,97	0,8	107,18	1,2	168	0	41,77	55,69
juil	1,18	0,82	150,06	0,8	120,05	1,2	168	0	119,2 3	158,9 7
aout	3,12	2,17	135,83	0,7 5	101,87	1,2	168	0	99,70	132,9 3

VIII.6 Calcul du Débit fictif :

Le débit fictif est le besoin en eau évalué par le besoin maximal de la culture prenant compte des paramètres d'irrigation tel que la durée d'irrigation ...etc. Exprimé par :

$$q_{fictif} = \frac{B_m \times 10^4}{T \times t \times 3600 \times K} \left(\frac{l}{s \cdot ha} \right)$$

Avec :

B_m : besoin d'irrigation net de mois de pointe (mm)

T : Temps d'irrigation par jour 22h/j

t : : Durée d'irrigation en jours 30 j

K : : Coefficient d'efficience globale du système d'irrigation = 0.75.

Donc on trouve :

Tableau VIII. 9 : Résultats

culture	Bm	q_{fictif} (l/s/ha)
agrume	107,22	0,60
vigne	119,23	0,67

Par cela on déduit que le débit spécifique qui est égale au maximum des débits fictifs

$$q_{sp} = 0,67 \frac{l}{s. ha}$$

VIII.7 Débit caractéristique :

c'est le débit quand doit assurer pour irriguer les périmètres agricoles de l'étude exprimé comme suit :

$$q_{car} = q_{sp} \times S$$

Avec :

q_{sp} : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

S: surface à irriguer $S = 73,55$ ha

Donc:
$$q_{car} = 0,67 \times 73,55 = 49,21 \text{ l/s}$$

Puisque $q_{car} < Q_{epuré}$ pour les deux horizons, donc on peut irriguer.

VIII.8 conduite de refoulement et station de pompage:

Pour irriguer toutes les parcelles mentionnées précédemment dans le tableau VIII.4.

Une station de pompage est prévue pour alimenter un réservoir (à dimensionner) destiné à approvisionner les zones élevées de la zone d'étude.

Le diamètre des conduites de refoulement et la station de pompage sont économiquement interdépendants. En effet, plus le diamètre de la conduite est réduit pour un débit donné, plus les pertes de charge augmentent, entraînant une consommation d'énergie accrue.

VIII.8.1 Adduction par refoulement :

Pour le calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement, on utilise la formule de BRESS (toutes les surfaces à irriguer sont \leq à 1 km) :

$$D = 1,5 \sqrt{Q}$$

Avec : Q : débit à élever en m³/s

➤ Calcul des pertes de charge :

– Pertes de charge linéaires :

Pour un tronçon spécifique, les pertes de charge linéaires sont influencées par les éléments suivants :

- Le diamètre D de la conduite en mètres (m) ;
- Le débit Q en mètres cubes par seconde (m³/s) ;
- La rugosité absolue K, exprimée en millimètres (mm) ;
- La longueur du tronçon L en mètres (m).

$$\Delta HL = \frac{8 \lambda L Q^2}{\pi^2 D^5}$$

Avec :

Q: Débit à élever en (m³/s).

ΔHL : Pertes de charge linéaires en (m)

D : diamètre de la conduite (m)

L : longueur de la conduite de refoulement

Le coefficient λ est obtenu par la formule de Nikuradzé suivante :

$$\lambda = \left(1,14 - 0,86 LN \frac{\varepsilon}{D}\right)^{-2}$$

ε : Rugosité absolue des tuyaux neufs, égale à 0,015 mm.

– Pertes de charge singulières :

Elles sont provoquées par les singularités des divers accessoires de la conduite (coudes, vannes, clapets, etc.) et sont estimées à 15 % des pertes de charge linéaires.

$$\Delta HS = 0,15 \Delta HL$$

– **Pertes de charge totales :**

$$\Delta HT = \Delta HL + \Delta HS \text{ (m)}$$

➤ **Calcul de la hauteur manométrique totale :**

La hauteur manométrique totale est la somme des deux pertes (linéaire, singulière) et de la hauteur géométrique.

$$HMT = Hg + \Delta HT \text{ (m)}$$

Avec :

Hg : la hauteur géométrique (m), $Hg = 162,83 - 85,73 = 77,1 \text{ m}$

➤ **Puissance absorbée par la pompe :**

C'est la puissance fournie à pompe, exprimé par :

$$P = \frac{g \times Q \times HMT}{\eta} \text{ (KW)}$$

Avec :

η : rendement de la pompe en (%) ($\eta = 82\%$)

Q : débit refoulé par la pompe en (m^3/s)

g: pesanteur (9.81 m/s^2)

➤ **Energie consommée par la pompe :**

$$E = P \times t \times 365 \text{ (KWh)}$$

Avec :

P : Puissance absorbée par la pompe (kW)

t: t le temps de pompage par jour en (heure), $t = 22\text{h}$

➤ **Frais d'exploitation :**

$$Fex = E \times e \text{ (DA)}$$

Avec :

E : Energie consommée par la pompe KWh

e : prix unitaire d'un KWh imposé par la SONELGAZ. (e=05DA)

➤ **Frais d'amortissement :**

$$Fam = Pc \times A (DA)$$

Avec :

Pc : prix de la conduite en (DA)

A: Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(i + 1)^n - 1}$$

i: Taux d'annuité annuel, i = 8 %

n : nombre d'années d'amortissement, n 2030=7 ans, n 2054 = 30 ans

➤ **Vitesse d'écoulement :**

Une fourchette de vitesse de 0,5 m/s à 2.0 m/s peut être considérée comme convenable.

Matériaux proposés : PEHD PN16

➤ **Calcul de nombre des pompes :**

Pour choisir le nombre de pompe on calcule par la formule suivante :

$$n = (0,02 \times Q \times H) + 1$$

Q : débit d'équipement (m3/s)

H : hauteur manométrique (HMT en m)

n ; nombres de groupes pratiques.

Le nombre de groupes à installer N=n+1

$$n = (0,02 \times 0,05 \times 80,092) + 1$$

$$= 1,08 \approx 2 \text{ pompes}$$

$$N = 3 \text{ pompes}$$

VIII.8.2 Réservoir projetée :

Les réservoirs de stockage ouverts sont installés à des altitudes qui permettent de fournir de l'eau par gravité aux exploitations du futur périmètre. Ils sont conçus pour stocker les volumes d'eau pompés en dehors des heures de pointe, afin de répondre aux besoins en eau d'irrigation pendant ces périodes. Une irrigation de 22 heures par jour a été proposée.

➤ **Calcul de volume :**

$$Vres = Q \times T$$

$$V_{res} = 354,32 \text{ m}^3$$

Avec :

V : Volume de stockage ;

Q : Débit de pointe en m³/s

T : Hors heures de pointe en heures (2 heures)

➤ Calcule de la surface :

Prenant la hauteur H= 4m

$$S_{res} = \frac{V}{H}$$

$$S_{res} = 88,58 \text{ m}^2$$

On prend l=7,38m , donc L= 12,00m

VIII.8.3 Résultats :

Tableau VIII. 10 : Données

Débit à pomper (m ³ /s)	Diamètre calculer (m)	ε	L (m)	Altitude step (m)	Altitude Réservoir (m)	Hg (m)
0,05	0,33	0,015	571,29	85,73	162,83	77,1

Tableau VIII. 11 : Résultats

D normalise	λ	ΔHL	ΔH_s	HMT	P absorbé	E KWH	Fex
315	0,011	3,972	0,596	81,668	48,851	392276,60	1961383,01
355	0,010	2,139	0,321	79,560	47,591	382152,50	1910762,477
400	0,010	1,154	0,173	78,427	46,913	376707,77	1883538,82

Tableau VIII. 12 : Résultats

A 2030	A 2054	prix conduite (DA)	F amort 2030 (DA)	F amort 2054 (DA)	Bilan 2030 (DA)	Bilan 2054 (DA)
0,136	0,009	7200	981,47	63,56	1962364,48	1961446,57
0,136	0,009	9000	1226,84	79,45	1911989,32	1910841,92
0,136	0,009	11450	1560,81	101,07	1885099,63	1883639,90

Donc : le diamètre économique pour la conduite de refoulement relie la station de pompage et le réservoir projeté de DN 355 mm en PEHD PN 16 bar, avec une vitesse de $V=0,50$ m/s.

J'ai choisi DN 355 parce que la vitesse est convenable (dans la fourchette), et son prix est légèrement supérieure à celui de DN 400.

VIII.9 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons traité de l'étape clé d'un projet d'irrigation : la détermination des besoins en eau des cultures. Après avoir effectué les calculs théoriques, nous avons évalué les besoins spécifiques de chaque culture et les volumes d'eau nécessaires pour garantir un approvisionnement hydrique suffisant et régulier tout au long de la période de croissance des plantes. Ensuite, nous avons dimensionné une conduite de refoulement ainsi qu'un réservoir de stockage pour assurer une distribution efficace et continue de l'eau.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

En conclusion, ce mémoire a approfondi deux éléments essentiels pour la gestion de l'eau en Algérie : le dimensionnement des stations d'épuration des eaux usées et la réutilisation de ces eaux en agriculture. Ces deux aspects, intimement liés, forment un ensemble puissant pour répondre aux défis complexes de la pollution de l'eau et de la pénurie hydrique auxquels l'Algérie est confrontée.

Notre étude a d'abord souligné l'importance cruciale d'un dimensionnement adéquat des stations d'épuration, en tenant compte des spécificités locales et des variations saisonnières, afin d'assurer un traitement efficace des eaux usées. Ensuite, nous avons examiné le potentiel de la réutilisation des eaux épurées en agriculture, une approche novatrice qui non seulement aide à préserver les ressources en eau douce, mais contribue également à la sécurité alimentaire.

Ces deux aspects doivent être planifiés et mis en œuvre de manière coordonnée, car un dimensionnement correct des stations d'épuration est un préalable indispensable à une réutilisation réussie des eaux traitées. La réalisation de ces objectifs nécessite une collaboration étroite entre les autorités, les experts et les acteurs locaux. Les bénéfices potentiels en termes de préservation de l'environnement, de sécurité alimentaire et de santé publique justifient largement les efforts à déployer.

En somme, ce mémoire met en lumière la complexité et l'importance de la gestion de l'eau en Algérie. En poursuivant ces stratégies avec détermination, l'Algérie peut non seulement relever les défis de la pollution et de la pénurie d'eau, mais aussi ouvrir la voie à une utilisation plus durable et équilibrée de cette ressource vitale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Bibliographie :

- [1] « Qu'est-ce que les eaux usées ? | Centre d'information sur l'eau ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/quest-ce-que-les-eaux-usees/>
- [2] P. Souchu, « Propriétés physiques de l'eau », Site documentaire du Lerm. [En ligne]. Disponible sur: <https://doc.lerm.fr/proprietes-physiques-leau/>
- [3] « Propriétés physico-chimiques de l'eau », Techniques de l'Ingénieur [En ligne]. Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/eau-proprietes-qualite-valeurs-d-usage-42506210/caracteristiques-et-proprietes-des-eaux-w110/proprietes-physico-chimiques-de-l-eau-w110niv10004.html>
- [4] « IDEA - Comment fonctionne une station d'épuration ? ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.idea.be/fr/cycle-eau/assainissement-des-eaux-usees/comment-fonctionne-une-station-d-epuration.html>
- [5] ONEMA, "Fiche épuration de l'eau", 10_fiche_epuration_de_l_eau_web.pdf.
- [6] "Guide traitement des eaux usées," guide-traitement-eaux-usees.pdf.
- [7] "Amorce boues de STEP : techniques de traitement, valorisation et élimination," amorce_boues_de_step_techniques_de_traitement_valorisation_et_elimination_2012.pdf, 2012. Disponible : https://www.pseau.org/outils/ouvrages/amorce_boues_de_step_techniques_de_traitement_valorisation_et_elimination_2012.pdf.
- [8] « Epaisseur gravitaire », Trevi nv [En ligne]. Disponible sur: <https://trevi-env.com/fr/eau/techniques/separation-de-boues-et-deshydratation/epaisseur-gravitaire>
- [9] R. Colas, « Le problème de l'eau », 1964, doi: 10.2307/1526178.
- [10] « Graphique: Le monde face au risque de pénurie d'eau | Statista ». Disponible sur: <https://fr.statista.com/infographie/24480/pays-risque-de-penurie-eau-niveau-de-stress-hydrique/>
- [11] M. Brahim, « Les problèmes du manque d'eau en Algérie : Une réalité qui fait peur », جديد الاقتصاد, vol. 7, n° 1, p. 40-57, déc. 2012.
- [12] « -Pourcentage du potentiel hydrique de l'Algérie [9] | Download Scientific Diagram »

[13] "La politique de l'eau en Algérie : valorisation et développement durable," disponible : <https://www.asjp.cerist.dz/en/downArticle/240/5/2/60022>.

[14] C. Boutin, A. Héduit, et J.-M. Helmer, Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) : Rapport final.

[15] « LA REUTILISATION DES EAUX USEES ». [En ligne]. Disponible sur: <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/duce/ecosse/ecosse.htm>

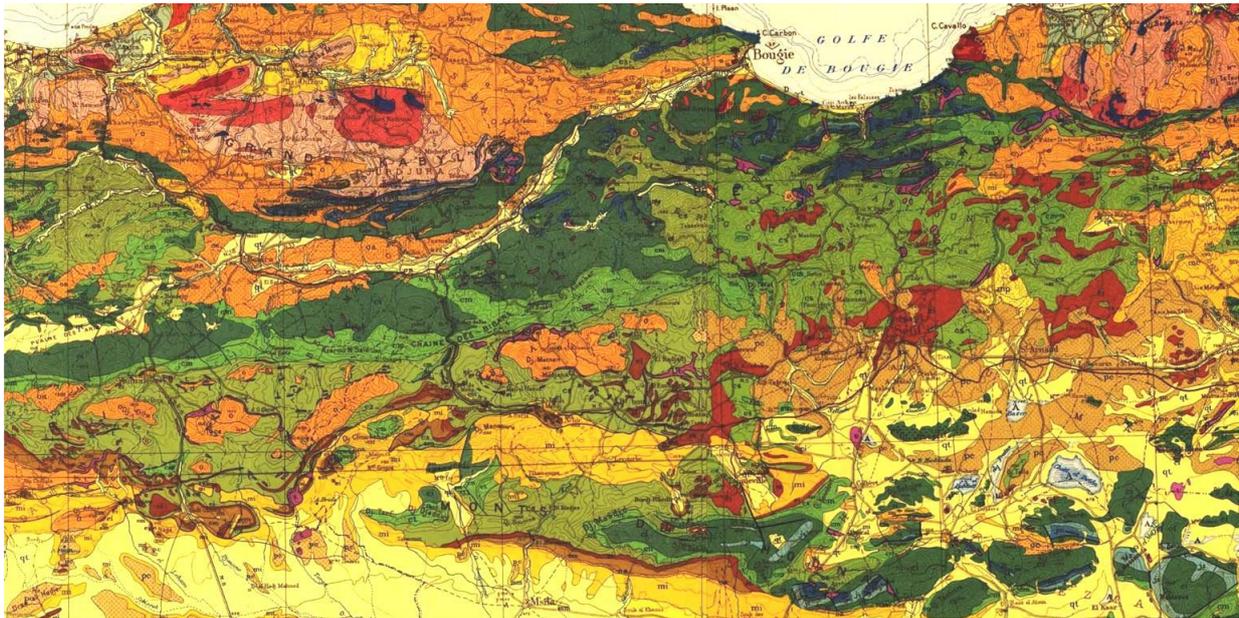
[16] Note Technique : Les méthodes de désinfection de l'eau - Avantages et inconvénients respectifs entre chlore, U.V., ozone, microfiltration, Disponible : <https://ozone.ch/images/stories/ozone/Services/pdf/desinf.pdf>

[17] I. Couture, Analyse d'eau pour fin d'irrigation, MAPAQ Montérégie-Est. Disponible : <https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/analyse%20eau.pdf>

[18] T. Merz, « OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU »]. Disponible sur: <https://www.academia.edu>

ANNEXE

Annexe N°01



TERRAINS

SÉDIMENTAIRES

A	Alluvions actuelles: laes, marécages, dayas, chotts, sebkhas, limons et croûtes gypso-salines
D	Dunes récentes
qt	Quaternaire continental: alluvions, regs, terrasses
qm	Quaternaire marin: plages anciennes et formations dunaires consolidées qui les accompagnent
qC	Calabrien: grès marins et formations dunaires associés
qV	Villafranchien: calcaires lacustres, argiles à lignite, couches rouges
pV	Pliocène continental et Villafranchien non séparés (pV)
pe	Pliocène continental: poudingues, calcaires lacustres
p	Pliocène marin conglomérats, marnes bleues, mollasses, grès et formations dunaires subordonnées
mp	Pontien (localement équivalent du mc)
ms	Miocène terminal marin et lagunaire: couches à Tripoli, marnes à gypse
mm	Miocène supérieur marin: calcaires, grès, argiles
mc	mc Miocène continental antépontien
mi	Miocène inférieur marin (Burdigalien)
oa	Aquitanien continental (pouvant inclure localement la base du Burdigalien)
oc	Oligocène continental (pouvant inclure localement l'Éocène sup. continental)
o	Oligocène marin incluant localement l'Éocène supérieur)
em	Éocène moyen marin
ec	Éocène moyen et inférieur continental
ei	Éocène inférieur marin

