



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option :

REUTILISATIN DES EAUX NON CONVENTIONELLES

THE ME :

**Dimensionnement de la station d'épuration de la Ville de Ain
Oussera pour la réutilisation des eaux épurées dans le domaine
agricole (w.Djelfa).**

Présenté par :

ABDALLAH EL HADJ Cherif

Devant les membres du jury

Nom et Prénom	Grade	Qualité
DJELLAB Mohamed	Professeur	Président
LEULMI MEDJDOUB Sonia	M C.B	Examinatrice
BETATACHE Hayat	M C.B	Examinatrice
KOLIAI Djaffar	M.A.A	Examineur
SAIL Nadhira	M.C.B	Promotrice

Session : Octobre 2023

Remerciements



Avant tout, je remercie ALLAH qui a illuminé ma route et qui m'a donné le courage pour achever mes études.

*Je remercie fortement ma promotrice **Mme SAIL NADHIRA** de m'avoir orientée par ses conseils judicieux dans le but de mener à bien ce travail.*

Je tiens à remercier aussi :

- *Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.*
- *Les enseignants, les étudiants et l'administration de l'ENSH.*
- *Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'élaboration et l'aboutissement de ce mémoire.*



Dedicaces



*Spécialement à ma très **chère mère** et à mon très **cher père** pour leurs Sacrifices, leur amour, leur aide et leur soutien et me voir ainsi ce **Que je suis devenu** aujourd'hui.*

A mes très chers frères ;

A mes oncles maternels et paternels ;

A mes tantes maternelles et paternelles ;

A mes Amis ;

A toute ma famille : ABDALLAH EL HADJ

Et tous les étudiants de la 5^{eme} année spécialement le groupe RENC et A tous mes amis (es) de l'école.

Et à tous ceux que j'aime.



ملخص:

الهدف من هذا المشروع هو تصميم محطة معالجة مياه الصرف الصحي في مدينة عين وسارة بولاية الجلفة، بهدف التمكن من إعادة استخدام المياه المعالجة بشكل آمن وفعال في الأنشطة الزراعية. كما تتناول الدراسة الحاجة الملحة إلى حلول مستدامة في إدارة المياه في المنطقة، حيث تعتبر ندرة المياه قضية رئيسية.

يتضمن البحث تحليلاً مفصلاً للسمات الخاصة بمياه الصرف الصحي في منطقة عين وسارة، مع تحديد الملوثات الرئيسية وتراكمها. بناء على هذا التحليل، تم اختيار عملية معالجة مناسبة، وتم القيام بتصميم مفصل للهياكل المختلفة المستخدمة في معالجة المياه لتحقيق الأهداف المحددة لعملية المعالجة. الدراسة تفحص أيضاً جودة المياه المعالجة، مع مراعاة الامتثال للمعايير المناسبة لإعادة الاستخدام في الزراعة من أجل إدارة مستدامة لموارد المياه في إطار تنمية الزراعة في عين وسارة.

Résumé:

L'objectif de ce projet est le dimensionnement d'une station d'épuration des eaux usées située à Ain Oussara, wilaya de Djelfa, dans le but de permettre la réutilisation sûre et efficace de l'eau traitée dans les activités agricoles. L'étude aborde le besoin urgent de solutions durables en matière de gestion de l'eau dans la région, où la pénurie d'eau est une préoccupation majeure.

La recherche englobe une analyse approfondie des caractéristiques spécifiques des eaux usées de la région de Ain Oussara, identifiant les principaux polluants et leurs concentrations. Sur la base de cette analyse, un processus de traitement approprié est sélectionné, et un dimensionnement détaillé des différents ouvrages de traitement a été effectué pour atteindre les objectifs de traitement définis. L'étude examine également la qualité de l'eau traitée, veillant à sa conformité aux normes pertinentes de réutilisation en agriculture pour une gestion durable des ressources en eau dans une perspective de développement agricole à Ain Oussara.

Les mots clés : dimensionnement, station d'épuration, Ain Oussara, réutilisation, agriculture.

Abstrat :

The objective of this project is to design a wastewater treatment plant located in Ain Oussara, Djelfa Province, in order to enable the safe and effective reuse of treated water in agricultural activities. The study addresses the urgent need for sustainable water management solutions in the region, where water scarcity is a major concern.

The research encompasses a detailed analysis of the specific characteristics of wastewater in the Ain Oussara region, identifying the main pollutants and their concentrations. Based on this analysis, an appropriate treatment process is selected, and a detailed design of various treatment facilities has been carried out to achieve the defined treatment objectives. The study also examines the quality of the treated water, ensuring its compliance with relevant standards for agricultural reuse to promote sustainable water resource management in the context of agricultural development in Ain Oussara.

Sommaire

Introduction générale

Chapitre 01 : Présentation de la zone d'étude

1. Introduction :	1
2. Présentation de la Commune :	1
3. Données sur le Site :	2
4. Cadre Géologique :	3
5. Activité sismique :	4
6. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude :	5
7. Étude hydrologique :	8
8. Infrastructure :	8
9. Choix de l'emplacement de la station d'épuration :	10
10. Site de la station d'épuration :	11
11. Conclusion :	11

Chapitre 02 : Généralités sur la pollution des eaux

1. Introduction :	12
2. Définition d'une eau usée :	12
3. Origine de la pollution des eaux :	12
4. Les divers types de pollution :	13
5. Caractéristiques des eaux usées :	14
6. Les critères de la pollution organique :	16
7. Conclusion :	16

Chapitre 03 : Procèdes d'épuration des eaux usées

1. Introduction :	17
2. Le prétraitement :	17
3. Traitement physico-chimique :	18
4. Le traitement biologique :	19
5. Le traitement complémentaire :	20
6. Conclusion :	21

Chapitre 04 : Calcul de base

1. Introduction :	22
2. Perspective démographique :	22
3. Les équipements collectifs et les industries :	23
4. Station de lavage et graissage de véhicules :	25
5. Douche & Hammam :	25
6. Equipement militaire et de sécurité :	26
7. Abattoirs :	26
8. Evaluation des besoins en eau potable de la ville de AIN OUSSERA 2053 :	27
9. Charges hydrauliques totales :	28
10. Estimation de la composition des eaux usées :	29
11. Calcul des paramètres principaux pour le dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées d' AIN OUSSERA :	30
12. Conclusion:	30

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

1. Introduction :	31
2. Analyse des eaux usées et estimation de la pollution :	31
3. Le prétraitement :	35
4. LE TRAITEMENT PRIMAIRE :	42
5. LE TRAITEMENT SECONDAIRE :	45
6. TRAITEMENT COMPLEMENTAIRE	60
7. TRAITEMENT DES BOUES :	65
8. Conclusion :	72

Chapitre 06 : Calcul hydraulique

1. Introduction :	73
2. Emplacement des ouvrages sur le site de la station :	73
3. Déversoir d'orage :	73
4. Choix du type de déversoir :	73
5. Mode de calcul :	74
6. Dimensionnement du déversoir d'orage :	75
7. Dimensionnement de la conduite de fuite :	75
8. Dimensionnement de la conduite By-pass :	76
9. Profil hydraulique :	76
10. Conclusion :	81

Chapitre 07 : Gestion et exploitation de la station d'épuration

1. Introduction :	82
2. Contrôles et mesures effectués à la station d'épuration :	82
3. Supervision du fonctionnement :	83
4. Surveillance quotidienne :	83
5. Vérifications périodiques :	83
6. Entretien des installations :	84
7. Conclusion :	86

Chapitre 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

1. Introduction :	87
2. Ajustement aux Données à la Loi Normale :	88
3. Calcul des besoins en eau des cultures :	93
4. Conclusion :	108

Conclusion générale

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les coordonnées géographiques de la Ville	2
Tableau I.3 : Classification climatique d'après Martonne.....	5
Tableau I.3 : Précipitations	5
Tableau I.4 statistique des années séchées et humides de la ville de ain oussera	6
Tableau I.5 : Températures	6
Tableau I.6: Gelée	6
Tableau I.7 : Sirocco	7
Tableau I.8 : Vents.....	7
Tableau I.9 : L'insolation	7
T a b l e a u I . 1 0 : Évaporation	8
Tableau I.11 : Les données de la station pluviométrique	8
Tableau IV.1 L'évaluation de la population entre 1977 et 2023 :	22
Tableau IV.2 L'évaluation de la Taux d'accroissement entre 2008 et 2023 :	22
Tableau IV.3 Taux d'accroissement et la Population à l'horizon d'étude :	23
Tableau IV.4 : Les équipements collectifs :	23
Tableau IV.5 : Les unités industriels :	24
Tableau IV.6 : Abattoir pour viande rouge.....	26
Tableau IV.7 : La charge organique et le débit des eaux usées de l'abattoir de viande rouge.....	26
Tableau IV.8 : La charge organique et le débit des eaux usées de l'abattoir de la viande blanche:...	27
Tableau IV.9 : Le nombre équivalent habitants (Abattoir) :	27
Tableau IV.10 : Evaluation des besoins en eau potable :.....	28
Tableau IV.11 : Les charges hydrauliques totales :	28
Tableau IV.12 : Total équivalent habitant :	29
Tableau IV.13 : Les concentrations estimée des DBO5 et MES en 2053	30
Tableau IV.14 : Les paramètres de pollution :	30

Tableau V.1 : Le mode de traitement par rapport de rapport de (DCO/DBO ₅) :	31
Tableau V.2 : Résultats des analyses des eaux usées :	32
Tableau V.3 : la composition des eaux usées estimée de l'horizons d'études.	35
Tableau V.4. Récapitulatif des résultats de dimensionnement pour l'horizon 2053 :	40
Tableau V.5 :Tableau récapitulatif de dessablage-déshuilage :	41
Tableau V.6. :Récapitulatif des résultats des calculs du décanteur: primaire	45
Tableau V.7 :Valeur des coefficients a' et b' en fonction de la charge massique :	48
Tableau V.8 :Tableau récapitulatif (Traitement secondaire) :	58
Tableau V.9 Les normes de rejet.....	59
Tableau V.10 Les normes de réutilisation.....	60
Tableau V.11 Comparaison avec les normes de réutilisation.....	60
Tableau V.12: Propriétés du lit de filtration.....	61
Tableau V.13: Caractéristique des fluides du rétro-lavag.....	62
Tableau V.14: Résultats de calcul d'un filtre à sable pour l'horizon 2053.....	64
Tableau V.15 Comparaison avec les normes de réutilisation (02).....	64
Tableau V.16: Résultats de calcul du bassin de désinfection.....	65
Tableau V.17 : récapitulatif des résultats de traitement des boues.....	72
Tableau VI.1 : Les Côtes moyenne du terrain naturel de la zone d'implantation des ouvrages de la station d'épuration :	76
Tableau VI.2 : Longueurs des conduites entre les ouvrages de la Station:	78
Tableau VI.3 : Récapitulatif des résultats :	81
Tableau VIII-1 : Pluies moyennes mensuelles observées à la station d'Ain Oussera.....	88
Tableau VIII-2 : Etude l'homogénéité de la série.....	89
Tableau VIII-3 : Les Variables de gauss et les fréquences expérimentaux	91

Tableau VIII-4 : Ajustement à La Loi normale.....	92
Tableau VIII-5 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.	93
Tableau VIII-6 : Évapotranspiration de référence ET0 calculée à l'aide d'un logiciel CROPWAT 8.0 .	98
Tableau VIII-7 : Les pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT.....	98
Tableau VIII-8 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre.....	100
Tableau VIII-9 : les cultures choisies.....	100
Tableau VIII-10 : Occupation de sol en fonction des cultures.....	101
Tableau VIII-11: Assolement proposé.....	101
Tableau VIII-12 : Cycle végétatif des cultures.....	102
Tableau VIII-13: Données de base.....	103
Tableau VIII-14: besoin en eau du blé dur.....	103
Tableau VIII-15 : besoin en eau de sorgo.....	104
Tableau VIII-16: besoin en eau de Tomate.....	104
Tableau VIII-17: besoin en eau de Petit pois.....	105
Tableau VIII-18 : besoin en eau d'Olivier.....	105
Tableau VIII-19: besoin en eau de la Pêcher.....	106
Tableau VIII-20 : Récapitulatif des besoins	106
Tableau VIII-21: Besoins en eau totaux du périmètre.	108

Liste des figures

Figure I.1 : La carte de situation géographique de la zone d'étude.....	1
Figure I.2 Carte géologique de la plaine d'Ain Oussera, extrait de la carte géologique 1/500000 de l'Algérie Nord (Flandrin et al, 1951).....	4
Figure.I.3 : Irradiation solaire globale en été et en hiver :.....	8
Figure.I.4 : La localisation du site de la future STEP :.....	11
Figure.V.1 : fraction de DBO ₅ , éliminé dans le décanteur primaire par rapport de la charge hydraulique superficielle :.....	42
Figure.V.2. Divers types de mobiles d'aération et agitation.....	50
Figure.V.3. Divers types des systèmes d'aération par l'insufflation d'air.....	50
Figure.V.4: Le lit de séchage.....	70
Figure.V.5: Traitement des boues à moyenne charge.....	70
Figure VIII-1: Ajustement des pluies annuelles aux lois normales.....	90
Figure VIII-2: La droite de Henri.....	92

LISTE DES PLANCHES

Planche 1 : Plan parcellaire.

Planche 2 : Plan de masse de la station d'épuration.

Planche 3 : Dimensionnement des ouvrages de la station d'épuration.

Introduction générale :

L'accès à l'eau propre et à des ressources hydriques suffisantes est un enjeu crucial dans le contexte mondial actuel. Dans de nombreuses régions, la rareté de l'eau et la pression sur les ressources hydriques existantes ont suscité un intérêt croissant pour la réutilisation des eaux usées traitées. Dans cette perspective, la ville d'Ain Oussera, située au cœur de la wilaya de Djelfa, fait face à des défis significatifs en matière de gestion de l'eau. La présente étude s'attache à explorer les possibilités de dimensionnement de la station d'épuration de cette ville en vue de la réutilisation des eaux épurées dans le secteur agricole.

La réutilisation des eaux épurées dans l'agriculture offre une solution durable pour répondre aux besoins en eau dans un contexte où la disponibilité en eau douce est limitée. Cette démarche présente non seulement des avantages environnementaux, mais aussi économiques, en contribuant à la préservation des ressources hydriques naturelles et à l'optimisation de l'utilisation de l'eau dans l'agriculture.

Ce travail peut être résumé dans les étapes suivantes :

- La présentation de la ville d'Ain Oussera ;
- Généralités sur la pollution des eaux;
- Les procédés d'épuration des eaux usées ;
- Estimation des débits des eaux usées et calcul des charges polluantes ;
- Dimensionnement de la station d'épuration ;
- Calcul hydraulique ;
- Gestion et exploitation de la station d'épuration ;
- Sélection de la filière de traitement appropriée.



Chapitre 01

présentation de la zoned'étude

1. Introduction :

L'objectif fondamental de l'étude du cadre physique d'un territoire est de mettre en évidence sa vocation et ses principales caractéristiques, dans le but de comprendre à la fois ses limitations et ses potentiels pour le développement.

2. Présentation de la Commune :

Ain Oussara, en tant que chef-lieu de Daïra, est située au nord de la Wilaya de Djelfa. Elle couvre une étendue de 809,49 km², représentant ainsi 2,51 % de la superficie totale de la Wilaya.

Nichée au cœur des vastes plaines steppiques, la ville d'Ain Oussara joue un rôle crucial en tant que point de passage entre le nord et le sud, ainsi qu'entre l'est et l'ouest du pays. Sa position géographique stratégique est renforcée par la traversée d'axes majeurs tant au niveau national que régional :

- La Route Nationale 1 (transsaharienne) reliant Alger au sud du pays.
- La Route Nationale 40 : Rocade des hauts plateaux qui connecte Batna à Tiaret en passant par M'sila, Boughzoul (ville nouvelle) et Ain Oussara.

Durant les décennies récentes, Ain Oussara a connu une croissance urbaine rapide et une affluence significative de population. Selon les données de la DPAT de Djelfa, la population de cette commune s'élève à 130 842 habitants, dont plus de 98 % résident en zone urbaine. En termes de distances :

- Elle se trouve à 200 km au sud d'Alger.
- À 100 km au nord de Djelfa.
- À 180 km à l'ouest de M'sila.
- À 120 km à l'est de Tiaret.

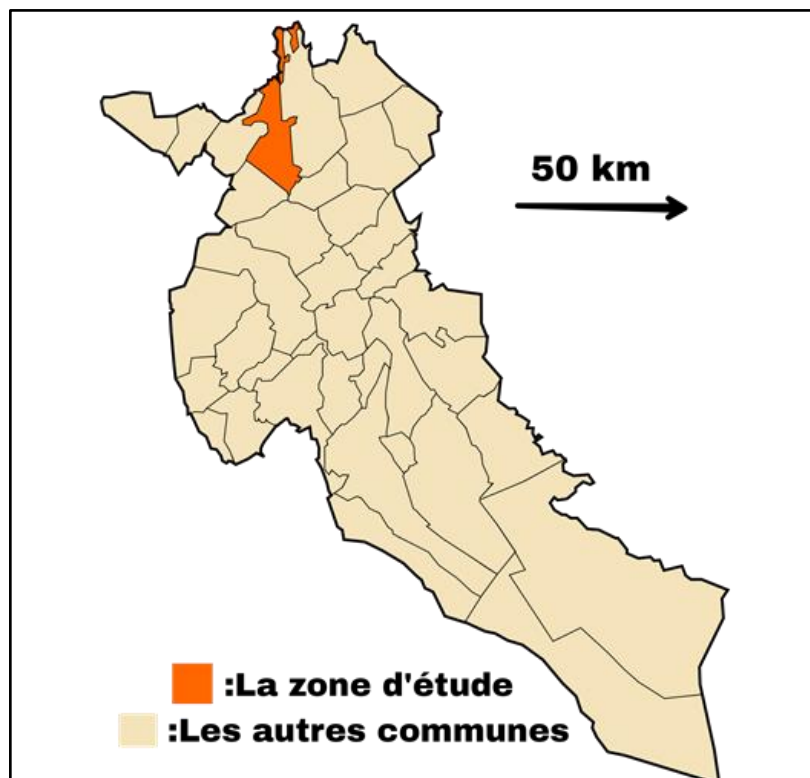


Figure I.1 : La carte de situation géographique de la zone d'étude
source : APC Ain Oussera

L'agglomération d'Ain Oussara, considérée comme la deuxième plus importante après le chef-lieu de la wilaya, est appelée par divers instruments d'aménagement et d'urbanisme (SRAT, OHP, études prospectives, PAW) à jouer un rôle majeur en tant que pôle régional de soutien, en encadrant et dynamisant la partie nord de la wilaya.

L'activité dominante dans cette commune est l'agro-pastoralisme, principalement l'élevage ovin pratiqué en extensif et combiné à une culture céréalière tributaire des pluies.

3. Données sur le Site :

Les éléments naturels soumis à analyse comprennent :

- Les traits majeurs du relief.
- Les variations de pente du terrain.
- Les altitudes présentes.
- La géologie de la région.
- Les propriétés du sol (pédologie).
- Les données climatiques.
- Les réseaux hydrographiques et la géologie aquatique.
- Les enquêtes socio-économiques.
- Les enquêtes sur la pollution.

En étudiant ces aspects, on peut obtenir une vue complète du contexte physique d'un territoire donné, ce qui permet de mieux comprendre à la fois les défis qu'il présente et les opportunités qu'il offre pour son développement futur.

- **Les Altitudes et coordonnées :**

Cette section se focalise sur les altitudes et les coordonnées géographiques, des éléments essentiels pour comprendre la topographie et la position géographique d'un territoire.

Les altitudes jouent un rôle crucial dans la délimitation des variations de hauteur sur le terrain, influençant les caractéristiques climatiques, hydrologiques et écologiques d'une région. Les coordonnées géographiques (latitude et longitude) fournissent des informations précises sur la localisation d'un lieu par rapport à la grille terrestre.

L'analyse des altitudes et des coordonnées géographiques est fondamentale pour la planification et le développement, en permettant une meilleure compréhension de la distribution des caractéristiques naturelles et humaines sur le territoire. Cela facilite également la prise de décisions éclairées concernant les activités telles que l'urbanisation, l'agriculture et la gestion des ressources naturelles.

À travers toute la zone, les altitudes varient entre 685 m et 690 m (avec une fourchette de 800 m à 600 m). La ville d'Ain Oussara est repérée par les coordonnées indiquées dans le tableau I.1 :

X « Km »	Y « Km »	Z « m »
518,5	239,3	690

Tableau (I.1) Les coordonnées Lamberts de la Ville. Source: APC Ain Oussera

4. Cadre Géologique :

Le contexte géologique régional se caractérise par la présence de dépôts continentaux datant du pliocène et du quaternaire, qui couvrent la zone de transition entre les domaines tellien et saharien. Selon la carte géologique de la région, cette zone affiche une géologie relativement simple, avec des couches géologiques horizontales du pliocène et du miocène en surface. On observe la présence d'un lit de cailloux calcaires cimentés par-dessus des formations calcaires (comme les marnes et les calcaires durs). Sur le plan géomorphologique, dans les plaines elles-mêmes, la grande majorité de la région est constituée de dépôts quaternaires issus de roches tendres (marnes et argiles rouges) qui ont été érodées depuis les zones montagneuses.

La succession géologique est lisible en allant des formations les plus récentes aux plus anciennes.

- Le Quaternaire :

Le Quaternaire est presque absent, à l'exception des lits des oueds, où l'on trouve localement des vestiges de terrasses plus anciennes qui témoignent d'une reprise de l'érosion actuelle.

- Le Miocène :

Il est possible de le diviser en deux parties distinctes :

- Une section correspondant au miocène inférieur, fortement soumise à des forces tectoniques et se situant avant la formation des nappes.
- Une autre section correspondant au miocène supérieur, plus récente dans son origine.

- Conglomérat de l'Aquitainien :

Ceci est un dépôt continental relativement peu consolidé, qui donne naissance à une série de collines dans le paysage. La dimension moyenne des éléments semble diminuer progressivement de la base vers le sommet, jusqu'à atteindre une épaisseur pouvant aller jusqu'à 300 mètres.

- argiles à corbules et marnes à huîtres :

Il s'agit de marnes grises légèrement sableuses, parfois entrecoupées de minces couches de grès.

- Marnes calcaires du Cénomaniens (C²) :

Ces marnes ont une teinte brune et présentent occasionnellement des couches de calcaire fin, qui deviennent plus fréquentes et plus épaisses vers le sommet de la séquence.

- Calcaires noirs en bancs bien lités (C¹) - Albien :

Ces calcaires sont de couleur noire, riches en pyrite et présentent une texture finement cristallisée. Quelques strates de marnes brunes s'insèrent entre les communes sous la forme de larges bandes horizontales s'étendant d'est en ouest.

- Flysch (n⁷) :

Cette vaste séquence de flysch est composée d'une alternance de couches d'argile feuilletée gris-noir à patine ocre, de quartz et de grès ferrugineux en strates.

- Aptien (n⁵⁻⁶) :

Ces calcaires marneux, de teinte grise à brune, englobent des couches de calcaire à patine gris-bleuté ainsi que des arnes grises.

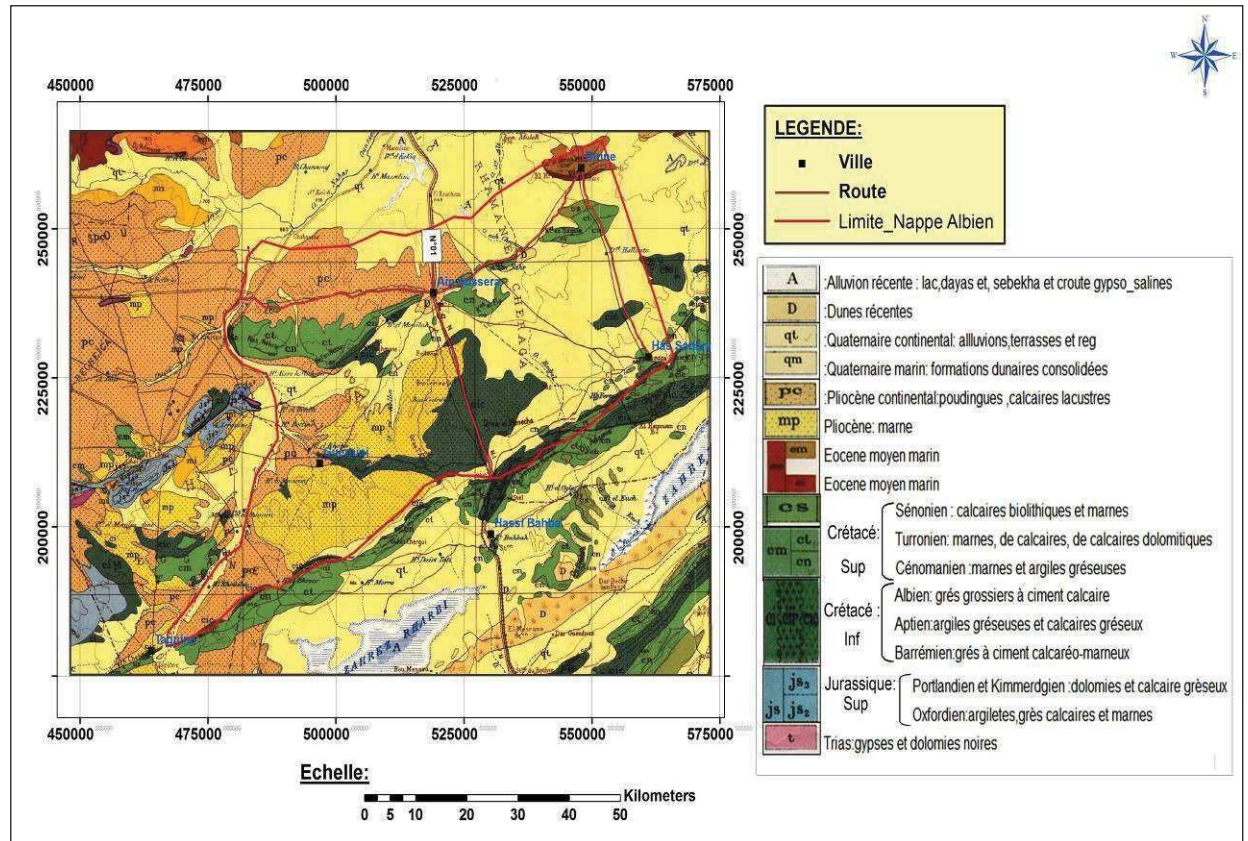


Figure I.2 Carte géologique de la plaine d'Ain Oussera, extrait de la carte géologique 1/500000 de l'Algérie Nord (Flandrin et al, 1951)

5. Activité sismique :

La région de Djelfa se caractérise par une faible activité sismique. Cependant, selon l'étude "Prospective territoriale pour un développement durable et intégré de la Wilaya de Djelfa", il est important de noter que malgré cette faible intensité (en termes de force et de fréquence), cette activité sismique demeure potentiellement dangereuse et peut causer d'importants dégâts. Cette situation est liée au fait que la région de Djelfa est traversée d'est en ouest par l'accident sub-atlasique. Par conséquent, il est essentiel de prendre les précautions nécessaires lors de la construction de bâtiments.

La séismicité dans la région est relativement basse, renforcée par la présence de failles et de nappes de charriage. Il est donc essentiel d'appliquer les mesures de prévention appropriées ainsi que les règles de construction en vigueur pour les régions sismiques,

6. Caractéristiques climatiques de la zone d'étude :

La station climatique qui peut être considérée comme représentative de la région d'étude et qui dispose de données fiables est la station d'Ain Oussera. La région d'étude, située au sud-est, se caractérise par un climat aride en raison de sa localisation géographique. La détermination de l'indice climatique pour la région d'étude, ainsi que le climatogramme de Dé Martonne la figure révèlent que la zone d'étude relève d'un climat aride.

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

Où : I - indice d'aridité ;

P - moyenne des pluie annuelle, mm ;

T - moyenne des températures annuelles ° C.

Valeur de I	Type de Climat	Signification
< 5	Aridité absolue	désert sans culture
5 à 10	Désert (aride)	désert et steppe ; aucune culture sans irrigation.
10 à 20	Semi-aride	formations herbacées, steppes ou savanes. Irrigation nécessaire pour les cultures exigeant de l'humidité
20 à 30	Semi-humide	prairie naturelle ; irrigation généralement non nécessaire.
30 à 40	Humide	les arbres jouent un rôle de plus en plus grand dans le paysage.
> 40	Hyper Humide	la forêt est partout la formation climatique. Les cultures de céréales tendent à être remplacées par les herbages.

Tableau (I.2) : Classification climatique d'après Martonne

. $I = 250 / (14.2 + 10) = 10.33$ ($10 < I < 20$)

Alors notre zone est de climat semi-aride.

a. Précipitations

Ain Oussera possède un climat méditerranéen continental en raison de sa position au sein des hauts plateaux. Les hivers sont rigoureux, pluvieux et froids. Les saisons intermédiaires du printemps et de l'automne connaissent des précipitations torrentielles. En été, le climat devient chaud et sec.

Les précipitations dans la région d'étude se caractérisent par leur caractère soudain et orageux, ce qui accentue le phénomène d'érosion des sols et peut conduire à des inondations. Il est donc essentiel de mettre en place un système de drainage efficace pour gérer les eaux de ruissellement et de protéger les surfaces contre l'érosion et le décapage.

Mois	Sep t	Oct	Nov	Déc	Jan	Fèv	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Pmoy-annuelle
P(mm)	15	26	30	26	25	17	21	23	35	21	5	6	250

Tableau (I.3) : Précipitations indiquent la station (1989-2019) Source :ANRH

La région reçoit une quantité annuelle de pluie relativement modeste, variant de 200 à 300 mm par an. Les mois d'avril et de mai sont les plus humides, dépassant en moyenne 250 mm. En revanche, le mois de juillet est le plus sec de l'année, avec une moyenne de seulement 5,3 mm.

De plus, les précipitations se distinguent par leur irrégularité significative d'une année à l'autre :

Station	Nombre d'années	Années sèches	Années humides	Années moyennes
Ain Oussara	86	38	32	16

Tableau (I.4) : statistique des années sèches et humides de la ville d'Ain Oussara (1989-2019) source :ANRH

Les courbes illustrant les précipitations annuelles sur une longue période d'observation reflètent une alternance d'années sèches, humides et moyennes par rapport à la moyenne ou à la médiane.

Les précipitations se manifestent souvent sous forme d'averses, ce qui amplifie leur potentiel érosif. En conséquence, une fois les parcelles agricoles sont fermées, elles doivent être protégées contre l'érosion causée par les précipitations.

De plus, un système de drainage extérieur efficace est nécessaire pour évacuer rapidement les eaux de pluie et éviter qu'elles n'atteignent les zones contenant des déchets.

b. Températures

mois	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	5°05	6°4	9°10	12°	15°85	20°3	24°7	24°7	20°6	15°6	9°8	6°0

Tableau (I.5) : Températures (1989-2019) source :ANRH

La température moyenne annuelle maximale s'élève à 21 °C, tandis que la moyenne minimale atteint 9. La répartition des températures sur l'année est très variable. La moyenne mensuelle culmine en août à 45°C, puis diminue progressivement avec l'approche de l'hiver. Durant cette période, les températures peuvent descendre à leur minimum, parfois même en dessous de zéro degré, entraînant la formation de gelées. Par conséquent, les températures se caractérisent par d'importantes amplitudes thermiques. Les jours de gel sont généralement compris entre 3 et 7 jours. Il est également possible que de la neige tombe pendant la saison froide.

c. Gelée

Mois	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
N(jours)	17,8	12,6	6,3	2,1	0,1	00	00	00	00	00	0,8	7,8

Tableau (I.6) : Nombre de jour de gelée (1989-2019) source :ANRH

Selon les données du tableau précédent, on constate une moyenne d'environ 45,7 jours de gelée blanche. En règle générale, ces gelées sont préoccupantes, en particulier celles survenant en avril. Cette période coïncide avec une phase critique pour le développement des cultures.

d. Sirocco :

Mois Station	Jan.	Fév.	Mar s	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Tota l
	3,1	3,3	3,6	3,8	3,8	3,6	3,8	4,2	3,9	3,3	3,2	2,8	2,4

Tableau (I.7) : Sirocco (1989-2019) Source :ANRH

D'autre part, la caractéristique prédominante des vents est la fréquence du Sirocco, qui se produit environ 12 jours par an. Les vitesses des vents peuvent parfois atteindre des niveaux élevés, avec une moyenne de 2,4 à 3,4 m/s. En raison de leur fréquence et de leur force, les vents jouent un rôle dans la dispersion des déchets à partir des sites non réglementaires.

e. Vents :

Les vents prédominants proviennent principalement de l'ouest et du nord-ouest en hiver, et du sud-ouest en été. En raison de leur circulation à travers des espaces ouverts sans rencontrer d'obstacles pour freiner leur vitesse, ils peuvent gagner en intensité.

Provenance	Nord	Est	Ouest	Nord Est	Sud-Ouest	Nord-Ouest
%	15,7	5,5	61,1	0,9	0,9	15,7

Tableau (I.8) : La provenance des vents source :ANRH

Le régime des vents est présenté sous forme de valeurs exprimant la fréquence des vents pour chaque direction spécifique. Le tableau précédent met en évidence les vents prédominants, leur direction fréquente et la répartition saisonnière des vents. Une observation générale montre que les vents dominants soufflent principalement en direction du nord-est et du nord-ouest, avec une prévalence plus marquée pour ce dernier sens.

f. L'insolation :

L'Algérie bénéficie d'un ensoleillement exceptionnel sur la majeure partie de son territoire, en raison de sa situation géographique privilégiée par rapport à l'équateur. Cet ensoleillement constitue une source d'énergie abondante, dépassant cinq milliards de gigawatt heures par an. La répartition approximative de cette ressource est fournie dans le tableau ci-dessous à titre indicatif :

Régions	Zone côtière	Hauts Plateaux	Sahara
Superficie en%	4	10	86
Energie moyenne reçue (kW/m ² /an)	1700	900	2650

Tableau (I.9) : L'insolation par region. Source :ANRH

Ces conditions favorables rendent l'utilisation de l'énergie solaire, en particulier l'énergie solaire d'origine photovoltaïque, très prometteuse. L'introduction de cette nouvelle source d'énergie est déjà envisagée sur de nombreux sites en Algérie.

Le Centre de Développement des Énergies Renouvelables a mis en place plusieurs projets et programmes solaires pour diverses applications, notamment dans les zones

isolées où l'énergie conventionnelle n'est pas disponible : électrification rurale, éclairage domestique, pompage de l'eau, production de froid, balisage et télécommunications.

Les cartes préliminaires élaborées par le Centre de Développement des Énergies Renouvelables montrent l'irradiation solaire globale reçue sur une surface inclinée à la latitude du lieu, comme illustré ci-dessous :

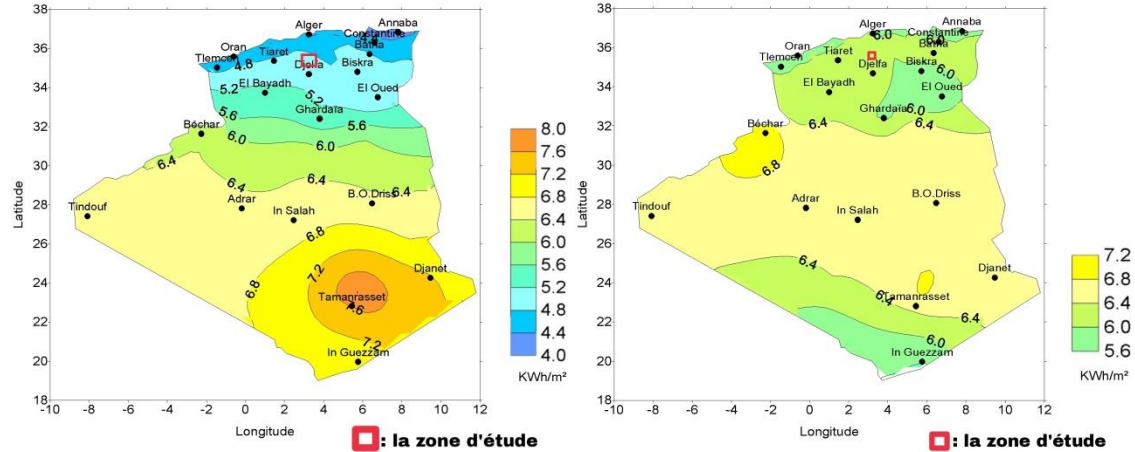


Figure I.3 : Irradiation solaire globale en hiver et en été. Source :ANRH

g. Évaporation :

Mois	J	F	M	A	M	JN	JT	AT	S	O	N	D	Année
MOYENNE	48.6	52.1	79.80	125.4	161.3	210.0	312.3	222.2	135.02	117.1	47.6	43.1	1545.52

Tableau (I.10) : Évaporation l'unité de l'évaporation (1989-2019). Source :ANRH

Les données concernant les évaporations moyennes annuelles indiquent une évaporation de 1545,52 mm par an, ce qui équivaut à 1,545 m³/m².an ou 4,24 mm par jour.

7. Étude hydrologique :

Lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre le dimensionnement, l'exploitation et d'autres aspects, l'évaluation des débits est une étape cruciale. Cette évaluation dépend directement des données hydrologiques, notamment les petites pluies et les averses.

L'étude hydrologique vise à déterminer l'intensité des précipitations à utiliser pour le dimensionnement du réseau de collecte ainsi que le collecteur lui-même. L'estimation de la précipitation moyenne repose sur les données de la station pluviométrique d'Ain Oussara.

Station	Code	Source	Coordonnées			Années d'Observation	Nbre-années
			X « Km »	Y « Km »	Z « m »		
Ain Oussara	011205	ANRH	518,5	239,3	690	1959 - 1989	32

Tableau (I.11) : Les données de la station pluviométrique

8. Infrastructure :

a. Réseau A.E.P :

Le réseau de distribution d'eau potable dans la municipalité d'Ain Oussara couvre les besoins d'environ 98 % de la population totale de la ville. Les besoins quotidiens en

eau potable sont estimés à 150 litres par jour par habitant, et le nombre de logements alimentés en eau potable est d'environ 14 371.

La ville d'Ain Oussara est desservie par un réseau d'eau potable maillé, avec des diamètres de conduites variant de 50/60 mm à 600 mm. L'approvisionnement en eau provient de neuf forages ayant un débit total de 227 litres par seconde. Cette eau est stockée dans sept réservoirs ayant une capacité totale de 9 400 mètres cubes.

Les besoins en eau potable pour le chef-lieu de la commune d'Ain Oussara ont été calculés pour différentes périodes :

- État actuel (2023) : 150 litres par jour par habitant.
- Moyenne terme (2053) : 200 litres par jour par habitant.

Les dotations en eau ont été estimées en prenant en considération les besoins pour les services et équipements conformément au Plan Directeur d'Aménagement Urbain (PDAU) de Ain Oussara. Cependant, la dotation choisie pour éviter un surdimensionnement de la station est de 200 litres par jour par habitant.

Le tableau fournit le débit journalier moyen (Q. Moy) ainsi que le débit journalier maximal (Q. Max). Le débit journalier maximal est obtenu en appliquant un coefficient saisonnier de 1,2 au débit moyen. Ce débit maximal est utilisé comme base de calcul pour la capacité de stockage, avec une durée de consommation de 12 heures.

Pour répondre à la demande croissante en eau potable et industrielle, il est nécessaire d'intensifier la prospection de nouveaux forages. Cette prospection devrait couvrir à la fois les besoins du chef-lieu de la commune ainsi que ceux des agglomérations en développement, en particulier pour la zone éparse qui connaît actuellement une pénurie d'eau.

En ce qui concerne les réseaux de distribution, il est recommandé de réaliser des études de rénovation, en particulier pour les réseaux desservant le centre-ville et les anciens quartiers. Ces rénovations visent à améliorer la distribution d'eau, en particulier pendant les périodes de demande maximale. Cela permettra de mieux répondre aux besoins en eau potable de la population et de l'industrie.

b. Assainissement :

Le réseau d'assainissement existant à Ain Oussara couvre 98 % de la ville et est constitué d'un système unitaire. Ce réseau collecte les eaux usées domestiques et industrielles à travers des réseaux secondaires et primaires, avec des diamètres variant de 1 200 mm à 500 mm. Les eaux usées sont acheminées vers plusieurs points de rejet, dont les exutoires sont les oueds. De plus, un canal à ciel ouvert recueille également les eaux pluviales déversées par l'intermédiaire des avaloirs du réseau d'assainissement.

Afin de réduire les rejets vers le milieu naturel, les autorités locales prévoient la construction d'une station d'épuration. Cette station traitera les eaux usées domestiques, tandis que les eaux usées industrielles seront traitées en amont par les différentes unités industrielles existantes.

Pour la réalisation de cette station d'épuration, il est proposé de prolonger et de raccorder les différents rejets existants en un collecteur unique, qui débouchera vers la future station d'épuration. Il est également prévu la mise en place de stations de relevage dans les deux bassins versants de la ville. Les collecteurs secondaires permettront de raccorder les rejets éloignés à ce système.

Cette approche contribuera à améliorer la gestion des eaux usées dans la ville et à réduire les rejets polluants dans le milieu naturel.

c. L'agriculture :

L'agriculture en Ain Oussara a fait face à des défis importants au fil des années, ce qui a entraîné une stagnation voire une régression de la production agricole. Les causes

de cette situation sont multiples, notamment des difficultés de gestion, un manque d'équipement, des conditions climatiques variables, une compression des terres cultivées et une migration de la main-d'œuvre vers d'autres secteurs

L'objectif n'est pas de dresser un bilan exhaustif de tous les aspects du secteur agricole, mais de mettre en évidence les problèmes auxquels est confrontée la population rurale et les conditions dans lesquelles elle doit faire face à l'industrialisation croissante et à l'urbanisation rapide.

L'organisation spatiale actuelle des zones rurales en Ain Oussera, leur morphologie et leurs structures foncières sont encore largement influencées par l'héritage colonial. Ce contexte pose des défis particuliers en matière de développement rural et d'agriculture.

d. Situation juridique :

La commune présente plusieurs défis juridiques et contraintes en matière d'agriculture :

1. Le couvert végétal : La végétation naturelle est principalement composée de végétation steppique avec des graminées clairsemées et dégradées. On y trouve des plantes comme *Stipa tenacissima*, *Legium spartum*, *Artemisia herba alba*, *Noea mucronata*, *Peganum harmala*, ainsi qu'une variété de végétation saisonnière au printemps et en automne.
2. Les contraintes climatiques : La commune est confrontée à des conditions climatiques difficiles, caractérisées par de faibles précipitations, des amplitudes thermiques importantes et des gelées.
3. Le phénomène de l'érosion : L'érosion du sol constitue un défi majeur pour l'agriculture, menaçant la fertilité des terres et la stabilité des exploitations.
4. L'attrait d'autres secteurs d'activités : L'industrie, le secteur tertiaire (artisanat, commerce, services) attirent la main-d'œuvre agricole en offrant des rémunérations supérieures et une stabilité de revenu que l'agriculture ne peut plus garantir.
5. L'urbanisation croissante : L'expansion des villages et des zones urbaines entraîne la consommation de terres agricoles de valeur, réduisant ainsi la disponibilité de terres pour l'agriculture.

Ces contraintes et défis juridiques rendent l'agriculture dans la commune de Ain Oussera particulièrement complexe et nécessitent des stratégies spécifiques pour assurer le développement durable du secteur agricole.

9. Choix de l'emplacement de la station d'épuration : [1]

Le choix de l'emplacement de la station d'épuration à Ain Oussera prend en considération les conditions suivantes :

- La station d'épuration doit être éloignée de la ville.
- Son emplacement doit être déterminé en tenant compte de la direction du vent afin de prévenir tout problème d'odeur.
- Les éventuels ouvrages préexistants sur le site (pylônes électriques, routes d'accès, etc.) doivent être préservés lors de la construction. L'accès à ces ouvrages doit également être assuré.
- La contrainte d'écoulement gravitaire entre les différents ouvrages doit être respectée, ce qui implique une chute d'eau minimale d'environ 1 mètre entre chaque ouvrage.
- La station ne doit pas être située à proximité d'un aéroport (distance minimale : 2 km) pour éviter tout problème lié à l'attrait de la station pour les oiseaux.

- Les points de rejet des eaux usées traitées doivent être situés à proximité des périmètres irrigués, ou du moins permettre aux exploitants agricoles d'accéder facilement pour collecter les eaux traitées et les boues minéralisées.
- Les ouvrages de prétraitement doivent être positionnés près des bassins d'aération pour réduire les coûts de canalisation.

10. Site de la station d'épuration :

Le site prévu pour la station d'épuration se trouve au Nord-Ouest du centre de la ville, à une distance de 3,5 km de la limite de la ville.

Les coordonnées géographiques de la station d'épuration selon Latitude Longitude DMS sont :

X=35° 29' Nord

Y=2° 53' Est

Z=662m

La figure ci-dessous montrant l'emplacement exact de la future station d'épuration :



Figure (I.4) : La localisation du site de la future STEP

11. Conclusion :

L'analyse des divers paramètres climatiques a permis d'obtenir une compréhension assez précise du climat dans la zone d'étude.

D'après les documents analysés, il est évident que la sécheresse estivale s'étend généralement de juin à septembre, parfois même jusqu'à octobre. Pendant cette période cruciale, les températures dépassent la moyenne annuelle, l'ensoleillement est intense, les vents sont chauds et secs, l'humidité atmosphérique est faible et les précipitations sont négligeables.

Le régime pluviométrique se caractérise par son irrégularité et sa violence, et il diminue en allant du Nord au Sud..

Pendant l'été, tant les températures maximales que minimales sont au-dessus de la moyenne annuelle. Il est à noter que lors de périodes de sirocco, elles peuvent augmenter de manière significative.

La possibilité de gelées est présente pendant toute la période froide.



Chapitre 02

Généralités sur la pollution des eaux

1. Introduction :

L'utilisation humaine de l'eau dans divers contextes génère une multitude de polluants, augmentant ainsi le risque de contamination des milieux récepteurs par les effluents d'eaux usées. Dans un souci de préservation de ces différents milieux naturels, des traitements visant à réduire ou éliminer ces polluants sont appliqués à toutes les eaux urbaines ou industrielles.

Dans ce chapitre, nous examinerons de près l'origine de ces eaux ainsi que leur composition physique et chimique. Comprendre la provenance et la nature des polluants dans les eaux usées est fondamental pour concevoir des processus de traitement appropriés, respectant les normes environnementales et garantissant une dépollution efficace des effluents.

2. Définition d'une eau usée :

La pollution de l'eau se réfère à une altération nocive de la composition des eaux par l'ajout de substances capables d'altérer leur qualité, leur aspect esthétique et de compromettre leur consommation. [2]

Les eaux usées englobent toutes les eaux issues des activités domestiques, agricoles et industrielles, chargées en substances toxiques qui aboutissent dans les canalisations d'assainissement. Elles incluent également les eaux de pluie et leur charge polluante, générant dans le milieu récepteur divers types de pollutions et de nuisances. [3]

3. Origine de la pollution des eaux :

Étant largement utilisée par l'homme dans divers domaines, l'eau engendre des eaux usées contenant différentes concentrations d'impuretés.

En fonction de l'origine et de la nature des substances polluantes, on peut distinguer quatre catégories d'eaux usées :

3.1. Les eaux usées domestiques :

Ces eaux proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles contiennent principalement des polluants organiques. Leur production dépend de la consommation d'eau potable, du niveau de confort des habitations et des habitudes des occupants. La composition des eaux domestiques est relativement similaire pour toutes les habitations.

Les eaux usées domestiques se répartissent comme suit :

- Les eaux vannes, provenant de l'évacuation des toilettes.
- Les eaux évacuées des cuisines et des salles de bains.
- Les eaux de lavage.

3.2 Les eaux de ruissellement :

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues, accumulant des polluants atmosphériques, des poussières, des débris, des suies de combustion et des hydrocarbures rejetés par les véhicules.

Chapitre 02 : Généralités sur la pollution des eaux

Ces eaux de pluie, collectées normalement avec les eaux usées, sont ensuite déversées dans le réseau d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration. [5]

3.3 Les eaux industrielles :

Les eaux usées industrielles proviennent des usines de fabrication ou de transformation. Elles peuvent contenir des substances organiques ou minérales corrosives. Généralement les industries traitent entièrement leurs effluents avant le rejet dans le milieu naturel récepteur ou effectuer un prétraitement en usine avant le rejet dans le réseau d'égouts pour respecter les normes de rejet.

3.4 Pollution d'origine agricole :

L'agriculture représente une source significative de pollution des eaux en introduisant des engrais et des pesticides. Les eaux agricoles provenant des terres cultivées, chargées en nitrates et phosphates issus des engrais, entraînent un enrichissement en matières azotées ou phosphatées dans les nappes phréatiques superficielles et dans les cours d'eau ou les retenues d'eau, par ruissellement.

4. Les divers types de pollution :

L'accroissement de la population et le développement industriel rapide ont étendu les causes de la pollution. On distingue plusieurs types de pollution selon leur nature :

4.1. La pollution organique :

La pollution organique est la plus répandue et provient du déversement d'eaux usées domestiques ou résiduaire issues des industries agroalimentaires, des abattoirs, des industries du bois, des papeteries, etc. Ces eaux peuvent être absorbées par le milieu récepteur tant que la limite d'autoépuration n'est pas dépassée.

La pollution physique :

- **La pollution thermique :**

La pollution thermique découle des rejets d'eaux chaudes provenant des systèmes de refroidissement des centrales thermiques ou nucléaires, notamment. Ces eaux chaudes provoquent une diminution de la teneur en oxygène dissous dans l'eau, ce qui peut avoir des effets néfastes sur la faune aquatique.

- **Pollution mécanique :**

La pollution mécanique découle du transport, par l'eau, de particules en suspension.. Cela entraîne une concentration des écoulements et des volumes d'eau charriant avec eux des boues. Ces boues colmatent les fonds des ruisseaux et des rivières, diminuant ainsi l'infiltration de l'eau vers la nappe. [7]

4.2. Pollution chimique :

L'eau, grâce à son pouvoir dissolvant élevé, dissout les substances rejetées par l'activité humaine. Ces substances chimiques toxiques ou nocives proviennent d'une multitude de sources :

sels minéraux dissous, pesticides, hydrocarbures, métaux lourds et détergents forment la catégorie des micropolluants.

4.3. Pollution microbienne :

La pollution microbienne est d'origine humaine et animale, souvent issue des rejets urbains. Cette forme de pollution devient particulièrement dangereuse lorsque les eaux usées se déversent dans un milieu pouvant être utilisé pour les loisirs (eau de mer, lac, rivière, etc.). La présence de microorganismes pathogènes tels qu'E. Coli, Streptocoques fécaux, Salmonelle et Vibrio cholerae peut provoquer des maladies infectieuses telles que la fièvre typhoïde et le choléra.

5. Caractéristiques des eaux usées :

Les normes de rejet des eaux usées définissent des indicateurs de qualité physico-chimique et biologique, souvent exprimés en mg/l. Ces indicateurs permettent d'évaluer le potentiel de pollution des eaux usées et sont quantifiés au moyen d'une série d'analyses. Certains paramètres servent d'indicateurs aux altérations que ces eaux peuvent provoquer dans les milieux naturels. Pour les eaux usées domestiques, industrielles et les effluents naturels, plusieurs analyses s'avèrent pertinentes.

5.1. Les paramètres physiques :

Ces paramètres sont conséquences de l'introduction de substances dans un milieu, provoquant généralement des modifications de ses caractéristiques physico-chimiques. Ces paramètres sont milieux naturels.

- **La température :**

Elle influence également la nitrification et la dénitrification biologique. La plage optimale pour la nitrification se situe entre 28 et 32°C. En revanche, elle diminue considérablement entre 12 et 15°C et cesse en dessous de 5°C.

- **La turbidité:**

La turbidité est directement liée à la transparence de l'eau, servant de principal indicateur de la présence de matières organiques ou minérales sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Sa variation dépend des matières en suspension (MES) présentes dans l'eau.

- **Les matières en suspension (MES) :**

Les MES englobent l'ensemble des particules, qu'elles soient organiques (MVS) ou minérales (MMS), qui ne sont pas dissoutes dans l'eau, représentant ainsi un indicateur clé du degré de pollution des eaux urbaines ou industrielles. Elles sont exprimées en mg/l.

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

Les MVS sont la fraction organique des MES et sont obtenues en calcinant ces dernières à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la perte au feu, correspondant à la teneur en MVS en mg/l dans une eau.

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

Les MMS résultent de l'évaporation totale de l'eau, représentant l'extrait sec constitué à la fois des matières en suspension et des matières solubles telles que les chlorures et les phosphates.

5.2. Les paramètres chimiques :

- **Le niveau d'acidité (pH) :**

Les organismes réagissent de manière significative aux fluctuations du niveau d'acidité, et un équilibre approprié de la faune et de la flore aquatique est possible dans une plage de pH allant de 6 à 9.. Il joue un rôle crucial dans le processus d'épuration des effluents et le développement bactérien. La nitrification optimale ne se produit que dans une plage de pH allant de 7,5 à 9.

- **La conductivité électrique (CE) :**

La conductivité électrique mesure la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. Elle offre des indications précises sur la teneur en sels dissous. Mesurer la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau . Au-delà d'une limite de salinité correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{Sm/cm}$, la prolifération des microorganismes peut être réduite, entraînant une diminution du rendement épuratoire.

- **La demande biochimique en oxygène (DBO5) :**

La DBO5 représente la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C, à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé. On utilise comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours, ce qui constitue la DBO5.

- **La demande Chimique en Oxygène (DCO) :**

La Demande Chimique en Oxygène est une mesure de la quantité d'oxygène requise pour la dégradation chimique de toute matière organique. Le rapport entre la DCO et la DBO (Demande Biochimique en Oxygène) indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent et permet de déterminer son origine [5].

- **La biodégradabilité:**

Elle représente la capacité d'un effluent à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes intervenant dans le processus d'épuration biologique des eaux. Ce concept est quantifié par un coefficient K, défini comme $K = \text{DCO} / \text{DBO5}$.

Si $K < 1,5$: cela indique que les matières oxydables sont majoritairement constituées de matières hautement biodégradables ;

Si $1,5 < K < 2,5$: cela indique que les matières oxydables ont une biodégradabilité moyenne ;

Si $2,5 < K < 3$: les matières oxydables ont une faible biodégradabilité.

Chapitre 02 : Généralités sur la pollution des eaux

- **Les sels nutritifs :**

Les nutriments, présents dans les eaux usées urbaines sous forme organique ou minérale, sont responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. Connaître les quantités de nutriments dans les effluents épurés avant leur rejet dans le milieu récepteur est essentiel. Parmi ces nutriments, on trouve :

Le phosphore :

Présent dans les eaux résiduaires brutes sous forme organique (d'origine industrielle ou biologique) et minérale (ortho-phosphates et poly-phosphates provenant de lessives et d'engrais phosphatés).

L'azote :

Présent sous différentes formes (azote organique N, azote ammoniacal NH_4^+ , azote dissous, azote nitreux NO_2 , azote nitrique NO_3). Les eaux résiduaires domestiques contiennent principalement de l'azote ammoniacal. Les formes oxydées sont présentes en faibles quantités, car les eaux usées sont généralement considérées comme des milieux réducteurs.

6. Les critères de la pollution organique :

La pollution organique provient du déversement des eaux usées domestiques ainsi que des eaux résiduaires issues d'industries textiles, papetières, du secteur du bois, de raffineries, d'abattoirs et de l'agroalimentaire.

Cette forme de pollution peut être intégrée par le milieu récepteur tant que la limite d'auto-épuration n'est pas atteinte. Au-delà de cette limite, la respiration de divers organismes aquatiques peut être compromise au profit de la dégradation de cette matière organique.

Aussi un équivalent habitant représente la pollution quotidienne de l'eau générée par un individu. Selon les besoins quotidiens en eau, chaque personne est censée utiliser une certaine quantité d'eau par jour. La quantité de pollution produite quotidiennement par un individu est estimée à 57 g de matières oxydables (MO), 90 g de matières en suspension (MES) et 15 g de matières azotées (MA) et 4 g de matières phosphorées (MP).

7. Conclusion :

Les impacts immédiats ou différés d'un rejet d'eaux usées sur l'écosystème récepteur sont variés. Ils sont causés par la présence d'éléments polluants présents dans l'eau, sous forme dissoute ou particulaire. C'est pourquoi il est essentiel d'épurer ces eaux usées avant de les déverser dans le milieu naturel, afin de maintenir l'équilibre de l'écosystème.



Chapitre 03

Procèdes d'épuration des eaux usées

1. Introduction :

Le traitement des eaux usées urbain ou industriel est un processus crucial visant à éliminer ou réduire les contaminants présents dans les eaux résiduaires avant leur rejet dans l'environnement. Elle vise à prévenir la contamination des ressources en eau, à protéger la santé publique et à maintenir l'équilibre écologique des écosystèmes aquatiques. Les procédés de dépollution des eaux usées sont des techniques et des méthodes spécifiques employées pour traiter ces eaux afin de les rendre plus sûres pour l'environnement et les organismes qui en dépendent. Ces procédés varient en fonction des caractéristiques des eaux usées à traiter, des normes environnementales en vigueur et des ressources disponibles. Dans ce contexte, nous allons explorer les principaux procédés de dépollution des eaux usées et leurs objectifs respectifs.

2. Le prétraitement :

Le prétraitement des eaux usées est la première étape essentielle du processus de traitement des eaux résiduaires. Il vise à éliminer ou à réduire les matières et composants solides grossiers, ainsi que les substances susceptibles de perturber les phases ultérieures du traitement des eaux. Ce processus préliminaire permet d'améliorer l'efficacité et l'efficacité des traitements subséquents.

Les principales activités du prétraitement incluent la séparation des matières solides grossières, telles que les débris, les détritiques, les sables et les graisses, ainsi que la régulation du débit des eaux usées. Ces matières peuvent endommager les équipements de traitement, obstruer les canalisations et compromettre le bon fonctionnement des installations.

Les techniques couramment utilisées dans le prétraitement comprennent la grille de dégrillage pour la séparation des débris solides, les dégraisseurs pour l'élimination des graisses et des huiles, les déshuileurs pour la séparation des huiles flottantes, et les décanteurs pour la sédimentation des particules lourdes comme le sable. Le prétraitement peut également impliquer l'ajustement du pH et la désinfection préliminaire.

Le prétraitement des eaux usées comporte plusieurs étapes essentielles visant à éliminer les matières solides grossières et à préparer les eaux usées pour les étapes de traitement subséquentes. Voici les étapes typiques du prétraitement des eaux usées :

2.1 Dégrillage :

Le processus de dégrillage est un élément crucial dans le traitement des eaux usées dans une station d'épuration. Voici des explications complémentaires sur les différents types de dégrillage :

- **Dégrillage Grossier** : Le dégrillage grossier vise à retenir les objets et les détritiques de grande taille présents dans les eaux usées. Ces objets pourraient obstruer les canalisations ou endommager les équipements plus en aval du processus de traitement. L'espacement des barreaux dans cette grille est relativement large, généralement compris entre 4 et 10 cm. Ces grilles peuvent être installées individuellement sur des canaux ou sous forme de paniers.
- **Dégrillage Moyen** : Bien que non spécifiquement mentionné dans votre description, le dégrillage moyen peut être considéré comme une étape intermédiaire entre le dégrillage grossier et fin. Il vise à retenir des débris de taille modérée qui pourraient également nuire aux équipements

ultérieurs. Les espacements dans ce type de grille seraient plus petits que ceux du dégrillage grossier.

- **Dégrillage Fin** : Le dégrillage fin a pour objectif de bloquer les débris de petite taille tels que les végétaux, papiers, chiffons et autres déchets de faible dimension. Ces débris pourraient sinon entraver le fonctionnement des pompes, aérateurs et autres composants du système. Les grilles dans cette étape ont des espacements très petits, généralement compris entre 0,1 et 1 cm.

L'utilisation de ces trois types de dégrillage permet de filtrer efficacement les déchets de différentes tailles présents dans les eaux usées, ce qui est crucial pour le bon fonctionnement et l'efficacité des étapes de traitement suivantes dans la station d'épuration.

2.2 Tamisage :

- Cette étape implique l'utilisation de tamis ou de tamis rotatifs pour éliminer les particules plus petites comme le sable fin et les matières organiques solides restantes.

2.3 Dessablage et déshuilage :

- Les eaux usées passent ensuite par des bassins de dessablage où les particules de sable et de gravier plus lourdes sont séparées par sédimentation.

- Dans les déshuileurs, les huiles et les graisses, étant plus légères, sont récupérées à la surface des bassins.

2.4 Dégraissage :

Les graisses et les huiles collectées à partir des déshuileurs sont éliminées. Cela peut se faire par "skimming" ou par d'autres méthodes appropriées.

2.5 Désintégration mécanique :

Certains systèmes de prétraitement peuvent inclure des équipements de désintégration mécanique pour réduire la taille des particules solides et améliorer leur élimination dans les étapes suivantes du traitement.

2.6 Régulation du débit :

La régulation du débit est souvent intégrée dans le prétraitement pour garantir une charge hydraulique uniforme et contrôlée pour les étapes ultérieures du processus de traitement.

Ces étapes de prétraitement sont essentielles pour garantir que les eaux usées qui passent dans les installations de traitement ultérieures sont exemptes de matières solides indésirables et de contaminants grossiers, ce qui optimise l'efficacité globale du traitement des eaux usées.

3. Traitement physico-chimique :

Le traitement physico-chimique des eaux usées est une étape du processus global de traitement des eaux résiduaires visant à éliminer les contaminants par des réactions chimiques et des processus physiques. Contrairement aux traitements biologiques qui impliquent l'action de micro-organismes, le traitement physico-chimique se concentre sur les interactions et les transformations de la matière à l'échelle moléculaire et particulaire.

Voici les principaux composants et processus du traitement physico-chimique :

3.1 Coagulation et floculation :

Les coagulants chimiques tels que le sulfate d'aluminium, le chlorure ferrique, etc., sont ajoutés aux eaux usées pour neutraliser les charges électriques des particules et provoquer leur agrégation (coagulation) en floes plus gros (floculation). Ces floes facilitent la séparation des particules en suspension.

3.2 Sédimentation :

Les floes formés dans la coagulation et la floculation sont ensuite séparés du liquide par sédimentation. Les particules agrégées, plus lourdes, se déposent au fond des bassins de sédimentation où elles peuvent être éliminées.

3.3 Flottation :

Dans certains cas, une technique de flottation est utilisée pour éliminer les particules légères et les graisses de la surface de l'eau. Des bulles d'air sont injectées pour faire flotter les particules et les concentrer à la surface pour élimination.

3.4 Adsorption :

Certains contaminants peuvent être éliminés par adsorption sur des surfaces actives telles que le charbon actif ou d'autres adsorbants. Les substances indésirables se fixent sur ces surfaces, permettant leur retrait de l'eau.

3.5 Oxydation et réduction :

Des réactions chimiques d'oxydation ou de réduction peuvent être induites pour décomposer ou transformer des contaminants spécifiques en produits moins nocifs. Par exemple, l'oxydation peut être utilisée pour détruire des composés organiques.

3.6 Réglage du pH :

Le réglage du pH est souvent nécessaire pour optimiser les réactions chimiques et favoriser la précipitation ou la coagulation des substances indésirables.

Le traitement physico-chimique est souvent suivi d'étapes biologiques pour éliminer les contaminants restants. Ce traitement combiné permet d'obtenir une eau de meilleure qualité avant son rejet dans l'environnement ou son réutilisation pour diverses applications.

4. Le traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux usées est une méthode qui utilise des micro-organismes vivants tels que des bactéries, des protozoaires et des champignons pour décomposer et éliminer les matières organiques et autres polluants présents dans les eaux usées. Ces micro-organismes utilisent les composés organiques présents dans les eaux usées comme source de nutriments et d'énergie, transformant ainsi les substances nocives en produits moins dangereux.

Voici les principales formes de traitement biologique des eaux usées :

4.1 Traitement biologique aérobie :

Dans les systèmes aérobies, les micro-organismes utilisent de l'oxygène pour décomposer les matières organiques. Cela peut se faire dans des réacteurs biologiques tels que les bassins d'aération et les lits bactériens aérés. Les bactéries aérobies dégradent les contaminants organiques en dioxyde de carbone, en eau et en biomasse.

4.2 Traitement biologique anaérobie :

Les processus anaérobies se déroulent en l'absence d'oxygène. Les micro-organismes anaérobies décomposent les matières organiques en produits tels que le méthane et le dioxyde de carbone. Les réacteurs anaérobies, comme les réacteurs à boues granulaires ou les digesteurs anaérobies, sont couramment utilisés dans ce type de traitement.

4.3 Réacteurs biologiques à biomasse fixée :

Ces réacteurs utilisent un support solide ou une surface fixe pour favoriser la croissance des micro-organismes. Les biofilms formés sur le support permettent le traitement efficace des eaux usées en favorisant l'attachement et la croissance des bactéries.

4.4 Lits bactériens :

Les lits bactériens consistent en des lits remplis de matériaux tels que des cailloux ou des billes de plastique. Les eaux usées passent à travers ces lits où les micro-organismes fixés dégradent les contaminants.

Le traitement biologique est souvent complété par d'autres étapes de traitement telles que le prétraitement physico-chimique pour éliminer les matières solides et certains contaminants avant le processus biologique. Cette combinaison de traitements vise à produire des eaux usées épurées conformes aux normes environnementales avant leur rejet dans l'environnement ou leur réutilisation.

5. Le traitement complémentaire :

Le traitement complémentaire, traitement tertiaire, fait référence à la phase finale du processus de traitement des eaux usées, visant à améliorer davantage la qualité de l'eau traitée après les étapes de traitement biologique et/ou physico-chimique. Ces traitements supplémentaires également appelés sont essentiels pour répondre à des normes de qualité de l'eau plus strictes ou pour préparer l'eau pour une réutilisation sécuritaire et diverses applications.

Voici quelques composants courants du traitement complémentaire des eaux usées :

5.1 Filtration fine :

La filtration à travers des médias granulaires ou des membranes poreuses est utilisée pour éliminer les particules fines, les bactéries, les virus et d'autres contaminants résiduels qui pourraient subsister après les étapes précédentes.

5.2 Désinfection :

La désinfection a pour but d'éliminer les micro-organismes pathogènes restants, tels que les bactéries, les virus et les protozoaires, pour garantir que l'eau traitée soit sécuritaire pour le rejet dans l'environnement ou pour la réutilisation. Les méthodes courantes incluent la chloration, l'ozonation, l'irradiation aux ultraviolets (UV) et l'utilisation de désinfectants chimiques.

5.3 Adsorption sur charbon actif :

Le charbon actif est souvent utilisé pour adsorber les contaminants résiduels et les composés organiques qui n'ont pas été éliminés dans les étapes précédentes. Le charbon actif a une grande surface spécifique et peut adsorber un large éventail de polluants.

5.4 Réduction des nutriments :

Le traitement complémentaire peut inclure des méthodes spéciales pour réduire les nutriments tels que l'azote et le phosphore, qui peuvent être préjudiciables aux écosystèmes aquatiques s'ils sont présents en excès dans l'eau.

5.5 Réajustement du pH :

Si nécessaire, le pH de l'eau peut être réajusté pour atteindre des valeurs compatibles avec les normes de qualité de l'eau ou les exigences de réutilisation.

5.6 Élimination des résidus de produits chimiques :

Les résidus de produits chimiques issus des étapes précédentes, tels que les coagulants, peuvent être éliminés ou neutralisés pour éviter leur présence dans l'eau traitée.

En combinant ces différentes étapes, le traitement complémentaire vise à obtenir une qualité d'eau répondant aux normes environnementales ou à la rendre adaptée à des usages spécifiques tels que l'irrigation, la recharge des nappes phréatiques, ou même la potabilisation. L'objectif ultime est de garantir que l'eau traitée soit sûre pour l'environnement ou pour une utilisation humaine, tout en minimisant son impact sur la santé publique et les écosystèmes.

6. Conclusion :

Le chapitre sur les procédés de traitement des eaux usées explore de manière approfondie les différentes étapes cruciales pour purifier les eaux résiduaires en vue d'un rejet sûr dans l'environnement ou d'une réutilisation adaptée. Le prétraitement débarrasse les eaux usées des débris, préparant ainsi le terrain pour des traitements plus efficaces. Les traitements physico-chimiques utilisent des réactions chimiques et physiques pour éliminer les contaminants, tandis que les traitements biologiques font appel à des micro-organismes pour dégrader les matières organiques, contribuant ainsi à produire une eau plus propre. En intégrant des procédés complémentaires tels que la filtration fine et la désinfection, on parvient à obtenir une eau traitée conforme aux normes les plus strictes. L'importance réside dans la conception intégrée de ces procédés, assurant ainsi une gestion efficace des eaux usées et contribuant à un avenir respectueux de l'environnement.



Chapitre 04
Calcul de base

Chapitre 04 : Calcul de base

1. Introduction :

On fait le calcul de base par le calcul des besoins en eau potable et les débits et qualités des eaux usées selon l'horizon souhaitée avant de faire le dimensionnement de la STEP.

2. Perspective démographique :

2.1. Population :

Les données démographiques d'Ain Oussera indiquent une augmentation significative de la population au fil du temps.

Pour obtenir des prévisions démographiques pour les horizons 2053, vous pouvez utiliser la formule des intérêts composés en fonction du taux de croissance annuelle de la population. Cependant, il serait nécessaire d'obtenir des données plus récentes sur la population et d'estimer un taux de croissance pour effectuer des prévisions précises.

Années	1977	1987	1998	2002	2011	2016	2023
Population	27 500	46 610	87 808	96 627	115 479	127 490	130 842

Tableau IV.1 L'évaluation de la population entre 1977 et 2023 Source: APC Ain Oussera

La population d'Ain Oussera a connu une croissance significative au fil des années, comme en témoignent les données suivantes :

- En 2023, le recensement a enregistré une population de 130,842 habitants.
- Cette croissance démographique indique une expansion notable de la population de la région au cours de cette période. Pour obtenir des prévisions démographiques pour 2053 il serait nécessaire de disposer de données de population ultérieures ainsi que de taux de croissance annuels pour effectuer des projections futures.

2.2. Taux de croissance :

Les taux de croissance de la population à Ain Oussera au fil des années sont les suivant

Entre 2016 et 2023, le taux de croissance a ralenti, avec une augmentation de la population estimée à 0,52 %.

Commune	2008		2011		2016		2023	
	Nombre d'habitant	T	Nombre d'habitant	T	Nombre d'habitant	T	Nombre d'habitant	T
Ain Oussera	98 100	8,28	115 479	5.9	127 498	2.08	130 842	0.52

Tableau IV.2 L'évaluation de la Taux d'accroissement entre 2008 et 2023. Source: APC Ain Oussera

Chapitre 04 : Calcul de base

Pour obtenir des prévisions démographiques pour 2053, il serait nécessaire de disposer de données supplémentaires ainsi que de modèles de projection démographique prenant en compte ces différents facteurs.

$$P_n = P_0 (1 + T/100)^n$$

Années	2023	2053	Obs
Taux d'accroissement	0.52	1.51	Taux d'accroissement de la région
Population ou Habitant	130842	191702	

Tableau IV.3 Taux d'accroissement et la Population à l'horizon d'étude

Il est tout à fait approprié d'utiliser un taux d'accroissement de la population basé sur les données nationales plutôt que de se fier uniquement aux taux historiques spécifiques à la commune. Les taux nationaux peuvent fournir une base plus solide pour les prévisions démographiques à long terme, car ils prennent en compte les tendances et les facteurs démographiques au niveau national, qui peuvent être plus stables et représentatifs.

3. Les équipements collectifs et les industries :

3.1. Les équipements collectifs :

- l'hôpital existant à une capacité de 152 lits, l'extension de 240 lits.

Désignation	Actuel	Horizon 2053
Nombre de lits	152	240
Equivalent habitant par lit	3	3
Equivalent habitant total	456	720
Débit d'eaux usées L/Lit/J	600	600
Débit d'eaux usées M ³ /J	91,2	144
DBO 5 G/Hab/J	60	60
DBO 5 (Kg/J)	27,36	43,2
Charge en DBO 5 (Mg/L)	300	300

Tableau IV.4 : Les équipements collectifs. Source: APC Ain Oussera

Chapitre 04 : Calcul de base

3.2. Les unités industriels :

Branche d'activité	Entreprise	Produits	Capacité installée	Effectif
Agro-Alimentaire	Moulins Ain Sara	Farine	1000 QX /J	27
	Laiterie Swettle	Lait et Dérivés	50 000 000 L/AN	70
	Boissons BADR	Boissons Gazeuses	14 000 L/h	32
S/TOTAL				158
Chimie et Plastique	SARL Seipam	Matelas en Mousse	4800 bloc / an	25
	SARL Hillal	Plaques-en Polystyrène	16 000 M3/ an	16
	SARL Canapehp	Tube en PEHD	6000 T/An	56
S/TOTAL				97
Peinture	EURL Valentina	La Peinture	300 T/ an	20
	SNC Tassili	La Peinture	10 T/ J	15
S/TOTAL				35
Verrerie	SARL Siv	Fabrication de verre	7200 Pièces/an	30
TOTAL				484

Tableau IV.5 : Les unités industrielles. Source: APC Ain Oussera

Il est essentiel de prendre en compte les besoins en eau potable des zones industrielles lors de la planification de l'approvisionnement en eau de la région. Les besoins en eau potable pour les activités industrielles peuvent être considérables, en particulier dans des secteurs tels que l'agroalimentaire et la chimie.

Dans votre cas, vous estimez les besoins théoriques de la zone industrielle à 4 000 m³/jour, dont 1 500 m³/jour sont réservés aux entreprises agroalimentaires et chimiques. Vous avez également identifié deux unités de production de lait et une unité de boissons gazeuses parmi les consommateurs d'eau les plus importants.

Il est important de noter que la gestion de l'eau dans une zone industrielle doit également prendre en compte le traitement des eaux usées industrielles pour éviter toute pollution de l'environnement. Cela peut nécessiter la mise en place de systèmes de traitement des eaux usées industriels appropriés.

Assurer un approvisionnement en eau adéquat pour les activités industrielles est crucial pour le développement économique de la région, tout en veillant à une gestion responsable des ressources en eau et à la protection de l'environnement.

4. Station de lavage et graissage de véhicules :

La présence de 12 stations de lavage et de graissage de véhicules dans l'agglomération peut avoir un impact significatif sur la consommation d'eau, en particulier si elles sont fréquentées régulièrement. Vous avez indiqué que la capacité totale de ces stations est de 100 véhicules par jour, avec une consommation d'eau totale de 300 m³ par jour.

Il est important de noter que les stations de lavage et de graissage peuvent également générer des eaux usées contenant des huiles et d'autres contaminants. Vous avez mentionné que les huiles en général sont récupérées ou partiellement rejetées dans les égouts. Il est essentiel de mettre en place des pratiques de gestion des eaux usées appropriées pour éviter toute pollution de l'environnement.

Dans de nombreuses régions, il existe des réglementations strictes concernant la gestion des eaux usées des stations de lavage et de graissage, notamment en ce qui concerne le traitement des eaux usées avant leur rejet dans les égouts ou dans l'environnement.

Assurer une utilisation efficace de l'eau dans ces stations tout en respectant les réglementations environnementales est essentiel pour maintenir une gestion responsable des ressources en eau et éviter toute pollution.

5. Douche & Hammam :

La présence de 11 douches et 9 hammams dans la ville entraîne une consommation d'eau quotidienne importante, estimée à 400 m³ par jour. Les établissements de ce type, en particulier les hammams, ont besoin d'une quantité significative d'eau pour fournir des services de qualité à leurs clients.

Il est important de noter que les hammams, en particulier, utilisent de grandes quantités d'eau pour générer de la vapeur, créant ainsi un environnement de bain chaud et humide. Cette pratique traditionnelle de bain peut être une caractéristique culturelle importante, mais elle a des implications sur la consommation d'eau.

La gestion de l'eau dans de tels établissements est cruciale pour assurer une utilisation efficace des ressources en eau. Il est recommandé de mettre en place des systèmes de recyclage de l'eau, de récupération de la chaleur et d'autres pratiques d'efficacité énergétique pour minimiser l'impact environnemental de ces activités.

6. Equipement militaire et de sécurité :

La présence de 4 000 militaires et policiers dans la ville d'Ain Oussara est un élément important à prendre en compte pour évaluer les besoins en eau potable et les infrastructures nécessaires pour répondre à cette demande. Les institutions militaires et policières ont des besoins spécifiques en eau pour leurs installations et activités quotidiennes.

Il est essentiel de garantir un approvisionnement adéquat en eau pour ces forces de sécurité, car elles jouent un rôle crucial dans le maintien de l'ordre et la sécurité de la population. Cela peut inclure la fourniture d'eau potable pour la consommation humaine, ainsi que l'approvisionnement en eau pour d'autres besoins tels que le nettoyage, l'entretien des véhicules et des équipements, etc.

En outre, il est important de mettre en œuvre des pratiques d'efficacité de l'eau et des mesures de gestion durable pour minimiser l'impact environnemental de ces activités tout en garantissant un approvisionnement suffisant en eau pour les forces de sécurité.

7. Abattoirs :

La ville d'Ain Oussara, dispose des abattoirs.

a) Abattoir pour viande rouge :

Production annuelle	Têtes	Production en viande
- Bovins	432 têtes	41962 Kg
- Ovins	3 388 têtes	98 906 Kg
Total	3 820 têtes	140 868 Kg

Tableau IV.6 : Abattoir pour viande rouge. Source: APC Ain Oussara

b) Abattoir pour viande blanche :

Production journalière est de 5 000 S/J et extensible à 8 000 S/J.

Besoin en eau est de 250 M³/J.

c) La charge organique et le débit des eaux usées de l'abattoir de la viande rouge :

Désignation	Année 2023	Horizon 2053
Animaux abattus (Têtes/J)	100	175
Débit des eaux usées (L/T/J)	300	300
Débit des eaux usées (M ³ /J)	30	52.5

Chapitre 04 : Calcul de base

DBO 5 (G/Tête)	337,5	337.5
DBO 5 total (Kg/J)	33.75	59.065
Charge en DBO 5 (Mg/L)	11,25	11.25

Tableau IV.7 : La charge organique et le débit des eaux usées de l'abattoir de viande rouge. Source: APC Ain Oussera

d) La charge organique et le débit des eaux usées de l'abattoir de la viande blanche :

Désignation	Année 2023	Horizon 2053
Sujets abattus (S/J)	1 000	2500
Débit des eaux usées (M ³ /J)	250	300
DBO 5 (G/S)	15	15
DBO 5 (Kg/J)	15	38
Charge en DBO 5 (Mg/L)	4	10

Tableau IV.8 : La charge organique et le débit des eaux usées de l'abattoir de la viande blanche. Source: APC Ain Oussera

N. B : Que l'abattoir de la viande rouge est alimenté par le réseau d'A. E. P de la ville.

e) Le nombre équivalent habitants par tête :

Désignation	DBO 5	DBO 5 par habitant / 2023	Rapport équivalent par habitant
a) Abattoir viande rouge	337,5	60	5,63
b) Abattoir viande blanche	15	60	0,25

Tableau IV.9 : Le nombre équivalent habitants (Abattoir) . Source: APC Ain Oussera

8. Evaluation des besoins en eau potable de la ville de AIN OUSSERA 2053 :

L'évaluation des besoins en eau potable pour les équipements scolaires, administratifs, socioculturels, commerciaux, sportifs, et de loisirs est une étape importante dans la planification de la distribution d'eau dans la ville d'Ain Oussara. Ces équipements jouent un rôle essentiel dans la vie quotidienne de la population et ont des besoins spécifiques en eau potable pour fonctionner correctement.

Chapitre 04 : Calcul de base

Désignation	Année 2023	Horizon
		2053
Population (Hab.)	130 842	208553.5
Dotation en eau potable (L/Hab./J)	150	200
Besoins en eau potable (M ³ /J)	12624	41710.7
Besoins en eau potable de l'Hôpital (M ³ /J)	100	144
Besoins en eau potable de deux abattoirs (M ³ /J)	258	417
Besoins en eau potable de l'industrie (M ³ /J)	4000	4000
Besoins en eau potable caserne et service de sécurité	1000	1000
Besoins en eau potable stations de lavage, Hammam et douche	700	900
Besoins en eau potable secteur d'éducation et formation	125	125
Total (M³/J)	25809.5	41828

Tableau IV.10 : Evaluation des besoins en eau potable. Source: APC Ain Oussera

9. Charges hydrauliques totales :

Désignation	Année 2023	Horizon
		2053
Débit journalier d'eaux usées des habitants (M ³ /J)	14758	29756
Débit journalier d'eaux usées des équipements collectifs et les industries (M ³ /J)	4046	4428.5
Débit journalier d'eaux usées total (M³/J)	18804	34184.5
Débit de pointe des habitants Q ₁₄ (M ³ /H)	1054	2125.5
Débit de pointe des équipements collectifs et les industries Q ₁₀ (M ³ /H)	404.6	442.85
Débit de pointe total Q_p (M³/H)	1458.60	2256
Débit moyenne total Q₁₄ (M³/H)	784	1243
Débit minimal Q₃₇ (M³/H)	509	924

Tableau IV.11 : Les charges hydrauliques totales. Source: APC Ain Oussera

10. Estimation de la composition des eaux usées :

Le tableau N°24 mentionne la capacité totale en équivalents habitants (EH) de la future station d'épuration de AIN OUSSERA. Les équivalents habitants sont une mesure standard utilisée pour évaluer la charge polluante des eaux usées en fonction de la population qu'elle dessert et de la quantité de pollution qu'elle génère. Voici un résumé des valeurs fournies dans le tableau :

- **Population desservie** : Il s'agit du nombre total d'habitants de la ville.
- **Production par habitant** : Cela indique la quantité estimée de polluants (exprimée en kg ou en litres) générée par habitant et rejetée dans les eaux usées.
- **Production totale par type d'établissement** : Cela donne la quantité totale de polluants générée par chaque type d'établissement, comme les logements, les écoles, les industries, etc.
- **Nombre d'équivalents habitants (EH)** : C'est la conversion des productions de chaque type d'établissement en équivalents habitants. Par exemple, si une industrie génère autant de pollution que 50 habitants, elle serait équivalente à 50 EH.
- **Total des équivalents habitants (EH)** : C'est la somme de tous les équivalents habitants générés par chaque type d'établissement. Cela donne la charge totale en équivalents habitants que la station d'épuration doit être capable de traiter.

Cette estimation des équivalents habitants est essentielle pour dimensionner la station d'épuration afin de gérer efficacement les eaux usées domestiques et industrielles de la ville. Elle permet de s'assurer que la station dispose de la capacité nécessaire pour traiter la charge polluante générée par la population et les activités industrielles et commerciales.

Désignation	Année 2023	Horizon 2053
- Equipement Sanitaire	456	720
- Abattoir	813	1611
- Habitant de la ville.	130842	207255
Total équivalent habitant	132111	209586
Total arrondi	134000	210000

Tableau IV.12 : Total équivalent habitant.

Désignation	Horizon 2053
Demande biochimique en oxygène DBO 5 (G/Hab./J)	62.5
Matière en suspension MES (G/Hab./J)	75

Tableau IV.13 : Les concentrations estimée des DBO5 et MES en 2053

En fonction des charges citées et la capacité totale en équivalent- habitant de la ville on calcul les charges totales en MES de la ville.

11. Calcul des paramètres principaux pour le dimensionnement de la station d'épuration des eaux usées d' AIN OUSSERA :

Paramètres Horizon	Equivalent habitant (E. H)	Débit en eaux usées (M ³ /J)	DBO 5		MES	
			Kg/J	Mg/L	Kg/J	Mg/L
2053	209586	37685	11650	338	14000	406

Tableau IV.14 : Les paramètres de pollution

12. Conclusion:

Il est essentiel de prendre en compte la qualité des effluents industriels et des eaux pluviales dans la conception d'une station d'épuration.

En prenant ces mesures, il est possible de préserver l'environnement, de fournir des ressources en eau de qualité pour l'agriculture, et de garantir le bon fonctionnement de la station d'épuration. Une gestion responsable des effluents industriels et des eaux pluviales contribue à la durabilité de la région et à la protection des ressources en eau.



Chapitre 05

Dimensionnement de la station d'épuration

1. Introduction :

Dans votre démarche pour la mise en place d'une station d'épuration, il est essentiel de réaliser une caractérisation approfondie des eaux usées qui seront traitées. Voici une analyse des résultats obtenus à partir des analyses réalisées par le laboratoire central de la société des eaux et de l'assainissement d'Alger.

2. Analyse des eaux usées et estimation de la pollution :

2.1 Résultats des analyses:

Les résultats des analyses des eaux usées de la ville d'Ain Oussara, effectuées par le laboratoire central, sont cruciaux pour déterminer la charge de pollution et les concentrations des différents paramètres clés. Ces analyses sont vitales pour concevoir un système de traitement adapté et efficace. Les paramètres analysés comprennent :

- **DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours)** : La DBO5 donne une indication de la quantité de matière organique présente dans les eaux usées. C'est un indicateur essentiel pour évaluer la charge de pollution biologique.

- **MES (Matières En Suspension)** : Les MES représentent les particules solides présentes dans l'eau, telles que les débris organiques ou inorganiques. Elles sont cruciales pour évaluer la turbidité de l'eau.

- **DCO (Demande Chimique en Oxygène)** : La DCO mesure la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder les substances chimiques présentes dans l'eau. C'est un indicateur de la pollution chimique.

- **pH (Acidité)** : Le pH indique l'acidité ou la basicité des eaux usées, ce qui est vital pour le traitement efficace.

- **La biodégradabilité :**

se réfère à la capacité d'un effluent aqueux à être décomposé ou oxydé par les micro-organismes impliqués dans le processus d'épuration biologique des eaux.

Elle est quantifiée par le rapport entre la Demande Chimique en Oxygène (DCO) et la Demande Biochimique en Oxygène (DBO5).

Ce tableau indique le mode de traitement en fonction du rapport DCO/DBO5 :

Rapport : DCO/DBO ₅	Mode de traitement
$1 < \text{DCO/DBO}_5 < 2$	Une traitement biologique
$2 < \text{DCO} / \text{DBO}_5 < 3$	Une traitement biologique avec une adaptation de la couche microbienne
$\text{DCO} / \text{DBO}_5 > 3$	Une traitement physico-chimique

Tableau V.1 : Le mode de traitement par rapport de rapport de (DCO/DBO₅) [4]

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

- **Température (T°)** : La température des eaux usées est un facteur important qui peut influencer les réactions chimiques et biologiques dans le traitement.
- **Nutriments :**
 - Phosphore : Le phosphore est présent dans l'eau sous deux formes :
 - Forme minérale : Ortho-Phosphate, Poly-Phosphate.
 - Forme organique : dissoute et particulaire. L'origine du phosphore peut être urbaine, industrielle ou agricole. Les principales sources d'apport sont celles provenant de la population.
 - Azote : L'azote peut avoir différentes origines :
 - Anthropique : rejets urbains et industriels.
 - Naturelle : atmosphérique. Dans les eaux domestiques, la concentration totale d'azote (NTK) représente environ 15 à 20% de la DBO5.
- **Paramètres microbiologiques :**

Les eaux usées contiennent également des contaminants microbiologiques tels que des bactéries, des virus pathogènes et des parasites. L'eau est un vecteur privilégié pour la transmission de maladies hydriques, pouvant se propager rapidement dans les régions où les conditions d'hygiène ne sont pas adéquates, simplement par l'ingestion d'eau contaminée.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Paramètres	Concentrations (mg/l)
Température (°c)	22
PH	8.16
Couleur	Nominant
MES à 105°c	406
DBO5	338
DCO	845
Azote (NH4)	78
Phosphate(PO4)	4.56
Nitrite (NO2)	< 0,02

Tableau V.2 : Résultats des analyses des eaux usées SOURCE (DRE DJELFA)

Dans notre cas on a : $DCO/DBO_5 = 845/338 = 2.5$

Alors Le mode de traitement optimale est : ne traitement biologique avec une adaptation de la couche microbienne.

2.2 Calcul de base :

Tous les composants de la station ont été conçus pour traiter les eaux usées en l'horizon 2053. Les dimensions des diverses installations seront calculées en tenant compte des paramètres suivants :

2.2.1 Estimation des débits :

1- Le débit moyen journalier :

$$Q_{moy,J} = D * N * C_r$$

Avec :

D : Dotation (L/Hab/J)

N : Nombre d'habitant

C_r : Coefficient de rejet . Dans ce cas, la dotation est de 200 Litres par habitant par Jour et le pourcentage rejeté est de 80%.

$$Q_{moy,J} = 0.2 * 209586 * 0.8$$

$$Q_{moy,J} = 33533 \text{ m}^3/\text{J}$$

$$Q_{moy,J} = 388 \text{ l/s}$$

2- Le debit moyen horaire :

$$Q_{moy,h} = \frac{Q_{moy,J}}{24}$$

$$Q_{moy,h} = \frac{33533}{24}$$

$$Q_{moy,h} = 1397 \text{ m}^3/\text{h}$$

3- Le débit de pointe :

- en temps sec :

$$Q_{pte,s} = K_p * Q_{moy,J}$$

$$K_p = 1.5 + \frac{2.5}{\sqrt{1397/3.6}}$$

$$K_p = 1.626$$

$$Q_{pte,s} = 1.626 * 388$$

$$Q_{pte,s} = 631.24 \text{ l/s}$$

- En temps pluie :

$$Q_{pte,p} = (2 \sim 5) * Q_{moy,J}$$

$$Q_{pte,p} = 3.5 * 388$$

$$Q_{pte,p} = 1358 \text{ l/s}$$

$$= 4888.8 \text{ m}^3/\text{h}$$

4- Le débit diurne :

$$\text{On a : } Q_d = \frac{Q_{moy,J}}{16}$$

$$\text{Alors } Q_d = \frac{33533}{16}$$

$$Q_d = 2095.8 \text{ m}^3/\text{J}$$

2.2.2 Evaluation des charges polluantes :

1. La charge moyenne journalière en DBO5:

$$L = C_{DBO5} * Q_{moy,j}$$

L : La Charge moyenne journalière en DBO5 en (Kg/J).

C_{DBO5} : Concentration moyen en DBO_5 en (kg/m³).

$Q_{moy,j}$: Débit moyen journalier en (m³/j).

$$L_{2053} = 338 * 33533$$

$$L_{2053} = 11334 \text{ Kg/J}$$

2. Les charges en MES :

$$N = C_{MES} * Q_{moy,j}$$

$$C_{MES,2053} = 406 \text{ mg/L}$$

$$N_{2053} = 406 * 33533$$

$$N_{2053} = 13614.4 \text{ Kg/J}$$

- La biodégradabilité :

$DCO/DBO_5 = 885/354 = 2.5$ (moyennement biodégradable)

Paramètres	Unités	Valeur
Le type de réseau	-	Unitaire
La Population estimée	habitant	209586
Débit moyen journalier $Q_{moy, j}$	m^3 / j	33533
Débit moyen horaire $Q_{moy, h}$	m^3 / h	1397
Coefficient de pointe K_p	-	1.626
Débit de point (tsec) $Q_{pte, s}$	m^3 / h	2272.46
Débit de point (Pluit) $Q_{pte, p}$	m^3 / h	4888.8
Débit diurne Q_d	m^3 / h	87.33
Concentration en DBO5	mg/l	338
La charge journalière en DBO5	Kg/J	11650
Concentration en MES	mg/l	406
Charge journalière en MES	Kg/J	14000

Tableau V.3 : la composition des eaux usées estimée de l'horizon d'études.

3. Le prétraitement :

3.1 Calcul des degriilleurs :

1- Dimensionnement du canal de la grille grossier :

1-1-Section du canal :

en applique les mêmes formules que l'horizon précède On a : $Q_{P,P} = 1,36 m^3 / s$ et on prend la vitesse $V = 0,6 m/s$.

$$\text{On trouve que : } S = \frac{1.36}{0.6} = 2.27 m^2$$

1-2- Hauteur du canal :

En prend une largeur du canal de 2 m on obtient : $H = \frac{2.27}{2} = 1.13 m$

1-3-Rayon hydraulique :

$$R_h = \frac{I * H}{I + 2H} = \frac{2 * 1.13}{2 + 2 * 1.13}$$

$$R_h = 0.53$$

$$R_h^{2/3} = 0.655$$

1-4-Pente du canal :

$$i^{1/2} = \frac{V}{K_s * R^{2/3}} = \frac{0.6}{80 * 0.655} = 0.011$$

$$i = 0.011^2 = 0.012\%$$

➤ Dimensionnement de la grille grossier :

1- Section totale des ouvertures :

On a pour les grilles grossières : $d = 1\text{ cm}$ et $e = (4\sim 10)\text{ cm}$ on prend $e = 2\text{ cm}$;

$$\text{On obtient : } S' = \left(\frac{5}{5+1}\right) * 1.9 \quad \Rightarrow \quad S' = 1.9 \text{ m}^2$$

2- La Vitesse dans la grille :

$$V_{\text{grille}} = \frac{Q_p}{S'} = \frac{1.36}{1.9} \quad \Rightarrow \quad V_{\text{grille}} = 0.72 \text{ m/s}$$

3- Largeur totale des espacements l' :

Elle est donnée par la relation suivante : $l' = \frac{S'}{H}$

$$\text{On trouve : } l' = \frac{1.9}{1.13} \quad \Rightarrow \quad l' = 1.67 \text{ m}$$

4- Nombre d'ouverture :

$$N_0 = \frac{1.67}{2 * 10^{-2}} = 83.5 \quad \Rightarrow \quad N_0 = 84 \text{ ouverture}$$

5- Nombre des barreaux :

$$N = 25 - 1 + = 83 \text{ barreaux}$$

6- Largeur de la griller :

$$L_{\text{griller}} = (N_0 * e) + (N * d)$$

$$\text{D'où } L_{\text{griller}} = (84 * 2 * 10^{-2}) + (83 * 1 * 10^{-2})$$

$$\Rightarrow \quad L_{\text{griller}} = 2.51\text{ m}$$

7- Longueur de la griller mouiller L_{mouiller} :

$$\sin\alpha = \frac{H}{L_{\text{mouiller}}} \quad \Rightarrow \quad L_{\text{mouiller}} = \frac{H}{\sin\alpha}$$

$$\text{Alors : } L_{\text{mouiller}} = \frac{1.3}{\sin 60} = 1.5 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad L_{\text{mouiller}} = 1.5 \text{ m}$$

$$L_{\text{total}} = L_{\text{mouiller}} + 0.5 = 1.5 + 0.5$$

$$L_{\text{total}} = 2\text{ m}$$

➤ Dimensionnement du canal de la grille moyenne :

Section du canal :

$$\text{On a : } Q_p = V * S \quad \Rightarrow \quad S = \frac{Q_p}{V}$$

Dans cette cas on a que : $Q_p \square 1.67 \square \text{ m}^3/\text{s}$ et on prend la vitesse $V = 0,6 \text{ m/s}$;

$$\text{On trouve : } S = \frac{1.67}{0.6} = 2.78 \text{ m}^2 \quad \Rightarrow \quad S = 2.78 \text{ m}^2$$

Hauteur du canal :

$$S = 1 * H \Rightarrow H = \frac{S}{l}$$

En prend $l=1.25$ m, on trouve :

$$H = 2.78/1.25 \Rightarrow H = 2.23 \text{ m}$$

Rayon hydraulique :

$$\text{L'expression du rayon hydraulique : } R_h = \frac{S_{canal}}{P_{canal}} = \frac{L*H}{L+2H}$$

$$\text{On obtient : } R_h = \frac{1.25*2.23}{1.25+2*2.23} = \frac{1.25*2.23}{1.25+2*2.23} = 0.488$$

$$\text{Alors : } R_h^{2/3} = 0.488^{2/3} = 0.62$$

Pente du canal :

En détermine la pente du canal par la formule de Manning-Strickler qui donne:

$$Q = S \cdot K_s \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} ;$$

$$\text{Alors : } i^{1/2} = Q / (S_h \cdot K_s \cdot R^{2/3}) = S / (K_s \cdot R^{2/3})$$

$$K_s = 80 \text{ m}^{(1/3)}/\text{s}.$$

$$\text{On trouve : } i^{1/2} = 1.67 / (80 * 0.62) = 0.033 \Rightarrow i = 0.00114 \text{ m/m} \Rightarrow i = 0.114 \%$$

➤ **Dimensionnement de grille moyenne :**

❖ **Section totale des ouvertures :**

Pour les grilles moyen : $d = 1$ cm, et $e = (1 \text{ jusqu'à } 4) \text{ cm}$; dans notre cas $e = 2$ cm

$$\text{On trouve : } S' = \left(\frac{2}{2+1}\right) * 2.78 = 1.854 \text{ m}^2$$

❖ **La Vitesse dans la grille :**

$$V_{griller} = \frac{Q_p}{S'} = \frac{1.67}{1.854} = 0.9 \text{ m/s}$$

❖ **Largeur totale des espacements l' :**

On calcule la largeur totale des espacements l' par la relation suivante : $l' = \frac{S'}{H}$

$$\text{On obtient : } l' = \frac{1.854}{2.23} = 0.831 \Rightarrow l' = 0,831 \text{ m}$$

❖ **Nombre d'ouverture :**

$$N_0 = \frac{0.831}{2 * 10^{-2}} = 41.57$$

$$\Rightarrow N_0 = 42 \text{ ouverture}$$

❖ **Nombre des barreaux :**

$$N = N_0 - 1$$

$$N = 42 - 1 = 41 \text{ barreaux} \quad \Rightarrow \quad N = 41 \text{ barreaux}$$

❖ **Largeur de la griller :**

$$L_{\text{griller}} = (N_0 * e) + (N * d)$$

$$\text{Donc : } L_{\text{griller}} = (42 * 2 * 10^{-2}) + (41 * 1 * 10^{-2}) \quad \Rightarrow \quad L_{\text{griller}} = 1,25 \text{ m}$$

❖ **Longueur de la griller mouiller :**

$$\sin a = H / L_{\text{mouiller}} \quad \Rightarrow \quad L_{\text{mouiller}} = H / \sin a$$

$$\text{on trouve : } L_{\text{mouiller}} = 0.72 / \sin 60 = 0.831 \quad \Rightarrow \quad L_{\text{total}} = L_{\text{mouiller}} + 0.5 = 1.331 \text{ m}$$

➤ **Calcul des pertes de charges :**

On calcule la perte de charge dans un dégrilleur par la relation de KIRSCHMER :

$$\Delta H = \beta \left(\frac{d}{e} \right)^{4/3} \frac{V^2}{2g} \sin \alpha$$

Avec : ΔH : La perte de charge .

β : Coefficient de la forme des barreaux.

d : L'épaisseur des barreaux en (cm).

e : L'espace entre les barreaux.

α : L'angle d'inclinaison par rapport à l'horizon.

V : La vitesse dans la grille.

➤ **Pertes de charge au niveau de la grille grossière :**

$$\text{(Section rectangulaire)} \beta = 2.42$$

$$d = 0.01 \text{ m}$$

$$e = 0.05 \text{ m}$$

$$V = 1.038 \text{ m/s}$$

$$= 60^\circ \alpha$$

$$\text{Alors : } \Delta H = 2.42 \left(\frac{0.01}{0.05} \right)^{4/3} \frac{0.72^2}{2 * 9.81} \sin 60^\circ = 0.00648 \text{ m} = 0.648 \text{ cm}$$

➤ **Pertes de charge au niveau de la grille moyenne :**

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

$e = 2 \text{ cm}$ et $d = 1 \text{ cm}$ et $V = 1.038 \text{ m/s}$

$$= 0.03362 \text{ m} = 3.362 \text{ cm} \Delta H = 2.42 \left(\frac{0.01}{0.02} \right)^{4/3} \frac{1.038^2}{2 \cdot 9.81} \sin 60^\circ$$

PARAMETRE	UNITE	HORIZON
		2053
1* CANAL DU GRILLE GROSSIER		
Débit de pointe à temps de pluie	m ³ /s	1.36
Vitesse	m/s	0.60
Largeur canal	m	2
Section canal	m ²	2.27
Hauteur canal	m	1.13
Coefficient de rugosité k_s	-	80
Pente (i)	%	0.12
2* GRILLE GROSSIER		
Epaisseur barreaux (d)	mm	10
Espacement barreaux (e)	mm	70
Section d'ouverture s'	m ²	1.9
Vitesse dans la grille v	m/s	0.72
Largeur ouverte l'	m	1.67
Nombre d'ouvertures n	-	84
Nombre de barreaux	-	83
Largeur de la dégrillage	m	2.51
Perte de charge	cm	0.648
3* CANAL DU GRILLE MOYENNE		
Débit pointe à temps sec	m ³ /s	1.68
Vitesse	m/s	0.60
Largeur canal	m	1.25
Section canal	m ²	2.78
Hauteur canal	m	2.23
Coefficient de rugosité k_s	-	80
Pente (i)	%	0.114
4* GRILLE MOYENNE		
Epaisseur barreaux (d)	mm	10

Espacement barreaux (e)	mm	50
Section d'ouverture s'	m ²	1.854
Vitesse dans la grille v	m/s	0.9
Largeur ouverte l'	m	0.831
Nombre d'ouvertures n	-	42
Nombre de barreaux	-	41
Largeur de la dégrillage	m	1.25
Perte de charge	cm	3.362

Tableau V.4. Récapitulatif des résultats de dimensionnement pour l'horizon 2053

3.2 DIMENSIONNEMENT DU DESSABLEUR-DESHUILEUR :

On peut calculée le volume de déssableur-déshuileur par la relation suivante :

$$V = Q_{pte.s} * t_s$$

$Q_{pte.s}$: Le débit de pointe à temps sec.

V : Le volume de déssableur déshuileur.

t_s : Le temps de séjour dans le déssableur-déshuileur (3 à 10) min.

pour notre cas $t_s = 5$ min .

$Q_{point,s} = 0,63$ m³ /s

Le volume total:

$$V = 0.72 * 5 * 60 \quad \Rightarrow \quad V = 189 \text{ m}^3$$

On a : $L = 2 * l$ avec $H = 3$ m

$$S = \frac{V}{H} = \frac{189}{3} \quad \text{avec} \quad S = L * l = 2 * l^2$$

$$\Rightarrow l = \sqrt{\frac{S}{2}} = \sqrt{\frac{63}{2}} \Rightarrow l = 5.61 \text{ m}$$

$$\Rightarrow L = 2 * 5.61 \quad \Rightarrow \quad L = 11.22 \text{ m}$$

En prend un seul dessabler de type aéré avec la dimension suivant :

$L = 12$ m et $l = 6$ m et $H = 3$ m

Le débit d'air nécessaire pour l'aération est de 1,4 m³ d'air pour 1 m³ d'eau.

$Q_{air} = 0.72 * 1.4 = 1$ m³/s

Désignation	Unité	2053
Dessableur déshuileur	-	1
Q_p	m ³ /s	0.72
Longueur	m	5.61
Largeur	m	11.22
Hauteur	m	3
Temps de séjour	min	5
Débit d'air	m ³ d'air/s	1

Tableau V.5 Tableau récapitulatif de dessablage-déshuilage

3.3. Calcul les masses retenues par le Dessableur-Déshuileur :

Le Dessableur permet d'éliminer jusqu'à 80 % des matières minérales.

$$\text{MES} = 14000 \text{ Kg/j}$$

- **La quantité des MVS :**

$$\text{MVS} = 0,65 \times \text{MES} = 0,65 \times 14000 = 9100 \text{ Kg/j}$$

- **La quantité des matières minérales:**

$$\text{MM} = 0,35 \times \text{MES} = 0,35 \times 14000 = 4900 \text{ Kg/j}$$

- **La quantité des matières minérales éliminée par le dessableur-déshuileur :**

$$\text{MM}_{\text{éliminée}} = 0,80 \times \text{MM} = 0,80 \times 4900 = 3920 \text{ Kg/j}$$

- **La quantité des matières minérales (MM) restante :**

$$\text{MM}_{\text{restante}} = \text{MM} - \text{MM}_{\text{éliminée}} = 4900 - 3920 = 980 \text{ Kg/j}$$

- **La quantité de MES sortant à partir du dessableur déshuileur :**

$$\text{MES}_{\text{sortant}} = \text{MM}_{\text{restante}} + \text{MVS} = 9100 + 980 = 10080 \text{ Kg/j}$$

- **Les concentration en MES restants:**

$$\text{Cmes1} = \text{Cmes0} \times (1 - 0,35 \times 0,8) = 0,72 \times \text{Cmes0} = 0,72 \times 406 = 292,32 \text{ mg/l}$$

4. LE TRAITEMENT PRIMAIRE :

4.1 Le choix du décanteur primaire : on a trois (3) types des décanteurs :

- décanteur circulaire;
- décanteur à flux horizontal ;
- décanteur cylindro-conique ;

Pour des raisons économiques, on a choisi un décanteur circulaire.

4.2 Calcul du décanteur primaire :

En a : $Q_{\text{moy},j} = 54539 \text{ m}^3/\text{j}$

- **Détermine la charge hydraulique superficielle :**

Le décanteur primaire élimine 35% de DBO₅, on détermine la charge hydraulique à partir du graphe suivant :

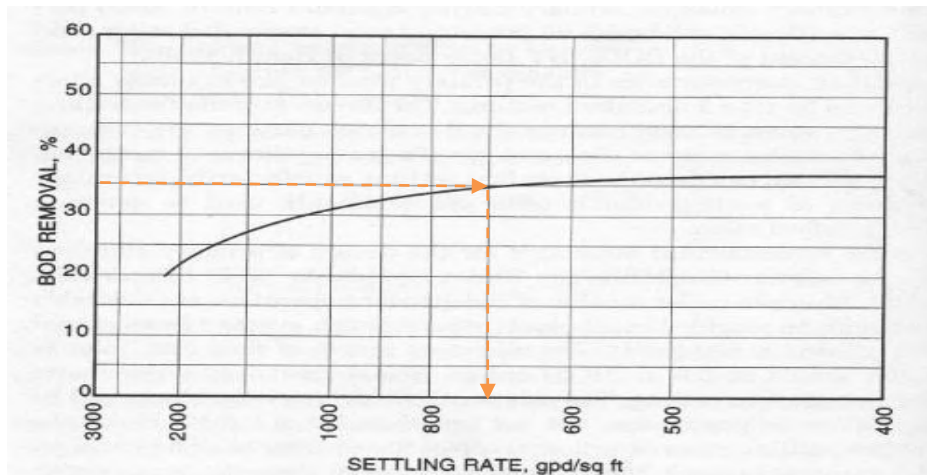


Figure V.1 : fraction de DBO₅, éliminé dans le décanteur primaire par rapport de la charge hydraulique superficielle ^[9]

Le décanteur primaire permet d'éliminer 35% de DBO₅ pour :

$$V = 28,52 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{j} = 1.18 \text{ m/h}$$

- **La surface horizontale du décanteur :**

$$S_h = \frac{Q_p}{v} = \frac{54539}{28.52} = 1912.3 \text{ m}^2$$

- **Le volume de décanteur :**

On prend $T_s = 2 \text{ heures}$

$$V = Q_{pp} * T_s$$

$$V = 2272.46 * 2 = 4545 \text{ m}^3$$

Alors :

$$V = 4545 \text{ m}^3$$

On partage ce volume pour deux décanteurs de volume (V') tels que :

$$V' = \frac{V}{2} = \frac{4545}{2}$$

Donc :

$$V' = 2272.46 \text{ m}^3$$

➤ **Le diamètre du décanteur:**

On a $S = \pi.D^2/4$

$$\text{Alors : } D = \sqrt{\frac{4*V'}{\pi*H}} = \sqrt{\frac{4*2272.46}{3.14*4}}$$

$$D = 26.9 \text{ m} \quad \text{alors : } d_{\text{dev}} = 26.9 \text{ m}$$

➤ **Calcul du débit déversé par rapport à unité de longueur du déversoir :**

$$\text{On a : } Q_{\text{dev}} = \frac{Q_{\text{moy.h}}}{L_{\text{dev}}}$$

Tels que :

$Q_{\text{moy.h}}$: Est le débit moyen horaire.

L_{dev} : La longueur de déversoir.

$$L_{\text{dev}} = \pi. d_{\text{dev}} = 3.14 * 26.9$$

$$L_{\text{dev}} = 84.6 \text{ m}$$

$$Q_{\text{dev}} = \frac{1397}{84.6}$$

$$Q_{\text{dev}} = 16.53 \text{ m}^3/\text{m/h}$$

Le nombre d'échancrure : $n = \frac{L_{\text{dev}}}{e}$

Avec : e : l'espacement entre 2 échancrures , tels que on installe des échancrures de type triangulaire (90°) .avec un espacement de 20 cm

$$n = \frac{16.53}{20 * 10^{-2}} = 83$$

Donc : $n = 83$ échancre

➤ **le débit de chaque échancre :**

$$q_{ech} = \frac{Q_{moy}}{n} = \frac{33528.14}{83} = 403.95$$

$$q_{ech} = 403.95 \text{ m}^3/j$$

➤ **Le temps des séjours :**

1- Pour le débit moyen horaire ($Q_{moy.h}$) : $T_s = \frac{V_r}{0.5 * Q_{moy.h}} = \frac{2272.46}{0.5 * 1397} = 3.25 \text{ heures}$

2- pour le débit de pointe (temps sec) : $T_s = \frac{V_r}{0.5 * Q_{p.s}} = \frac{2272.46}{0.5 * 2272.46} = 2 \text{ heures}$

➤ **la quantité de boues éliminées :**

Généralement le décanteur primaire permet l'élimination jusqu'à :

60% de MES

35% de DBO_5

➤ **Les charges à l'entrée du décanteur :**

$$DBO_5 = 11650 \text{ Kg/j}$$

$$MES = 10080 \text{ Kg/j}$$

➤ **Les charges éliminées par le décanteur primaire :**

$$DBO_{5e} = 0.35 * DBO_{5i} = 0.35 * 11650 = 4077.25 \text{ Kg/j}$$

$$MES_e = 0.6 * MES_i = 0.6 * 10080 = 6048 \text{ Kg/j}$$

$$MMe = 0,25 * MES_e = 0,25 * 6048 = 1512 \text{ Kg/j}$$

$$MVSe = 0,75 * MES_e = 0,75 * 6048 = 4536 \text{ Kg/j}$$

➤ **Les charges restant après la décantation primaire :**

$$DBO_{5r} = 0.65 * DBO_{5i} = 0.65 * 11650 = 7572.5 \text{ Kg/j}$$

$$MES_{er} = 0.4 * MES_i = 0.4 * 10080 = 4032 \text{ Kg/j}$$

$$MMr = 0,25 * MES_r = 0,25 * 4032 = 1008 \text{ Kg/j}$$

$$MVSr = 0,75 * MES_r = 0,75 * 4032 = 3024 \text{ Kg/j}$$

4.3 Calcul des concentrations restant :

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

$$CDBO1 = CDBO0 * 0.65 = 338 * 0.65$$

$$CDBO1 = 220 \text{ mg/l}$$

$$CDCO1 = 0.65 * CDCO0 = 0.65 * 845$$

$$CDCO1 = 550 \text{ mg/l}$$

$$CMES1 = CMESd * 0.4 = 292 * 0.4$$

$$CMES1 = 116.8 \text{ mg/l}$$

Décanteur primaire	unité	Horizon
		2053
Nombre de décanteur	-	2
Volume totale	m ³	4545
Volume	m ³	2272.46
Surface horizontale	m ²	1912.3
Diamètre	m	26.9
hauteur	m	4

Tableau IV.6. : Récapitulatif des résultats des calculs du décanteur primaire

LE TRAITEMENT SECONDAIRE :

Les traitements biologiques des eaux usées reposent sur l'exploitation des micro-organismes naturellement présents dans l'eau. Ces micro-organismes jouent un rôle crucial dans la dégradation et l'élimination des composés organiques présents dans les eaux usées. Deux principales méthodes sont utilisées pour concentrer ces micro-organismes dans les bassins d'épuration :

- 1- Flocculation :** Ce processus consiste à favoriser l'agrégation des micro-organismes en suspension dans l'eau en ajoutant des produits chimiques appelés flocculants. Ces flocculants permettent de former des agrégats plus gros, appelés floccs, qui peuvent être plus facilement séparés de l'eau.
- 2- Fixation sur des supports inertes :**

Dans cette méthode, des supports inertes (comme des billes de plastique ou des structures spéciales) sont placés dans les bassins d'épuration. Les micro-organismes se fixent sur ces supports, formant ainsi une « biomasse » dense et activée, capable de dégrader efficacement les composés organiques.

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

Ces micro-organismes, qu'ils soient en suspension ou fixés sur des supports, décomposent les matières organiques en utilisant l'oxygène dissous dans l'eau. Ils transforment ces matières organiques en composés plus simples, de l'eau, du dioxyde de carbone et de la biomasse.

Ce processus biologique est une étape essentielle dans le traitement des eaux usées, contribuant de manière significative à la réduction de la pollution et à la production d'eau épurée conforme aux normes environnementales.

1. les étapes principales de l'épuration biologique :

L'épuration biologique suit un processus standard qui comprend les étapes principales suivantes :

- 1- Aération :** C'est la première étape où l'eau usée est oxygénée en faisant circuler de l'air à travers elle. Cela favorise la croissance des micro-organismes aérobies qui dégradent les composés organiques présents dans l'eau.
- 2- Clarification :** Dans cette étape, l'eau aérée est laissée tranquille, ce qui permet aux boues et aux particules en suspension de se déposer au fond du bassin de clarification. L'eau clarifiée, plus claire, est ensuite séparée des boues.
- 3- Recirculation des boues :** Les boues produites lors du processus sont renvoyées aux bassins d'aération. Cela réensemence les bassins avec des micro-organismes essentiels pour la dégradation des composés organiques présents dans l'eau usée.

Ces étapes sont cruciales dans le traitement biologique des eaux usées, permettant d'éliminer une grande partie des polluants organiques grâce à l'activité des micro-organismes présents dans le système.

2. Etude de la variante à moyenne charge :

- **La charge volumique (C_v) :**

$$C_v = \frac{L_0 \text{ (DBO}_5 \text{ entrée)}}{V \text{ (Volume bassin d'aération)}}$$

Pour le traitement moyenne charge :

$$C_v = (0.5 \sim 1.5) kg_{DBO5}/m^3/j.$$

On fait : $C_v = 1.05 kg_{DBO5}/m^3/j.$

- **La charge massique (C_m) :**

La charge massique définit le rapporte pollution exprimé en **DBO₅** entrant par rapport la masse des boues existée :

Pour le traitement moyenne charge :

$$C_m = (0.2 \sim 0.5) kg_{DBO5}/Kg_{MVS}/j.$$

On fait : $C_m = 0.3 kg_{DBO5}/Kg_{MVS}/j.$

3. Dimensionnement du bassin d'aération:

❖ **Donne de base :**

- $Q_{(pte,s)} = 54540 m^3/J$
- Débit de pointe $Q_p = 2272.46 m^3/h = 54540 m^3/J$

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

- Charge polluante à l'entrée du bassin $L_0 = 12000 \text{ kg/j}$

- Concentration de l'effluent en DBO_5 (C_0)

$$C_0 = L_0 / Q_{psJ} = 220 \text{ mg/l}$$

- La charge polluant à la sortie ($C_s = 22 \text{ mg/l}$)

$$L_s = C_s \times Q_{ps} = 22 \times 10^{-3} \times 2272.46 \times 24 = 1200 \text{ kg}_{\text{DBO}_5/\text{j}}$$

- La charge polluante éliminée :

$$L_e = L_0 - L_s = 12000 - 1200 = 10800 \text{ kg}_{\text{DBO}_5/\text{j}}$$

- Le rendement de l'épuration est de :

$$L_e / L_0 = 10800 / 12000 = 90 \%$$

- Le bassin d'aération choisi est de type rectangulaire.

- Alors :

❖ **Volume du bassin V_b :**

$$V_b = \frac{L_0}{C_v} ; \text{ on a } C_v = 1.05 \text{ kg}_{\text{DBO}_5}/\text{m}^3/\text{j}$$

$$\text{Alors : } V_b = \frac{12000}{1.05} \Rightarrow V_b = 11428 \text{ m}^3$$

On devise ce volume par quatre (04) bassins de volume V' tels que :

$$V' = V_b / 4 \Rightarrow V' = 11428 / 4 \Rightarrow V' = 2857 \text{ m}^3$$

❖ **Hauteur du bassin H :**

La hauteur du bassin d'aération (H) varie entre (3 ~ 5) m, on choisit une hauteur $H = 4 \text{ m}$.

❖ **Surface horizontale S_h :**

$$S_h = V' / H_b = 2857 / 4 = 714.25 \text{ m}^2$$

❖ **Longueur et largeur du bassin :**

$$\text{On prend } L/l = 2 \Rightarrow L = 2 \times l \text{ et on a ; } S_h = L \times l = 2 \times l^2 \Rightarrow l = \sqrt{\frac{S_h}{2}} = \sqrt{\frac{714.25}{2}}$$

$$l = 18.9 \text{ m} \Rightarrow L = 37.8 \text{ m avec } H = 4 \text{ m}$$

❖ **Temps de séjour dans chaque bassin :**

$$T_s = V' / [Q_p / 4] = 1900 / [2272.46 / 4] = 5^{\text{h}} : 01^{\text{min}}$$

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

❖ **Masse des boues dans le bassin MVS :**

$$X_t = L_0 / C_m = 12000 / 0,3 = 40000 \text{ kg}$$

❖ **Concentration des boues dans le bassin MVS :**

$$X_a = X_t / V = 40000 / 11428 = 3,5 \text{ kg DBO}_5/\text{m}^3/\text{j}$$

4. Besoins en oxygène :

Effectivement, les besoins en oxygène (O₂) dans un système de traitement des eaux usées dépendent de plusieurs facteurs, notamment la quantité de polluants présents, qu'ils soient carbonés (matière organique) ou azotés, ainsi que de la respiration endogène de la biomasse présente dans le bassin .

On peut calculer la quantité d'O₂ pour garantir le traitement biologique par la relation suivante :

$$\text{Besoin en } O_2 = a' * L_e + b' * X_t + 4,3 N_N - 2,855 * c' * N_{DN}$$

a' : LA quantité de l'oxygène nécessaire à l'oxydation d'1 kg de DBO₅

L_e : Qte de BDO à éliminer en Kg/J

b' : Qte de O₂ nécessaire à la respiration endogène d'1 kg de MVS de boues /j

X_t : Masse de la biomasse dans le bassin d'aération en Kg .

4,3 : Taux de conversion de l'azote réduit en azote nitrique.

N_N :Le Flux d'azote à nitrifier en (kg/J) .

2,85 : Le taux de conversion de l'azote .

c' : La fraction de oxygène des NO₃ - récupérée par dénitrification (entre 60-70%) .

N_{DN} :Le Flux d'azote à dénitrifier en (kg/J).

Le tableau suivant donne les valeurs de a' et b' par rapport à la charge massique appliquée :

C _m	< 0,1	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	> 0,5
a'	0,66	0,65	0,62	0,6	0,56	0,53	0,5
b'	0,06	0,07	0,075	0,08	0,085	0,09	0,7 à 1,2

Tableau IV.7 : Valeur des coefficients a' et b' en fonction de la charge massique ^[10]

$$C_m = 0,3 \text{ (kg DBO}_5 \text{ /kgMVS/m}^3 \cdot \text{j)}$$

$$\text{Alors : } a' = 0,56 \text{ , } b' = 0,085$$

4.4 Quantité d'oxygène journalière Q_{02/j} :

$$Q_{02/j} = 0,56 * 10800 + 0,085 * 40000 + 4,3 * (1,2 * 0,078 * 28526,4) - 2,855 * 0,65 * (2 * 0,078 * 28526,4)$$

$$\text{Besoin en } O_2 = 9448 + 6162$$

$$\text{Besoin en } O_2 = 15610 \text{ Kg } O_2 \text{ /j}$$

4.5 Quantité d'oxygène horaire Q_{02/h} :

$$Q_{02/h} = Q_{02/j} / 24 \quad Q_{02/h} = 15610 / 24 = 650,41 \text{ kg } O_2/\text{h}$$

4.6 Calcule de la quantité d'oxygène nécessaire pour chaque 1 m³ :

$$Q_{(O_2)} = 15610 / 54540 = 0.027 \text{ kg } O_2 / \text{ m}^3$$

4.7 Quantité d'oxygène nécessaire en cas de pointe :

$$Q_{(O_2) p} = a' \cdot Le / T_d + (b' \cdot X_t + 4.3 N_N - 2.855 \cdot c' \cdot N_{DN}) / 24$$

$$T_d = 16 \text{ heures.}$$

$$Q_{(O_2) p} = (0.56 \cdot 10800) / 16 + (0.085 \cdot 40000 + 4.3 \cdot (1.2 \cdot 0.078 \cdot 28526.4) - 2.855 \cdot 0.65 \cdot (2 \cdot 0.078 \cdot 28526.4)) / 24 = 378 + 398.41$$

$$Q_{(O_2) p} = 776.41 \text{ kg } O_2 / \text{ h}$$

5. Système d'aération:

La vitalité de la biomasse épuratrice repose fortement sur la disponibilité en oxygène, ce qui en fait l'élément central de la consommation énergétique d'une station d'épuration fonctionnant avec le processus des boues activées.

De manière générale, cet oxygène vital est introduit par le transfert de l'air atmosphérique dans le mélange d'eaux et de boues activées. Cela peut se faire soit par l'injection d'air directement dans l'eau, soit en projetant de l'eau dans l'air pour créer des bulles d'oxygène.

Dans de nombreux cas, les dispositifs d'aération ont une double fonction : ils assurent l'aération nécessaire tout en agitant les boues. Cette agitation maintient les micro-organismes en suspension, favorisant ainsi les échanges essentiels d'oxygène et de nutriments entre le liquide et les bactéries. Cela favorise le métabolisme des micro-organismes, accélérant ainsi le processus de dégradation des composés organiques présents dans les eaux usées.

Le maintien de cette oxygénation adéquate et de la suspension des micro-organismes est fondamental pour garantir l'efficacité du traitement des eaux usées par le processus des boues activées.

Pour notre projet de station d'épuration, nous avons opté pour des aérateurs de surface à axe vertical ^[13]. Ces dispositifs assurent le transfert d'oxygène en créant une turbulence importante à proximité de la surface et en dispersant le liquide. Leur utilisation répandue garantit un transfert efficace et les rend particulièrement adaptés au procédé par boues activées.

Le rendement en oxygène de ces aérateurs varie entre 1,5 et 2 kg d'oxygène : ^[13] par kilowattheure (kWh) consommé. Ce chiffre dépend de plusieurs facteurs, notamment la forme du bassin, sa surface, la composition des eaux usées et les conditions d'exploitation.

Il est important de noter que, au-delà d'une certaine profondeur, le brassage devient moins efficace. Ainsi, des profondeurs maximales de 3 à 5 mètres sont généralement recommandées pour assurer un brassage adéquat.

La conception de l'aérateur de surface à axe vertical comprend plusieurs éléments montés en groupe flottant :

- * Un moteur non submersible.
- * Un tube d'aspiration.
- * Des flotteurs en acier inoxydable.
- * Un détecteur.

Ces composants assurent le bon fonctionnement de l'aérateur, contribuant ainsi à l'efficacité globale du processus de traitement des eaux usées.



Figure V.2. Divers types de mobiles d'aération et agitation



Figure V.3. Divers types des systèmes d'aération par l'insufflation d'air

6. Calcul des aérateurs de surface a installé :

- La quantité d'oxygène totale transférée par rapport de puissance (N) dans les conditions normales (N_0) :

$$N_0 = K_a \cdot P_a + N_s$$

Avec :

K_a : Le constant caractérisé de dispositif d'aération.

N_s : L'oxygène qui transfert dans le liquide.

P_a : La puissance absolue pour chaque m^2 de surface de bassin ($P_a = (70 - 80)$)..

$$N_0 = 1.98 \cdot 10^{-3} \cdot 77 + 1$$

$$N_0 = 1.15 \text{ kgO}_2/\text{kwh}$$

$$N/N_0 = (\square \cdot C_s - C_1) \times \alpha \times C^{(t-20)} / C_s (20^\circ\text{C}) \text{ (kgO}_2/\text{kwh)}$$

Tels que :

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

Concernant le transfert de matière de l'eau usée à celle de l'eau propre, le coefficient global est représenté par " α " et varie généralement entre 0,85 et 0,95.

La vitesse de dégradation des matières organiques à la température de 20°C, notée $C(t - 20)$, est définie en fonction de la température t . À 20°C, cette vitesse est égale à $1,024^{(t - 20)}$.

Pour maintenir une concentration en oxygène dans le bassin, notée C_l , la plage habituelle est de 1,5 à 2 mg/l. ^[12] Dans notre cas, nous prendrons C_l égal à 1,5 mg/l.

La concentration de saturation en oxygène à la surface dans des conditions nominales (20°C et 760 mm de mercure) est représentée par C_s . Pour les aérateurs de surface, C_s est généralement de 8,7 mg/l. ^[5]

L'effet des solides dissous et de la concentration en matières dégradables sur la saturation en oxygène varie d'une eau usée à une autre et doit être mesuré sur le terrain. Cette variation est exprimée par β , qui est calculé comme $\beta = C_s (\text{eau usée}) / C_s (\text{eau épurée})$. En général, β est d'environ 0,9.

Donc :

$$N = 1,15 \times [(1 \times 8,7) - 1,5] \times 0,90 \times 1,024^{(25-20)} / 8,7 = 0,96 \text{ kgO}_2 / \text{kWh}$$

- **Calcul de la puissance nécessaire de brassage à l'aération "puissance requise pour oxygénation W_a ":**

$$W_a = Q(\text{O}_2) p / N$$

$$W_a = 776.41 / 0,96 = 809 \text{ kW} \quad \Rightarrow \quad W_a = 809 \text{ Kw}$$

- **La puissance nécessaire de brassage et le maintien des solides en suspension dans le bassin : $W_m = S_h \times P_a$**

Où:

S_h : est la surface horizontale du bassin

P_a : puissance absolue par m^2 du bassin.

$$W_m = 714.25 \times P_a \times 10^{-3} \quad \text{et en a : } P_a = 151.34 \text{ W/m}^2$$

$$\Rightarrow \quad W_m = 108.1 \text{ Kw}$$

- **Le nombre d'aérateurs dans le bassin:**

$$N_{a\acute{e}} = 400 / 108.1$$

$N_{a\acute{e}} = 400 / 108.1 = 3.7$; Nous prendrons : $N_{a\acute{e}} = 4$ aérateurs.

La puissance de brassage :

$$P_{\text{brassage}} = W_a / V_{\text{bassin}}$$

$$P_{\text{brassage}} = 809 / 11428 = 0.0708 \text{ kw/m}^3$$

$$70.8 \text{ w/m}^3 > 35 \text{ w/m}^3 ; \text{ Acceptable}$$

8. Calcul des aérateurs par insufflation d'air :

On a : 1 mol \Rightarrow 22,4 litres selon la condition normal ;

$$X \Rightarrow 1000 \text{ litres d'air}$$

$$\Rightarrow X = 1000. 1/22,4 = 44,6 \text{ mol d'air.}$$

Alors : La pourcentage l'O₂ dans l'air soit : 21 % ;

$$\text{Et : } 44,6 \text{ mol} \Rightarrow 100\%$$

$$Y \Rightarrow 21\%$$

$$\text{Alors : } Y = 21. 44,6 / 100 = 9,37 \text{ mol ;}$$

$$\text{Et: } 1 \text{ mol} \Rightarrow \text{O}_2 \text{ g} = (16*2) = 32\text{g}$$

$$9,37 \text{ mol} \Rightarrow Z$$

$$\text{Alors : } Z = 9,37. 32 / 1 = 300 \text{ g d'O}_2 ;$$

$$\text{Et } : 300\text{g d'O}_2 \Rightarrow 1 \text{ m}^3 \text{ d'air}$$

$$776.41 \text{ kgO}_2/\text{h} \Rightarrow Q_{\text{air}}$$

$$\text{Alors : } Q_{\text{air}} = 776.41 * 10^3 * 1 / 300 = 2588.03 \text{ m}^3 \text{ d'air / h}$$

✓ **Calcul le débit nécessaire au système :**

$$Q_{\text{air néc}} = Q_{\text{air}} / (5\% . 4. 0,5) = 2588.03 / 0,1 = 25880.3 \text{ m}^3/\text{h}$$

➤ **Nombre de diffuseur :**

$$N_{\text{dif}} = Q_{\text{air néc}} / Q_{\text{un diffuseur}} ;$$

Avec : N_{dif} : Nombre de diffuseur ;

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

$Q_{air\ nec}$: Débit d'air nécessaire;

Q_{diff} : Débit d'un diffuseur = 4 m³/h/diffuseur ;

$N_{def} = 25880.3 / 4 = 6470$ diffuseur ;

➤ **Calcule la puissance absorbée :**

$P_{abs} = Q_{O_2} / (N_{O_2} \cdot a') = 776.41 / (1.15 \cdot 0.56) = 1205.6$ kW ;

➤ **Puissance installé :**

$P_{ins} = P_{abs} / 0.8 = 1205.6 / 0.8 = 1507$ kW

➤ **Puissance de brassage :**

$P_{brassage} = P_{abs} / V_{bassin} = 1507 / 11428 = 131.86$ w/m³ ;

9. DECANTEUR SECONDAIRE (CLARIFICATEUR) :

Après la phase d'aération, le mélange constitué d'eaux et de boues activées, communément appelé liqueur mixte, est dirigé vers le décanteur secondaire. Dans ce compartiment, a lieu la sédimentation des boues et la récupération des eaux épurées.

Une fraction des boues décantées est réintroduite dans le bassin d'aération, favorisant ainsi un processus de recyclage. Quant à l'excédent de boues décantées, il est conduit vers les infrastructures dédiées au traitement des boues, telles que le digesteur ou l'épaisseur.

9.1 Dimensionnement du clarificateur à l'horizon 2053 :

L'efficacité d'un décanteur est étroitement liée à sa forme. Les performances optimales sont obtenues avec des décanteurs de forme circulaire, comportant un fond fortement incliné (avec un angle d'inclinaison d'au moins 50° par rapport à l'horizontal).

Ainsi, le choix se porte sur un décanteur circulaire à fond incliné, équipé d'un mécanisme de raclage au niveau du fond et de la surface. Ce mécanisme guide les boues vers des fosses spécifiques, d'où elles sont récupérées pour le recyclage et l'extraction de la fraction excédentaire.

Le temps de séjour dans le clarificateur est défini comme suit : $t_s = (1,5 \text{ à } 2)$ heures, ce qui permet d'assurer une sédimentation adéquate.

Dans notre cas on prend $t_s = 1,5$ h ^[7].

Et la vitesse ascensionnelle: $V_a = 2,5$ m/h

Dans la période de pointe, le débit qui entre dans le clarificateur est de 1946.434 m³/h ;

❖ **Le volume du décanteur :**

$V = Q_p \times t_s = 2272.46 \times 1.5 = 3408.69$ m³ ;

$V = 3408.69$ m³

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

On prend deux décanteur alors : $V' = V/2 = 3408.69 / 2 = 1704.35 \text{ m}^3$.

❖ La hauteur du décanteur :

On prend : $H_d = 3 \text{ m}$

❖ La surface horizontale du décanteur :

$S_h = V'/H = 1704.35 / 3 = 568.11 \text{ m}^2$ on prend : $S_h = 568.11 \text{ m}^2$

❖ Diamètre du décanteur :

$$D_a = \sqrt{\frac{4 \cdot S_h}{H^*}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 568.11}{3 \cdot 3.14}} = 14.1 \text{ m} \Rightarrow D_a = 14.1 \text{ m}$$

9.2 Bilan des boues :

Il est crucial, dans la pratique, de comprendre l'accumulation des matières solides dans la station afin de planifier les évacuations et calculer les dispositifs de traitement des boues excédentaires. Plusieurs facteurs contribuent à l'augmentation de la masse des boues :

- **La croissance bactérienne** La multiplication des bactéries présentes dans le système contribue à l'augmentation des boues.
- **Les stocks** L'accumulation de matières organiques dans le système contribue également à l'augmentation de la masse des boues.
- **Les matières en suspension** La présence de particules en suspension dans l'eau conduit à une augmentation de la masse des boues.

En revanche, une diminution de la masse des boues peut se produire en raison de :

- **La respiration endogène** : Les bactéries peuvent consommer une partie des matières organiques présentes, réduisant ainsi la masse des boues.
- **Les fuites des matières en suspension** : Des fuites de particules en suspension peuvent se produire, réduisant ainsi la quantité de matières solides dans le système.

Pour évaluer la production des boues en excès, nous utilisons la formule d'Eckenfelder :

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

Où :

- ΔX : est la production des boues en excès.
- X_{min} : est le stock de biomasse inerte qui reste après le traitement qui représente 30% des MES : $MM_r = 30\% * MES$
- X_{dur} : est le stock de biomasse sèches non biodégradables .ce stock représente enivrent la moitié (50%) de 70% de LA quantité totale des MES
- a_m : Masse produit de boues pour 1 kg DBO₅ (généralement. ($a_m = 0,53$ à $0,56$)).^[8]

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

- L_e : La quantité journalier DBO₅ éliminé par (kg/j).
- b' : est le coefficient de mortalité des micro-organismes. le. (généralement $b' = 0.07$ et $b = b'/1.44$.alors : $b = 0.07/1.44 = 0,05$).
- X_t : est la quantité de MVS totale dans le système en (Kg).
- X_{eff} : est la concentration de biomasse dans l'effluent.(généralement $X_{eff} = 30\text{mg/l}$).

Cette formule nous permet d'estimer la production des boues en excès en tenant compte de divers facteurs.

$$\text{Donc : } X_{min} = 30\% \times MES_{sor DP} = 0,3 \times 10080 = 3024 \text{ kg/j;}$$

$$X_{dur} = 0,5 \times (0,7 \times MES_{dp}) = 0,5 \times 0,7 \times 10080 = 3528 \text{ kg/j;}$$

$$a_m L_e = 0,56 \times 10800 = 6048 \text{ kg/j;}$$

$$b X_t = 0,05 \times 40000 = 2000 \text{ kg/j;}$$

$$X_{eff} = Q_{ps} \times 30 \text{ mg/l} = 2272.46 \times 24 \times 30 \times 10^{-3} = 1,636,171.2 \text{ kg/j;}$$

Soit un total de:

$$\Delta X = 3024 + 3528 + 4469.6 - 2000 - 1,636.2 = 7385.4 \text{ kg/j} \quad \Rightarrow$$

$$\text{Alors : } \Delta X = 7385.4 \text{ Kg/j}$$

1. Concentration des boues en excès :

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

X_m : La concentration des boues en excès.

I_m : L'indice de Mohlman :(100 ,150)

On prend $I_m = 120$

$$\text{Alors : } X_m = 10 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

2. débit de boues en excès :

$$Q_{b.excés} = \frac{\Delta X}{X_m} = \frac{7385.4}{10}$$

$$Q_{b.excés} = 738.54 \text{ m}^3/\text{j}$$

3. Le débit spécifique de bassin :

$$Q_{sp} = \frac{\Delta X}{V} \quad ; \quad \text{avec } V : \text{volume de bassin}$$

$$Q_{sp} = \frac{7385.4}{3408.69}$$

$$Q_{sp} = 2.167 \text{ Kg/m}^3/\text{j}$$

4. Age des boues :

C'est le rapport entre la quantité des boues qui présente dans le bassin d'aération et la quantité des boues retirées quotidiennement.

Donc:

$$A = \frac{X_t}{\Delta X}$$
$$A = \frac{40000}{7385.4} = 4.765 \text{ Jours}$$
$$A = 5 \text{ jours et } 10 \text{ heures}$$

5. La recirculation des boues :

La recirculation des boues est une étape cruciale dans le processus de traitement des eaux usées. Voici quelques points clés concernant cette pratique :

1. **Objectif de la recirculation des boues :** La recirculation des boues vise à réensemencer le bassin d'aération en micro-organismes épurateurs. Ces micro-organismes sont essentiels pour le processus de dégradation des matières organiques dans les eaux usées.
2. **Mécanisme de recirculation :** Les boues activées sont extraites du fond du clarificateur et renvoyées en tête du bassin d'aération. Ce processus maintient une concentration adéquate en micro-organismes dans le bassin d'aération, favorisant ainsi l'efficacité du traitement biologique.
3. **Équilibre nécessaire :** Un équilibre délicat doit être maintenu dans la quantité de boues recalculées. Si la quantité est insuffisante, le volume des boues dans le clarificateur peut devenir excessif, entraînant des problèmes d'anoxie et de dénitrification. Si la quantité est trop élevée, la clarification peut être perturbée.
4. **Impact sur l'efficacité du traitement :** Un bon réensemencement en micro-organismes à travers la recirculation des boues est crucial pour maintenir une performance optimale du processus de traitement biologique. Cela permet de dégrader efficacement les matières organiques présentes dans les eaux usées.

En résumé, la recirculation des boues est un processus essentiel dans le traitement des eaux usées, assurant un apport suffisant en micro-organismes dans le bassin d'aération pour maintenir un bon niveau d'efficacité dans le traitement biologique des matières organiques.

Le taux de recyclage (R) est exprimé en pourcentage (%). Il indique quelle fraction du débit de l'effluent produit est recyclée sous forme de boues vers le bassin d'aération. Il peut varier de 15 à 100 % du débit de l'effluent produit, selon les besoins de réensemencement en micro-organismes épurateurs. Le taux de recyclage (R) des boues est donné par la relation suivante :

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

$$R = \frac{X_a}{\frac{1200}{I_m} - X_a} \times 100 \quad \Rightarrow \quad R = \frac{3.5}{\frac{1200}{120} - 3.5} \times 100 \quad \Rightarrow \quad R = 53.9\%$$

Le débits de recirculation correspondant seront donc : $Q_R = R \cdot Q$

$$Q_{R,\text{point}} = 0,54 \times 2272.46 = 1,227.13 \text{ m}^3/\text{h}$$

DESIGNATIONS	UNITE	HORIZON 2053
1) DONNES DE BASE BASSIN D'AIRATION		
Débit moyen journalier	m ³ /j	38541.14
Débit moyen horaire	m ³ /h	1605.88
Débit de pointe par temps sec	m ³ /h	2598.314
Charge polluante à l'entrée du bassin L ₀	Kg/j	8868.32
Concentration de l'effluent en DBO ₅ C ₀	mg/l	230
Concentration à la sortie C _s	mg/l	23
Charge éliminée L _e	kg/j	7981.49
Rendement d'épuration	%	90
2) DIMENSIONNEMENT DU BASSIN D'AIRATION		
Nombre du Bassin d'aération	-	4
Volume total du Bassin	m ³	8446.02
Volume unitaire du bassin	m ³	2111.5
Surface du bassin	m ²	527.88
Hauteur du bassin	m	4
Longueur du bassin	m	32.5
Largeur du bassin	m	16.25
Masse des boues X _t	Kg	29561.07
Concentration des boues X _a	Kg/m ³ /j	3.9
3) TEMPS DE SEJOUR		
Débit de pointe	Heure	3 : 15 ^m
4) BESOIN EN OXYGENE		
Quantité d'oxygène journalière	Kg/j	6982.33
Quantité d'oxygène horaire	Kg/h	290.93
Quantité d'oxygène par m ³ du bassin	Kg/m ³ /j	4.35

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

Quantité d'oxygène en cas de pointe	Kg/h	384.05
5* CALCUL DE L'AERATEUR A INSTALLER		
Puissance absolue par m ² de surface du bassin (P _a)	w/m ²	151.34
Puissance nécessaire de brassage et le maintien des solides en suspension dans le bassin (W _m)	Kw	71.89
Puissance nécessaire (W _a)	Kw	400
Nombre des aérateurs dans le bassin	-	6
Puissance de brassage	w/m ³	52.6
6* BILAN DES BOUES		
La masse des boues à extraire pour maintenir le système en équilibre par jour ΔX	Kg/j	6204.34
Taux de recyclage X _m	Kg/m ³	10
Q boues en excès Q _{excès}	m ³ /j	620.43
Débit spécifique par m ³ de bassin	Kg/m ³ .j	1.591
Age des boues	Jour	4 ^{jour} : 18 ^h
Taux de recirculation	%	53.9
Débit recyclé au Q _{point}	m ³ /h	1,227.13
7* DIMENSIONNEMENT DU CLARIFICATEUR		
Débit arrivant au clarificateur	m ³ /h	2598.314
Volume total	m ³	3900
Nombre	-	2
Volume unitaire	m ³	1950
Hauteur	m	3
Surface horizontale	m ²	650
Diamètre	m	16.61
Temps de séjour	heure	1 ^h : 30 ^{min}

Tableau V.8 Tableau récapitulatif (Traitement secondaire)

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

10. La comparaison entre la qualité des eaux usées épurée avec les normes de réutilisation :

- La qualité des eaux usées épurée :
- Prétraitement :

$$C_{MES0} = 0.72 * C_{MES}$$

$$C_{MES0} = 0.72 * 406 = 292.32 \text{ mg/l}$$

- Traitement physico-chimique:

$$C_{DBO_51} = C_{DBO_50} * 0.65$$

$$C_{DBO_51} = 338 * 0.65 = 230 \text{ mg/l}$$

$$C_{DCO1} = C_{DCO0} * 0.65$$

$$C_{DCO1} = 845 * 0.65 = 549.25 \text{ mg/l}$$

$$C_{MES1} = C_{MES0} * 0.4$$

$$C_{MES1} = 292.32 * 0.4 = 116.93 \text{ mg/l}$$

- Traitement biologique :

$$C_{DBO_52} = C_{DBO_51} * 0.1$$

$$C_{DBO_52} = 220 * 0.1 = 22 \text{ mg/l}$$

- La qualité finale des eaux épurée :

$$C_{DBO_52} = 23 \text{ mg/l}$$

$$C_{DCO1} = 549.25 \text{ mg/l}$$

$$C_{MES1} = 116.93 \text{ mg/l}$$

Les normes de rejet :

Paramètre	unité	Valeurs seuil
Température	°C	< 30
Ph	-	6.5 à 8.5
Oxygène dissout(*)	mg O ₂ /l	> 5
MES	mg/l	< 30
DBO ₅	mg/l	< 40
DCO	mg/l	< 90
Azote total	mg/l	< 50
Phosphore (PO ₄)	mg/l	< 02
Huile et graisse	mg/l	< 20
Coliformes fécaux(*)	nombre de CF/100mL	<1000 CF/100MI

Source : ANRH (ALGER)

Tableau V.9 Les normes de rejet

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

les normes de réutilisation :

Paramètres	Unité	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		3
MES	mg/l	<30**		30
DCO	mg O ₂ / l	< 40 **		90
DBO ₅	mg O ₂ / l	<10 **		30
NO ₃ ⁻	mg/l	50 **		30
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
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000 **		Non disponible
Salmonelles	UFC/ 1L	Absence **		Non disponible

Tableau V.10 Les normes de réutilisation. Sources (FAO,OMS,JORA)

Comparaison avec les normes de réutilisation :

Paramètres	Qualité des eaux	Normes de réutilisation	Observation
DBO5	22	30	Admissible
DCO	549.255	90	Non Admissible
MES	116.93	30	Non Admissible

Tableau V.11 Comparaison avec les normes de réutilisation

On remarque que : Les concentrations des DCO et MES sont élevée par rapport aux normes de la réutilisation.

6. TRAITEMENT COMPLEMENTAIRE

6.1.Dimensionnement d'un filtre à sable :

Le type européen de granulométrie moyenne entre (0,8 à 1,5 mm) et d'épaisseur plus élevée(0,9 à 1,2 m)

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

La surface de lit de sable :

Slit : Surface de lit sable (m²) Slit = Q_p / v

v : Vitesse filtration (5 à 7 m /h) on prend : v = 6 m/h .

$$\text{Slit} = 2272.46 / 6 = 378.743 \text{ m}^2$$

Les pertes de charge :

Les pertes de charge engendrées par le filtre à sable selon la méthode adaptée au régime d'écoulement.

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

Avec:

ΔP : Perte de charge (m)

H : Hauteur du lit de sable(m) v : vitesse de filtration (m/s)

d_p : Diamètre moyen des particules (m) ρ : Masse volumique du sable (kg / m³)

μ : Viscosité dynamique de l'eau à 20 °c (Pa.s)

ε : Porosité initiale du lit.

ρ (kg/m ³)	μ (Pa.s)	S	H(m)	d (mm)
2610	10 ⁻³	0,4	1	1

Tableau V.12: Propriétés du lit de filtration

Donc :

$$\Delta P = \frac{150 \times (1 - 0.4)^2 \times 10^{-3} \times 6}{0.4^3 \times 10^{-3}} + \frac{1.75 \times (1 - 0.4)^2 \times 2610 \times (1.94 \times 10^{-4})^2}{0.4^3 \times 10^{-3}}$$

$$\Delta P = 1.78 \text{ m}$$

C .Dimensionnement du rétro-lavage :

la relation de Haider et Levenspiel :

$$U_t = U_t' \times [\rho^2 / (\mu f \times (\rho_p - \rho_f) * g)]^{-1/3}$$

$$U_t' = [(18/ d^2) + ((2,355 - 1,744 \times \phi) / d^{0.5})]^{-1}$$

Avec :

U_t : Vitesse de sédimentation (m/s) ;

U_t' : Vitesse terminal sans dimension de particule (m/s) ;

ϕ : Facteur de la forme de sable

ρ_f : viscosité du fluide (kg/m³)

g: L'accélération de la pesanteur (g= 9,81m² /s).

	Masse volumique à 20 °C (ρ_f) (kg/m ³)	Viscosité dynamique (Pa.s) à 20°C
L'air sec	1,204	$1,85 * 10^{-5}$
L'eau	1000	10^{-3}

Tableau V.13: Caractéristique des fluides du rétro-lavag (SEBAA, 2019)

Donc : $U_t' = 5.56 * 10^{-8}$ m/s

D .La vitesse de sédimentation de l'eau du média filtrant :

$$U_t = 5,56 \times 10^{-8} \times [1000^2 / (10^{-3} \times (2610 - 1000) * 9,81)]^{-1/3}$$

$$U_t = 1.39 * 10^{-9} \text{ m}$$

E .La vitesse de sédimentation de l'air du média filtrant :

$$U_t = 5,56 \times 10^{-8} \times [1204^2 / (1,85 \times 10^{-5} \times (2610 - 1204) \times 9,81)]^{-1/3}$$

$$U_t = 3.829 * 10^{-8} \text{ m/s}$$

F. Le débit de lavage :

$$Q = 0,1 \times U_t \times S_{lit}$$

• Débit d'eau de lavage :

$$Q = 0,1 \times 1.39 \times 10^{-9} \times 378.743$$

$$Q = 5.26 * 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

• Débit d'air de lavage :

$$Q = 0,1 \times 3.829 \times 10^{-8} \times 328.965$$

$$Q = 1.26 * 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

G. La perte de charge du média filtrant :

$$\Delta P = H \times g \times (1 - \varepsilon_{lit}) \times (\rho_p - \rho_f)$$

.

- **La perte de charge de l'eau du média filtrant :**

$$\Delta P = 1 \times 9,81 \times (1 - 0,4) \times$$

$$(2610 - 10^3) \Delta P = 9,476 \text{ m}$$

- **La perte de charge de l'air du média filtrant :**

$$\Delta P = 1 \times 9,81 \times (1 - 0,4) \times$$

$$(2610 - 1.204) \Delta P = 15,355 \text{ m}$$

H. La durée d'une phase de rétro lavage :

La durée de la phase de lavage à contre-courant a été fixée à 10 minutes, avec d'abord de l'air injecté pendant 4 minutes, puis de l'eau pendant 6 minutes.

On suppose qu'un rétro lavage tous les 2 jours est suffisant pour maintenir une chute de pression raisonnable dans le filtre à sable.

I. Le volume nécessaire à la phase de rétro-lavage :

$$V_i = Q_i \times \text{tréto-lavage}$$

- **Le volume d'eau à la phase de rétro-lavage :**

$$V_e = Q_e \times \text{tréto-lavage} = 5.26 \times 10^{-8} \times 6 \times 60 = 1.894 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

- **Le volume d'air à la phase de rétro-lavage :**

$$V_{air} = Q_{air} \times \text{tréto-lavage} = 1.26 \times 10^{-6} \times 4 \times 60 = 3.024 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Paramètre	Unité	Horizon
		2053
Surface du lit de sable	m ²	378.743
Perte de charge d'un filtre à sable	m	1.78
La vitesse de sédimentation de l'eau du média filtrant	m/s	1.39 * 10 ⁻⁹

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

La vitesse de sédimentation de l'air du média filtrant	m/s	$3.829 * 10^{-8}$
Débit d'eau de lavage	m³/s	$5.26 * 10^{-8}$
Débit d'air de lavage	m³/s	$1.26 * 10^{-6}$
La perte de charge de l'eau du média filtrant	M	9,476
La perte de charge de l'air du média filtrant	M	15,355
Volume d'eau à la phase de rétro-lavage	m³	$1.894*10^{-5}$
Volume d'air à la phase de rétro-lavage	m³	$1.327*10^{-4}$

Tableau V.14: Résultats de calcul d'un filtre à sable pour l'horizon 2053

6.2.Comparaison avec les normes de réutilisation :

Generalement le filtre à sable peut éliminer 77,5%, des MES , 90% de DCO dure et 93% de DBO5 (Journal internationale des sciences biologiques et chimiques).

Paramètre	Qualité des eaux avant le filtre à sable	Qualité des eaux après le filtre à sable	Normes de réutilisation	Observation
DBO5	22	1.54	30	Admissible
DCO	549.255	54.93	90	Admissible
MES	116.93	26.3	30	Admissible

Tableau V.15 Comparaison avec les normes de réutilisation (02)

- **On remarque que :** Notre qualité des eaux répond aux normes de la réutilisation.

6.3.L'Ozonation :

Dose de l'ozone à injecter :

Elle est de 4 à 5 g/m³ pour un temps de contact de 4 minutes dans les conditions normales.

La dose journalière :

On prend : une dose de 5 g/m³ pendant un temps de contact de 2 min

$$D_j = Q_{moy,j} * (O_3) = 33533 * 0,005 = 167.665 \text{kg/j}$$

2-4-2. Dimensionnement du bassin de désinfection par ozonation :

A .Le volume du bassin de désinfection:

$$V = Q_{pts} \times T_c = 2272.46 \times (2/60) = 75.75 \text{ m}^3$$

B .La hauteur du bassin :

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

C. La surface horizontale :

$$S_h = V / H = 75.75 / 3 = 25.25 \text{ m}^2$$

E .La largeur et la longueur du bassin :

On prend : $L = 2b$ $S_h = L * b$

$$b = \sqrt{\frac{S_h}{2}} = \sqrt{\frac{25.25}{2}} = 3.55\text{m}$$

$$\text{Donc : } L = 2b = 2 \times 3.55 = 7.1 \text{ m}$$

Paramètre	Unité	Horizon 2053
Forme	/	Rectangulaire
Le volume	m ³	75.75
La surface horizontale	m ²	25.25
la hauteur	M	3
Longueur L	M	7.1
Largeur b	M	3.55
Dose journalière de l'ozone	kg/j	167.665

Tableau V.16: Résultats de calcul du bassin de désinfection

7. TRAITEMENT DES BOUES :

Le traitement des boues des eaux usées urbaines et industrielles est crucial pour gérer efficacement ces résidus et minimiser leur impact sur l'environnement. Voici un aperçu des étapes courantes dans le traitement des boues :

- **Épaississement** : L'étape d'épaississement vise à réduire la quantité d'eau présente dans les boues, ce qui permet de réduire le volume global des boues à traiter.
- **Stabilisation** : La stabilisation des boues vise à réduire leur pouvoir fermentescible en favorisant la dégradation des matières organiques présentes. Les méthodes courantes incluent la digestion anaérobie ou aérobie.
- **Filtration** : La filtration permet de séparer les particules solides résiduelles de l'eau. Elle peut être réalisée à l'aide de filtres ou de centrifugeuses.

- **Séchage** : Le séchage a pour objectif de réduire davantage la teneur en eau des boues, ce qui les rend plus faciles à manipuler et à transporter. Il existe plusieurs méthodes de séchage, telles que le séchage au soleil, le séchage thermique ou le séchage par centrifugation.
- **Élimination** : Après le traitement, les boues peuvent être éliminées de différentes manières, notamment par incinération, compostage, valorisation énergétique, ou encore épandage agricole (dans le cas de boues traitées conformément aux normes environnementales).
- **Réutilisation** : Dans certains cas, les boues traitées peuvent être réutilisées de manière sécurisée, par exemple dans l'agriculture comme amendement du sol, ou pour des usages non alimentaires après un traitement approprié.

Il est important d'adapter ces étapes en fonction de la nature des boues (organiques, huileuses, minérales, fibreuses) et de respecter les réglementations environnementales en vigueur pour garantir un traitement adéquat et sécurisé des boues.

➤ **Dimensionnement des ouvrages :**

➤ **Dimensionnement de l'épaississeur :**

On a la production journalière des boues est :

$$\text{La boue primaire } DX_p = 4077.25 + 6048 = \mathbf{10125.25 \text{ Kg/j}}$$

$$\text{Boues secondaire } DX_s = [(220-22) + (78-7.8)] * 54540 * 10^{-3} = \mathbf{14627.63 \text{ kg/j}}$$

Donc la quantité totale journalière des boues sera :

$$DX_{\text{totale}} = DX_t = 10125.25 + 14627.63 = \mathbf{24752.88 \text{ Kg/j}}$$

La concentration de boue à l'entrée de l'épaississeur :

1- les boues primaires $S_1 = 20 \text{ à } 30 \text{ g/l}^{[6]}$

2- les boues secondaires $S_2 = 10 \text{ g/l}^{[6]}$ »

➤ **Calcul du débit journalier reçu par l'épaississeur :**

Le débit qui arrive du décanteur primaire :

$$Q_1 = DX_p / S_1 = 10125.25 / 25 = 405.01 \text{ m}^3/\text{j}$$

Le débit qui arrive du décanteur secondaire :

$$Q_2 = DX_s / S_2 = 14627.63 / 10 = 1462.76 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$\text{Le débit total } Q_t = Q_1 + Q_2 = 405.01 + 1462.76 = \mathbf{1867.77 \text{ m}^3/\text{j}}$$

➤ **La concentration du mélange :**

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

$$S = DX_t / Q_t = 24752.88 / 1867.77 = 13.25 \text{ Kg/m}^3$$

➤ **Le volume de l'épaisseur :**

$$V = Q_t \cdot T_s = 1867.77 \cdot 2 = 3735.54 \Rightarrow V = 3735.54 \text{ m}^3$$

T_s : Le temps de séjours = 2 j ; $t_s = (1 \sim 15 \text{ j})$.

➤ **La surface horizontale :**

Pour une profondeur de $H = 4 \text{ m}$ on calcule :

$$S_h = V / H = 3735.54 / 4 = 933.88 \text{ m}^2 \Rightarrow S_h = 933.88 \text{ m}^2$$

➤ **Le diamètre :**

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S_h}{3.14}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 933.88}{3.14}} \Rightarrow D = 34.5 \text{ m}$$

➤ **Dimensionnement du digesteur :**

Pour diminuer le volume des boues et augmenter leurs quantités, les boues s'arrivent avec une concentration de 80 g/l.

Alors le débit des boues qui arrive au digesteur :

$$Q_d = DX_t / 80 = 24752.88 / 80 = 309.411 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Temps de séjour du digesteur :**

$$T_s = 175 \times 10^{(-0.03 \cdot t)} \quad \text{Avec : } t = 35^\circ\text{C}$$

Alors : $T_s = 15.6 \text{ jours}^{[11]}$

➤ **Le volume du digesteur :**

$$V_d = Q_d \cdot T_s = 309.411 \times 15.6 = 4826.811 \text{ m}^3 \Rightarrow V_d = 4826.811 \text{ m}^3$$

En utiliser trois (03) digesteurs de même volume $V'_d = 4826.811/3 = 1608.94 \text{ m}^3$

➤ **Le diamètre du digesteur :**

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \cdot V'_d}{4 \cdot 3.14}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1608.94}{4 \cdot 3.14}} = 22.64 \text{ m}$$

➤ **La surface horizontale du digesteur :**

$$S_h = \frac{3.14 \cdot D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 22.64^2}{4} \Rightarrow S_h = 402.37 \text{ m}^2 \quad \text{Avec : } H=4\text{m}$$

➤ **Quantité de matières sèches des boues fraîches :**

$$F_g = Q_d \times F_s \times K_s$$

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

K_s : poids spécifique de la matière sèche de la boue fraîche

F_s : La teneur en matières solides $F_s = (3\% \sim 4\%)$ on fait : 3,5%

$$K_s = 1 \text{ tonne /m}^3$$

$$\text{Alors : } F_g = 309.411 \times 0,035 \times 1 = 10.83 \text{ tonne /j}^{[11]}$$

➤ **La quantité de matière organique dans la boue fraîche :**

Qui présente 60% de la quantité des matières sèches des boues fraîches = 0,6. $F_g = 0,6 \times 10.83 \Rightarrow$

$$F_o = 6.498 \text{ T /j}$$

➤ **La quantité de gaz produite :**

Qui calculée par la formule suivante :

$$Q_{\text{gaz}} = 138 (t^\circ)^{1/2} \times F_o$$

$$Q_{\text{gaz}} = 138 (35)^{1/2} \times 6.498$$

$$Q_{\text{gaz}} = 5304.789 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **La quantité moyenne du gaz :**

On prend 75% du quantité gaz produite théorique :

$$Q'_{\text{gaz}} = 0,75 \times Q_{\text{gaz}}$$

$$Q'_{\text{gaz}} = 0,75 \times 5304.789$$

$$Q'_{\text{gaz}} = 3978.59 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **La quantité du méthane (CH₄):**

$$Q_{\text{CH}_4} = (0,6 \text{ à } 0,65) Q'_{\text{gaz}}$$

$$\text{on fait : } Q_{\text{CH}_4} = 0,65 Q'_{\text{gaz}}$$

$$Q_{\text{CH}_4} = 0,65 \times 3978.59$$

$$Q_{\text{CH}_4} = 2586.08 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **La quantité du gaz carbonique CO₂ :**

$$Q_{\text{CO}_2} = (0,3 \text{ à } 0,35) Q'_{\text{gaz}}$$

$$\text{on fait : } Q_{\text{CO}_2} = 0,3 Q'_{\text{gaz}}$$

$$Q_{\text{CO}_2} = 0,3 \times 3978.59 = 1193.58 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **La quantité restante de gaz :**

$$\text{Les 5\% sont constituées par l'autre gaz (NH}_3, \text{ H}_2 \dots) Q_{\text{rest}} = 0,05 \times Q'_{\text{gaz}} = 0,05 \times 3978.59$$

$$= 198.93 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **La quantité minérale dans la boue :**

$$F_m = F_g - F_o$$

$$F_m = 10.83 - 6.498$$

$$F_m = 4.332 \text{ T/j}$$

➤ **La quantité de boues digérées :**

Qui donnée par l'expression suivante :

$$Q_r = F_g \left(\frac{1}{d_g} + \frac{1}{d_{ff}} + \frac{1}{d_f} \right)$$

Avec:

d_g : La teneur en matière solide dans la boue digérée ; $d_g = 10\%$

d_{ff} : Le poids spécifique de la matière sèche de la boue digérée; Avec : $d_{ff} = 2 \text{ T/m}^3$

d_g : poids spécifique de l'eau en excès dans le digesteur ; Avec : $d_g = 1 \text{ T/m}^3$

d_f : poids spécifique de l'eau en excès dans le digesteur ;

$$d_f = 1 \text{ T/m}^3 + F_g$$

$$d_f = F_m + F_o (1 - 0,138T^{1/2}) ;$$

$$d_f = 4.332 + 6.498 (1 - 0,138 \times 35^{1/2}) ;$$

$$d_f = 5.525 \text{ T/j}$$

$$Q_r = 5.525 \left(\frac{1}{(1 - 0,1)} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1} \right) \Rightarrow Q_r = 63.5375 \text{ m}^3/\text{j}$$

➤ **Dimensionnement des lits de séchage :**

La quantité totale des boues extraites de l'épaississeur est égale 7385.4 kg par jour, la teneur de matière sèche des boues égale (25 ~ 30) kg/m³. On prend 25 kg/m³.

Le débit des boues à sécher sera égal à : $Q_{b, \text{sech}} = \Delta X / 25 = 7385.4 / 25 = 295.4 \text{ m}^3/\text{j}$.

Soit 107821 m³/an.

On suppose qu'un lit est utilisé 12 fois par an (chaque mois). Pour un fonctionnement de 7 jours/7 et en utilise une hauteur de boues de 0,7 m.

La surface totale est égale à :

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

$$S_t = 107821 / (12 \cdot 0,7) = 12835 \text{ m}^2$$

En utilise 20 lits de séchage avec une surface unitaire

$$\text{Alors: } S_u = S_t / 20 = 12835 / 20 = 641.79 \text{ m}^2$$

Les dimensions de Chaque lit de séchage sera : $(L, l, H) = (32, 20, 0.7)$



Figure. V.4: Lits de séchage non plantés dans une station de traitement des boues de vidange à Dakar, Sénégal (Source : Eawag-Sandec)

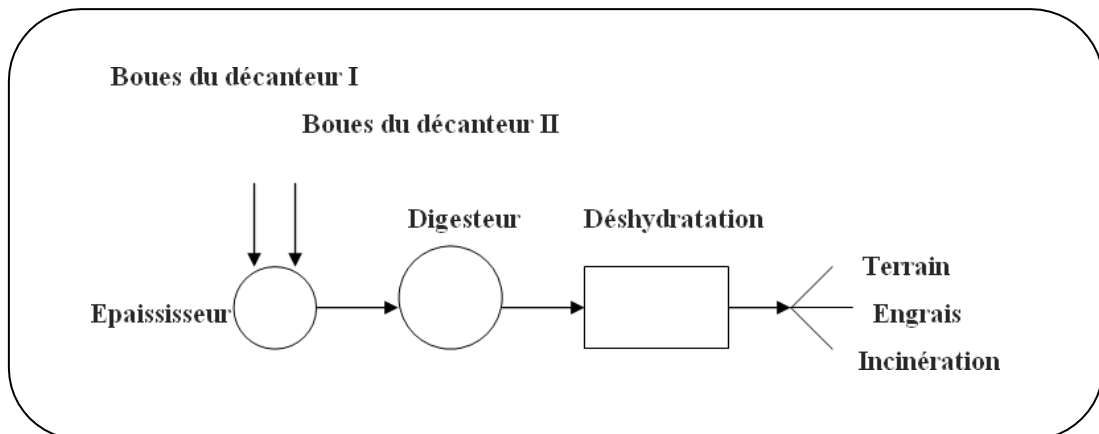


Figure.V.5: Traitement des boues à moyenne charge

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

Désignations	unité	2053
1* Dimensionnement de l'épaississeur		
La concentration qui entre l'épaississeur pour D_I	g/l	25
La concentration qui entre l'épaississeur pour D_{II}	g/l	10
Débit journalier reçu par l'épaississeur	m^3/j	1867.77
Temps de séjour	J	2
Volume	m^3	3735.54
Hauteur	m	4
Surface	m^2	933.88
Diamètre	m	34.5
2* Dimensionnement du digesteur		
Débit des boues arrivant au digesteur	m^3/j	309.411
Temps de séjour du digesteur	j	15.6
Volume totale	m^3	4826.811
Volume unitaire	m^3	1608.94
Nombre du digesteur	-	3
Diamètre	m	22.64
Hauteur	m	4
Surface horizontale	m^2	402.37
Quantité de matières sèches des boues fraîches	T/j	10.83
Quantité de matière organique des boues fraîches	T/j	6.498
Quantité du gaz produite	m^3/j	5304.789
Quantité moyenne du gaz	m^3/j	3978.59
Quantité du méthane	m^3/j	2586.08
Quantité du gaz carbonique	m^3/j	1193.58
Quantité restante de gaz	m^3/j	198.93
Quantité minérale dans la boue	T/j	4.332
Quantité de boues digérées	m^3/j	63.5375

Chapitre 05 : Dimensionnement de la station d'épuration

3* Dimensionnement du lit de séchage		
Surface totale	m ²	12835
Surface unitaire	m ²	641.79
Nombre de lits	-	20
Longueur	m	32
Largeur	m	20
Hauteur de boue dans le lit	m	0.7
Volume totale	m ³	448.7
Volume de boue à sécher par an	m ³ /an	107821

Tableau V.17 : récapitulatif des résultats de traitement des boues

8. Conclusion :

En conclusion de ce chapitre, il est clair que le dimensionnement de notre station d'épuration a été réalisé avec succès en garantissant que la qualité des eaux traitées répond aux normes requises pour la réutilisation en agriculture. Ce résultat démontre non seulement notre engagement envers la préservation de l'environnement, mais aussi notre souci de minimiser les coûts associés à ce processus. La mise en œuvre de cette station d'épuration s'avère être une solution économique et durable pour la gestion des ressources en eau, contribuant ainsi à la réalisation de nos objectifs de développement durable tout en respectant les normes de qualité.



Chapitre 06
Calcul hydraulique

6.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous aborderons le calcul des travaux nécessaires pour assurer la circulation de l'eau d'un bassin à un autre. Ces calculs ont pour objectif de dimensionner les conduites d'évacuation, les conduites de dérivation, les conduites de fuite, les liaisons entre les différentes structures, ainsi que le déversoir d'orage et les niveaux des radiers des différentes structures, afin de garantir le bon fonctionnement de la station du point de vue hydraulique.

6.2. Emplacement des ouvrages sur le site de la station :

L'acheminement des eaux vers la station d'épuration se déroule de la manière suivante :

Les eaux usées et pluviales sont rassemblées dans un collecteur unique qui les dirige vers un déversoir d'orage. Ce dernier permet de séparer les eaux pluviales des eaux usées, comme suit :

- * Les eaux pluviales sont déversées directement dans le milieu naturel.
- * Les eaux usées sont acheminées vers les différentes structures de la station.

En amont de la station, un autre déversoir, appelé le by-pass, est installé pour éviter l'écoulement vers la station d'épuration en cas de panne. Ainsi, l'emplacement des différentes structures suit la pente naturelle du terrain, permettant un écoulement gravitaire le long de la station d'épuration.

6.3. Déversoir d'orage :

Le principe de fonctionnement de cet ouvrage dans un système unitaire consiste à déverser dans le milieu naturel les débits d'orage et à diriger vers la station uniquement les débits des eaux usées, appelés "débit en temps sec". Il existe plusieurs types de déversoirs :

a. Déversoirs à seuil latéral : Dans le cas du déversoir à seuil latéral pur, le seuil est linéaire et aligné précisément avec le flux.

b. Déversoirs à seuil frontal : Dans ce cas, le seuil est rectiligne et perpendiculaire à l'écoulement. Parmi les déversoirs à seuils frontaux, on peut établir une sous-catégorie en fonction de la présence ou non d'une contraction au niveau du seuil, en tenant compte du niveau de remplissage du conduit aval et de son alignement par rapport à la crête.

c. Déversoirs à seuil double : Ce type de déversoirs présente des seuils de chaque côté de l'ouvrage. Ils représentent environ 15 % des déversoirs à seuil et sont qualifiés de déversoirs suspendus.

6.4. Choix du type de déversoir :

Le choix du type de déversoir ne sera pas basé sur la connaissance de son mode de calcul uniquement, mais il prendra en considération le régime d'écoulement, la position de l'exutoire et la topographie du terrain, les niveaux d'eau de l'émissaire.

Remarque : Dans le cadre de notre projet, nous optons pour le déversoir d'orage à seuil latéral, en raison de la faible pente du terrain et de la position de l'exutoire. Ce type de déversoir d'orage présente des avantages en termes de facilité d'entretien et d'exploitation.

6.5. Mode de calcul :

Le calcul des déversoirs d'orage à seuil latéral et de la conduite aval libre sera utilisé pour notre projet.

On a : Le débit de pointe: $Q_{pte} = 2598.314 \text{ m}^3/\text{h} = 0.73 \text{ m}^3/\text{s}$

Le débit pluvial $Q_{pl} = 3022 \text{ m}^3/\text{h} = 0.84 \text{ m}^3/\text{s}$

Le débit total : $Q_t = Q_{pte} + Q_{pl} = 0.73 + 0.84 = 1.57 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow Q_t = 1.57 \text{ m}^3/\text{s}$

➤ A l'aval du déversoir :

On a le débit de pointe : $Q_{pte} = 0.73 \text{ m}^3/\text{s}$

Avec la pente : $I = 0.02 = 2 \%$

On a d'après l'annexe I :

$$Q_{ps} = 0.774 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_s = 500 \text{ mm}$$

$$V_{ps} = 3.95 \text{ m/s}$$

Et d'après l'annexe II :

$$R_Q = \frac{Q}{Q_{p,s}} = \frac{0.73}{1.25} = 0.943;$$

$$R_H = \frac{H_s}{D_s} = 0.772 \Rightarrow H_s = 0.772 * 500 = 386 \text{ mm (c'est la hauteur de remplissage)}$$

$$R_V = \frac{V}{V_{D,s}} = 1.125 \Rightarrow V = 1.125 * 3.95 = 4.44 \text{ m/s (c'est le rapport des vitesses)}$$

➤ A l'amont du déversoir :

On calcule le diamètre du collecteur qui véhiculera le débit d'eau total en 2053 :

$$Q_t = 1.57 \text{ m}^3/\text{s} \text{ avec : } I = 2,5 \%$$

Et d'après l'ANNEXE I :

$$Q_{ps} = 2.72 \text{ m}^3/\text{s}; \quad (\text{débit a pleine section})$$

$$D_e = 800 \text{ mm}; \quad (\text{diamètre à l'entrée du déversoir})$$

$$V_{ps} = 5.41 \text{ m/s}; \quad (\text{vitesse a pleine section})$$

En plus d'après l'ANNEXE II :

$$R_Q = \frac{Q}{Q_{ps}} = \frac{1.57}{2.72} = 0.577 \text{ (rapport des débits);}$$

$$R_H = \frac{H_e}{D_e} = 0,548 \Rightarrow H_e = 0,548 \times 1000 = 548 \text{ mm (hauteur de remplissage);}$$

$$R_V = \frac{V}{V_{ds}} = 1,029 \Rightarrow V = 1,029 \times 5.41 = 5.56 \text{ m/s (rapport des vitesses);}$$

Pour éviter le problème de dépôts au niveau de seuil et pour le bon fonctionnement du déversoir, nous supposons que la hauteur du seuil est égale à :

$$H_{ST} = H_{ST} + 20\% \quad H_{ST} = 386 + (20\% * 386) = 464 \text{ mm}$$

Le débit divers par le déversoir d'orage est :

$$Q_{dev} = Q_t - Q_{pte} = 1.57 - 0.73 = 0,84 \text{ m}^3/\text{s}; \quad \Rightarrow \quad Q_{dev} = 0,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

6.6. Dimensionnement du déversoir d'orage :

D'après la formule de BAZIN :

$$Q_{dev} = \frac{2}{3} \mu * b * \sqrt{2g} H_{dev}^{3/2}$$

Avec :

μ : Le coefficient de débit de la lame déversant ($\mu=0,6$) ;

b : La longueur de la lame déversant exprimée en mètres ;

g : La pesanteur : $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;

H_{dev} : La hauteur de charge en mètres au-dessus du seuil du déversoir ;

Alors :

La hauteur d'entrée : $H_e = 548 \text{ mm}$

La hauteur de sortie : $H_s = 386 \text{ mm}$

La lame d'eau déversée : $H_{dev} = (H_e - H_s) / 2 = (548 - 386) / 2 \Rightarrow H_{dev} = 92 \text{ mm}$.

Donc la largeur du seuil déversant sera : $b = \frac{2}{3} * \frac{Q_{dev}}{\mu * \sqrt{2 * g * H_{dev}}^{3/2}}$

$$b = \frac{3}{2} * 0.83 / (0.6 * (2 * 9.81)^{0.5} * 0.92^{3/2}) \Rightarrow b = 2.96 \text{ m}$$

6.7. Dimensionnement de la conduite de fuite :

C'est une conduite de l'eau de pluie rejetée par le déversoir d'orage vers le cours d'eau ainsi pour avoir un écoulement admissible, cette conduite doit être en béton. Avec une pente de 1,5%.

$$Q_{dev} = 0.84 \text{ m}^3/\text{s}$$

D'après l'ANNEXE I :

$Q_{ps} = 1.569 \text{ m}^3/\text{s}$; (le débit a pleine section).

$D_e = 800 \text{ mm}$; (diamètre à l'entrée du déversoir)

$V_{ps} = 3.125 \text{ m/s}$; (vitesse a pleine section)

D'après l'ANNEXE II :

$$R_q = 0.535$$

$$R_h = 0.52$$

$$R_v = 1.01$$

6.8. Dimensionnement de la conduite By-pass :

Cette conduite véhiculer un débit de $Q_{pte} = 0,73 \text{ m}^3/\text{s}$ avec une pente de 1,5% et elle devrait intervenir lors d'un danger sur la station, et l'eau vers la station de relevage vers le milieu récepteur.

$$Q_{pte} = 0.73 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$I = 1.5\%$$

D'après l'ANNEXE I :

$$Q_{ps} = 0.728 \text{ m}^3/\text{s}; \text{ (le débit a pleine section).}$$

$$D_e = 600 \text{ mm}; \text{ (diamètre à l'entrée du déversoir)}$$

$$V_{ps} = 2.577 \text{ m/s}; \text{ (vitesse a pleine section)}$$

D'après l'ANNEXE II :

$$R_q = 1.002$$

$$R_h = 0.827$$

$$R_v = 1.138$$

6.9. Profil hydraulique :

Le profil hydraulique implique le calcul des divers niveaux d'eau le long de la chaîne de traitement, suivis de la liaison de ces niveaux par une ligne nommée "ligne piézométrique".

6.9.1 Les côtes moyennes du terrain naturel des zones d'implantation des ouvrages :

Ouvrages	Côtes du terrain naturel (m)
Dégrilleur	604,78
Dessableu deshuileur	604,57
Le décanteur primaire	603,90
Le bassin d'aération	603,48
Le décanteur secondaire	602,85
Le bassin de désinfection	601,60

Tableau V.1 : Les Côtes moyenne du terrain naturel de la zone d'implantation des ouvrages de la station d'épuration

6.9.2 Calcul des pertes de charges, diamètres et des longueurs des conduites reliant les ouvrages de la station d'épuration :

Pour cela on doit connaître les paramètres suivants :

- Les longueurs des conduites (qui peuvent être déduites du schéma d'implantation donc peuvent être calculées).
 - Les diamètres des conduites.
 - Le débit qui est connu.
 - La nature du matériau : on utilisera le béton.

6.9.3 Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :

Nous prendrons en considération les longueurs équivalentes dans tous nos calculs pour compenser les pertes de charge singulières. La longueur équivalente sera calculée en utilisant un coefficient de 1,15 par rapport à la longueur réelle..

$$L_{eq} = 1,15 \times L_{réelle}$$

Toutes les canalisations seront dimensionnées de manière à imposer une pente de 1,5% afin d'assurer un bon écoulement de l'eau, d'assurer l'auto-curage avec une vitesse minimale de 0,6 m/s et d'éviter l'abrasion pour les vitesses supérieures à 5 m/s.

6.9.4 Calcul des pertes de charges, diamètres et des longueurs des conduites reliant les ouvrages de la station d'épuration :

Pour calculer les pertes de charge dans les conduites on utilisera la formule de Darcy WEISBACH Définie par : $\Delta H = 8 \cdot \lambda \cdot (L \cdot Q^2 / \pi^2 \cdot \gamma \cdot D^5)$ [12]

Avec :

L : Longueur de la conduite (m) ;

D : Diamètre de la conduite (m) ;

ΔH_T : la perte de charge totale (m) ;

Q : Le débit au temps de pluie ;

λ : Coefficient perte de charge

CPB : Côte du plan d'eau au point B (m)

CPA : Côte du plan d'eau au point A (m) ;

Pour cela on doit connaître les paramètres suivants :

- Les longueurs des conduites (qui peuvent être déduites du schéma d'implantation donc peuvent être calculées).
 - Les diamètres des conduites.
 - Le débit qui est connu.
 - La nature du matériau : on utilisera le béton.

6.9.5 Calcul des longueurs des conduites reliant les ouvrages :

Pour tous nos calculs on utilisera les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières : $L_{eq} = 1,15 \cdot L_{réelle}$

Toutes les canalisations seront dimensionnées de façon qu'on leur impose une pente de 1,5% pour permettre un bon écoulement de l'eau et assurer l'auto-curage avec une vitesse minimale de 0,6 m/s et éviter l'abrasion pour les vitesses supérieures à 5 m/s.

Ouvrages	L réelle (m)	L _{eq} = 1,15 · L _{réelle} (m)
Dégrilleur - Déssableur-deshuilleur	4.00	4,60
Déssableur-deshuilleur - Décanteur I	10,50	12,07
Décanteur I - Bassin d'aération	8,46	9,73
Bassin d'aération - Décanteur II	8.00	9,20
Décanteur II - Bassin de désinfection	14.0	16.0

Tableau V.2 : Longueurs des conduites entre les ouvrages de la Station

6.9.6 Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages ainsi que les pertes de charges :

➤ Conduite dégrilleur- déssableur :

$Q_{pte} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$ et d'après l'ANNEXE II on aura : **D = 800 mm**

$$L_{eq} = 4,60 \text{ m} \quad \lambda = (1,14 - 0,86 \ln \frac{S}{D})^{-2}$$

Puisque le béton avec une rugosité de 1 mm donc :

$$\lambda = 0,021$$

$$\Delta H = 8 * 0.021 * \frac{4.6 * 0.83^2}{3.14^2 * 10 * 0.8^5} \quad \Delta H = 0.016 \text{ m}$$

➤ Conduite déssableur- décanteur primaire :

$Q_{pte} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$ et d'après l'ANNEXE II on aura : **D = 800 mm**

$$L_{eq} = 12,06 \text{ m} \quad D = 0,021$$

$$\Delta H = 8 * 0.021 * \frac{12.06 * 0.83^2}{3.14^2 * 10 * 0.8^5}$$

$$\Delta H = 0.043 \text{ m}$$

➤ **Conduite décanteur primaire – bassin d'aération :**

$Q_{pte} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$ et d'après l'ANNEXE II on aura : **D = 800 mm**
 $L_{eq} = 9,74 \text{ m}$ $D = 0,021$

$$\Delta H = 8 * 0.021 * \frac{9.74 * 0.83^2}{3.14^2 * 10 * 0.8^5}$$

$$\Delta H = 0.035\text{m}$$

➤ **Conduite bassin d'aération – décanteur II :**

$Q_{pte} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$ et d'après l'ANNEXE II on aura : **D = 800 mm**
 $L_{eq} = 9,21 \text{ m}$ $D = 0,021$

$$\Delta H = 8 * 0.021 * \frac{9.21 * 0.83^2}{3.14^2 * 10 * 0.8^5}$$

$$\Delta H = 0.033$$

➤ **Conduite décanteur primaire – bassin d'aération :**

$Q_{pte} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$ et d'après l'ANNEXE II on aura : **D = 800 mm**
 $L_{eq} = 16 \text{ m}$ $D = 0,021$

➤ **Conduite bassin de désinfection – milieu récepteur :**

$Q_{pte} = 0,83 \text{ m}^3/\text{s}$ et d'après l'ANNEXE II on aura : **D = 800 mm**
 $L_{eq} = 239.9 \text{ m}$ $D = 0,021$

$$\Delta H = 8 * 0.021 * \frac{239.9 * 0.83^2}{3.14^2 * 10 * 0.8^5}$$

$$\Delta H = 0.859$$

➤ **Calcul des côtes piézométriques et côtes de radier des différents ouvrages :**

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

Avec :

P_1/W et P_2/W : énergies de pression dans les sections (1) et (2). $V_1^2/2g$ et $V_2^2/2g$: énergies cinétiques en (1) et (2).

Z_1 et Z_2 : côtes des points (1) et (2).

H_{1-2} : pertes de charges dans le tronçon (1- 2).

La variation de vitesse est trop faible, donc les énergies cinétiques sont négligeable ,
alors :

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

Posons: $P_1/W = H_1$ et $P_2/W = H_2$

Alors : $H_1 + Z_1 = H_2 + Z_2 + H_{1-2}$

$C_{p1} = H_1 + Z_1$ la côte piézométrique au point (1).

$C_{p2} = H_2 + Z_2$ la côte piézométrique au point (2).

$C_{p2} = C_{p1} + H_{1-2}$

➤ **La côte piézométrique du dégrilleur :**

On a $Z_d =$ côte terrain du radier = 604,78 m ;

Et la hauteur d'eau dans le dégrilleur est de $H_d = 0,61$ m

D'où : $C_{pd} = Z_d + H_d = 604,78 + 0,61$ **$C_{pd} = 605,39$ m**

➤ **La côte piézométrique du dessableur_déshuileur :**

La hauteur d'eau dans le dessableur_déshuileur est de : $H_{d-d} = 3 m H_d + Z_d =$

$H_{d-d} + Z_{d-d} + H_{d--d-d}$

$Z_{d-d} = H_d + Z_d - H_{d-d} - \Delta H$

$Z_{d-d} = 0,62 + 604,78 - 3 - 0,0096$; $Z_{d-d} = 602,39$ m

$C_{pd-d} = Z_{d-d} + H_{d-d} = 602,39 + 3$ **$C_{pd-d} = 605,39$ m**

➤ **Côte piézométrique du décanteur primaire :**

La hauteur d'eau dans le décanteur primaire est de $H_{dI} = 4 m H_{d-d} +$

$Z_{d-d} = H_{dI} + Z_{dI} + H_{d-d--dI}$

$Z_{dI} = H_{d-d} + Z_{d-d} - H_{dI} - \Delta H$

$Z_{dI} = 3 + 602,39 - 4 - 0,025$ $Z_{dI} = 601,14$ m

$C_{pdI} = Z_{dI} + H_{dI} = 601,36 + 4$ **$C_{pdI} = 605,36$ m**

➤ **Côte piézométrique du bassin d'aération :**

La hauteur d'eau dans le bassin d'aération est de $H_{BA} = 4 m H_{dI} + Z_{dI} =$

$H_{BA} + Z_{BA} + H_{dI-BA}$

$Z_{BA} = H_{dI} + Z_{dI} - H_{BA} - \Delta H$

$Z_{BA} = 4 + 601,36 - 4 - 0,020$ $Z_{BA} = 601,16$ m

$C_{pBA} = Z_{BA} + H_{BA} = 601,34 + 4$ **$C_{pBA} = 605,34$ m**

➤ **Côte piézométrique du décanteur secondaire :**

La hauteur d'eau dans le décanteur secondaire est de

$$H_{dII} = 3 \text{ m} + H_{BA} + Z_{BA} = H_{dII} + Z_{dII} + H_{BA} - d_{II}$$

$$Z_{dII} = H_{BA} + Z_{BA} - H_{dII} - \Delta H$$

$$Z_{dII} = 4 + 601,34 - 3 - 0,019 \qquad Z_{dII} = 602,15 \text{ m}$$

$$C_{p_{dII}} = Z_{dII} + H_{dII} = 602,15 + 3 \qquad C_{p_{dII}} = 605,32 \text{ m}$$

➤ **Côte piézométrique du bassin de désinfection :**

La hauteur d'eau dans le bassin de désinfection est de $H_{Bd} = 3 \text{ m}$

$$H_{dII} + Z_{dII} = H_{Bd} + Z_{Bd} + H_{dII} - H_{Bd}$$

$$Z_{Bd} = H_{dII} + Z_{dII} - H_{Bd} - \Delta H$$

$$Z_{Bd} = 3 + 602,32 - 3 - 0,033 \qquad Z_{Bd} = 601,99 \text{ m}$$

$$C_{p_{Bd}} = Z_{Bd} + H_{Bd} = 601,99 + 3 \qquad C_{p_{Bd}} = 605,29 \text{ m}$$

Désignations	Côte (m) terrain	Côte radié (m)	Plan d'eau (m)	ΔH (m)	Côte (m) piézométrique
dégrilleur	604,78	604,78	0,62		605,40
déssableur-déshuileur	604,57	602,39	3	0,0096	605,39
décanteur primaire	603,90	601,36	4	0,025	605,36
bassin d'aération	603,48	601,34	4	0,020	605,34
décanteur secondaire	602,85	602,32	3	0,019	605,32
bassin de désinfection	601,60	602,29	3	0,033	605,29

Tableau V.3 : Récapitulatif des résultats

6.10. Conclusion :

En résumé, ces calculs hydrauliques sont fondamentaux pour assurer le bon fonctionnement hydraulique de la station d'épuration, minimiser les risques de défaillance du système et garantir que les traitements biologiques puissent s'effectuer de manière optimale.



Chapitre 07

Gestion et exploitation de la station d'épuration

1. Introduction :

Il est absolument essentiel de mettre en place un suivi efficace pour garantir le bon fonctionnement d'une station d'épuration et ainsi lutter efficacement contre la pollution.

2. Contrôles et mesures effectués à la station d'épuration :

- **L'exploitant est tenu d'effectuer une série de vérifications et de contrôles dans le cadre de l'exploitation et de la gestion de la station, parmi lesquels on retrouve en particulier :**

- Évaluation du débit
- Mesure du pH et de la température :

La mesure du pH doit être réalisée dès l'arrivée des eaux à la station afin de prendre les mesures nécessaires pour les traitements sensibles à ce paramètre. Il est fortement recommandé de mesurer la température pour maintenir une température optimale dans les ouvrages de traitement tels que le dégraisseur et le bassin d'aération.

- Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)
- Évaluation de la demande biologique en oxygène (DBO5)
- Mesure de la quantité d'oxygène dissous
- Recherche de substances toxiques

- **Analyse des boues Pour ajuster le fonctionnement optimal de la station d'épuration, les réglages doivent principalement porter sur :**

- Le taux de recirculation des boues
- Le taux d'aération

- **Le taux de boues en excès Pour réguler ces paramètres, il est nécessaire de connaître :**

- La teneur en oxygène dans le bassin d'aération
- Le pourcentage de boues dans le bassin d'aération.

• **La concentration en matières volatiles en suspension (MVS) dans le bassin d'aération En fonction des résultats de ces mesures, les ajustements sont apportés au débit de recirculation, à la durée d'aération et au débit des boues en excès jusqu'à atteindre la valeur optimale de 4g MVS/L. Dans le cas où :**

- $MVS > 4g/l$, augmentation du temps de recirculation et d'aération.
- $MVS < 4g/l$, réduction du temps de recirculation et d'aération.
- Durée de fonctionnement quotidien des principales machines en rotation (pompes, aérateurs, filtres ou centrifugeuses, etc.). Chaque contrôle quotidien doit être réalisé systématiquement à la même heure pour garantir sa représentativité.

3. Supervision du fonctionnement :

L'efficacité et la durabilité d'une station d'épuration dépendent grandement de l'entretien de ses installations. Il est impératif de maintenir l'ensemble de la station en parfait état de propreté en nettoyant les rigoles, caniveaux, murs, etc.

Les structures métalliques doivent être repeintes environ tous les cinq ans pour les protéger contre la corrosion.

Les infrastructures en béton doivent faire l'objet d'inspections régulières portant sur l'étanchéité, la détection de fissures et les ruptures des joints de dilatation.

Il est crucial d'assurer une lubrification et une graissage régulières de tous les équipements mécaniques et électromécaniques et de veiller à leur bon fonctionnement.

Pour les équipements immergés, un vidange annuelle des ouvrages où ils sont situés est nécessaire pour leur entretien. Les équipements d'aération doivent également être régulièrement inspectés en nettoyant les orifices de diffusion de l'air.

Cela nous amène à exiger une vigilance particulière pour garantir en permanence l'épuration conforme des effluents. Cette vigilance doit être exercée à plusieurs niveaux .

4. Surveillance quotidienne :

Ces vérifications peuvent être effectuées par l'exploitant. Divers tests ou observations permettent d'évaluer la rationalisation de la gestion de la station d'épuration :

- Le test de décantation et de turbidité.
- L'odorat et la couleur des boues.
- La carence en oxygène se manifeste par une odeur désagréable et une couleur de boue grise ou noire.
- Pour permettre des contrôles périodiques plus précis, il est essentiel que l'exploitant tienne un registre dans lequel il consigne les résultats des tests et les observations effectuées.

5. Vérifications périodiques :

L'objectif principal de ces vérifications est d'interpréter de manière fiable les résultats obtenus précédemment et de fournir au propriétaire des conseils nécessaires pour une exploitation efficace en proposant toutes les améliorations ou corrections nécessaires.

- Les enquêtes complémentaires à mener dans le cadre de ces visites comprennent notamment :
- Mesure de l'oxygène dans le bassin d'aération.

- Analyse des boues prélevées dans le bassin d'aération après 15 à 20 minutes de fonctionnement des aérateurs, visant à déterminer la décantabilité, la teneur en matières en suspension (MES) et la teneur en matières volatiles en suspension (MVS).
- Analyse de l'effluent épuré sur un échantillon instantané, en considérant que la quantité d'effluent épuré varie généralement très peu au cours d'une journée dans une station d'épuration.
- Une évaluation globale au moins une fois par an, consistant à effectuer un diagnostic complet du fonctionnement de la station, en réalisant notamment des analyses sur l'effluent reçu par la station sur 24 heures à partir d'échantillons, afin de déterminer les mêmes paramètres en fonction du débit.

6. Entretien des installations :

- **Le dispositif de dégrillage :**

- Les résidus doivent être évacués quotidiennement, les grilles doivent être nettoyées par un jet d'eau et les matières adhérentes putrescibles doivent être enlevées à l'aide de râpeaux.
- Enregistrer les quantités de déchets refusés quotidiennement.
- Vérifier le niveau d'huile et de graisse des chaînes d'entraînement quotidiennement.
- S'assurer du bon fonctionnement électromécanique de l'installation quotidiennement.

- **Le déssableur-déshuileur :**

- Maintenir le poste propre quotidiennement.
- Vérifier et garantir le bon fonctionnement de l'installation quotidiennement.
- Vérifier et garantir le bon fonctionnement du pont roulant et des systèmes de raclage chaque jour, suivis du cycle complet de fonctionnement.
- Le pont roulant et l'insufflation d'air doivent fonctionner 24h/24.

- **Le bassin d'aération :**

- Chaque jour, vérifier et intervenir pour garantir le bon fonctionnement de tous les équipements d'aération.
- Contrôler et entretenir les procédures automatiques de démarrage et d'arrêt des aérateurs chaque jour.
- Enregistrer les paramètres de fonctionnement (débit et oxygène).
- Mesurer et enregistrer quotidiennement la charge en DBO entrante et la concentration des boues dans le bassin.

- **Le clarificateur :**

- Maintenir le clarificateur propre.
-
- Vérifier le bon fonctionnement des dispositifs de pompage des écumes tous les six mois.
- Effectuer une analyse contractuelle de l'eau après clarification (DBO, DCO, MES).
- Tous les cinq ans, vidanger les ouvrages pour effectuer des contrôles et de l'entretien sur les structures immergées.

- **Désinfection des eaux épurées :**

- Maintenir le poste propre.
- Suivre les procédures de mise en marche et d'arrêt des installations fournies par les constructeurs.
- Faire fonctionner régulièrement le circuit de secours de chloration.
- Ne jamais utiliser l'eau dans les circuits transportant du chlore.
- Lors de toute intervention dans les locaux de stockage et de dosage, respecter les consignes de sécurité.

- **Les lits de séchage :**

- Avant l'épandage des boues liquides, désherber et ratisser soigneusement le lit de sable pour dépasser la masse filtrante et la régulariser.
- Ne pas dépasser une épaisseur de 40 cm pour les quantités de boues admises sur les lits de séchage.
- Renouveler la couche superficielle par un sable propre après deux à trois utilisations du lit.
- Tous les deux ans, refaire complètement les lits de séchage (réfection complète des lits, colmatage ou remplacement des drains).
- Entre deux épandages de boues, protéger le lit en utilisant un film plastique pour éviter la prolifération de la végétation et le tassement des matériaux filtrants par les précipitations.

- **L'épaississeur :**

- Maintenir le poste propre quotidiennement.
- Mesurer quotidiennement la hauteur du voile de boue, le garde-boue ne doit pas être inférieur à 2 mètres.
- Contrôler et noter chaque jour le pH des eaux de surverse et des boues épaissies.
- Enregistrer les volumes des boues soutirées des épaississeurs.
- Tous les cinq ans, vidanger les ouvrages pour contrôler les structures immergées.

7. Conclusion :

Le maintien en parfait état des différentes installations de la station d'épuration et la garantie des performances épuratoires reposent avant tout sur :

- Une exploitation de qualité, assurée par une qualification et une formation régulière du personnel en charge de l'exploitation.
- Une application précise (dans la mesure du possible) du procédé d'épuration.
- Un entretien périodique des diverses installations et équipements appartenant à la station d'épuration.

Chapitre 08

La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

1- Introduction :

Dans ce chapitre, nous exploiterons l'ensemble des chapitres précédents, en nous penchant sur l'exploitation des eaux traitées dans le secteur agricole, lequel demeure un secteur essentiel à Ain Sera et dans la wilaya de Djelfa en Algérie. Il complétera les recherches antérieures.

Ce chapitre vise à explorer en détail la mise en œuvre des systèmes d'irrigation utilisant les eaux traitées dans l'agriculture. Nous débuterons par l'ajustement aux données à la loi normale, puis nous ferons des propositions concernant les types de cultures à envisager. Nous examinerons également le calcul des besoins en eau pour chaque culture, ainsi que le calcul des débits caractéristiques par rapport à la superficie cultivée.

Ce chapitre offrira une vision exhaustive des aspects techniques et pratiques du design et de la mise en place de systèmes d'irrigation utilisant les eaux traitées dans l'agriculture. Cela contribuera à l'amélioration de la durabilité et à l'augmentation de la productivité agricole, favorisant ainsi le développement durable à la fois dans cette région et à l'échelle locale et nationale.

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

2- Ajustement aux Données à la Loi Normale :

2-1- La série pluviométrique :

Mois/ Année	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Jun	Jul	Aout	Pluie annuel
1991	26.37	73.83	89.65	10.55	26.37	31.64	15.82	10.55	52.73	5.21	5.17	5.30	353.32
1992	10.55	15.82	52.73	31.64	100.2	63.28	21.09	36.91	5.27	15.82	26.37	0	379.69
1993	21.09	0	21.09	21.09	36.91	15.82	31.64	15.82	31.64	10.55	0	15.82	221.48
1994	42.19	63.28	5.27	10.55	5.27	15.82	10.55	15.82	21.09	0	0	5.27	195.12
1995	36.91	10.55	63.28	10.55	5.27	68.55	5.27	15.82	10.55	26.37	0	10.55	263.67
1996	10.55	0	42.19	84.38	47.46	79.1	10.55	10.55	79.1	36.91	5.39	15.82	421.88
1997	58.01	21.09	0	73.83	36.91	36.91	26.37	42.19	5.27	5.27	5.07	42.19	353.34
1998	47.46	21.09	5.27	31.64	73.83	10.55	15.82	15.82	15.82	0	0	5.27	242.58
1999	15.82	21.09	42.19	5.27	0	68.55	110.74	10.55	26.37	0	0	10.55	311.13
2000	31.64	15.82	10.55	0	26.37	0	21.09	15.82	0	0	0	5.27	126.56
2001	36.91	36.91	0	26.37	10.55	47.46	15.82	21.09	10.55	0	0	5.27	210.94
2002	5.17	5.37	5.22	15.82	15.82	5.21	31.64	63.28	5.27	0	5.26	31.64	189.84
2003	5.57	58.01	15.82	31.64	26.37	94.92	58.01	26.37	36.91	10.55	5.28	52.73	421.88
2004	15.82	36.91	36.91	89.65	116.02	15.82	52.73	31.64	5.27	10.55	0	36.91	448.24
2005	47.46	36.91	5.27	10.55	10.55	21.09	31.64	31.64	36.91	42.19	10.62	21.09	305.86
2006	21.09	0	5.27	36.91	94.92	84.38	42.19	21.09	68.55	5.27	10.50	5.27	395.51
2007	47.46	42.19	73.83	89.47	52.73	5.22	10.55	52.73	26.37	26.37	0	10.55	437.7
2008	58.01	36.91	26.37	0	42.19	5.37	36.91	21.09	10.55	15.82	10.55	5.27	268.95
2009	73.83	15.82	47.46	89.66	15.82	68.55	36.91	26.37	15.82	5.46	5.27	0	400.78
2010	0	47.46	52.73	52.73	42.19	15.82	10.55	21.09	52.73	15.82	0	15.82	326.95
2011	5.27	58.01	36.91	68.55	84.38	26.37	36.91	31.64	58.01	31.64	15.82	10.55	464.06
2012	0	52.73	84.38	79.1	10.55	5.23	0	42.19	58.01	5.40	0	10.51	348.05
2013	10.55	5.27	15.82	47.46	52.73	36.91	52.73	52.73	36.91	0	0	5.27	316.41
2014	21.09	10.55	47.46	0	36.91	36.91	68.55	42.19	31.64	47.46	5.37	0	348.07
2015	68.55	68.55	10.55	0	10.55	26.37	0	21.09	89.65	15.82	0	5.32	316.41
2016	10.55	5.09	52.73	31.64	26.37	15.82	52.73	58.01	31.64	0	10.52	0	295.31
2017	5.27	26.37	10.55	0	15.82	121.29	47.46	31.64	0	15.82	0	0	274.22
2018	36.91	84.38	68.55	89.65	26.37	15.82	26.37	42.19	15.82	15.82	0	15.82	437.7
2019	31.64	0	36.91	31.64	10.55	52.73	31.64	42.19	10.55	5.27	10.49	26.37	290.04
2020	15.82	5.2	73.83	58.01	5.27	21.09	42.19	21.09	0	0	0	0	242.58
2021	13.17	23.33	21.09	16.1	58.07	10.55	19.8	73.5	5.27	18.49	1.84	21.85	283.06
2022	24.54	51.11	75.53	97.88	18.93	9.21	14.52	14.39	29.96	1.68	3.3	0.72	341.77
Moyennes	26.72	29.68	35.48	38.83	35.69	35.38	30.89	30.59	27.63	12.16	4.28	12.41	319.79

Tableau VIII-1 : Pluies moyennes mensuelles observées à la station d'Ain Oussera (Source: ANRH-Djelfa)

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

2-2- Etude l'homogénéité de la série :

L'étude de l'hémogénie de la série pluviométrique consiste à évaluer si les données de précipitation collectées sur une période donnée présentent une cohérence et une stabilité temporelle. Elle vise à détecter les éventuels changements dans la schémas de précipitation qui pourraient être attribuables a des facteurs tels que le changement climatique.

Rang	Série d'origine	(-) ou (+)	Rang	Série d'origine	(-) ou (+)
1	353.32	+	17	437.7	+
2	379.69	+	18	268.95	-
3	221.48	-	19	400.78	+
4	195.12	-	20	326.95	+
5	263.67	-	21	464.06	+
6	421.88	+	22	348.05	+
7	353.34	+	23	316.44	+
8	242.58	-	24	348.07	+
9	311.13	+	25	316.41	-
10	126.56	-	26	295.31	-
11	210.94	-	27	274.22	-
12	189.84	-	28	437.7	+
13	421.9	+	29	290.04	-
14	448.24	+	30	242.58	-
15	305.86	-	31	283.06	-
16	395.51	+	32	341.77	+

Tableau VIII-2: Etude l'homogénéité de la série

1) Mediane : Après le classement par ordre croissant on trouve que : $m = 316.42$

$$2) N_s > 0.5 * (N+1 - U(1-a/2)) \sqrt{N+1}$$

$$3) T_s < 3.3 * \log(N) + 1$$

$U = 1.96$ pour $a = 5\%$

Avec :

N_s : la somme totale des (+) ou (-)

T_s : la somme des (+) ou (-) au-dessus de range de médiane

AN :

$$1) 17 > 0.5 * (32+1 - 1.96(1-0.05/2)) \sqrt{32+1} = 11.011$$

$$2) 8 < 3.3 * \log(32) + 1 = 12.43$$

Alors : **Notre série est homogène.**

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

2-3- Ajuster les précipitations annuelles à la loi normale :

Les données annuelles de précipitations peuvent souvent être ajustées en fonction de plusieurs régularités statistiques, garantissant ainsi la meilleure concordance avec l'une des lois d'ajustement les plus couramment utilisées.

Les étapes du processus de calcul incluent :

1. Tri des valeurs d'échantillon par ordre croissant.
2. Attribution de numéros de série aux valeurs catégorielles.
3. Calcul de la fréquence expérimentale, par exemple, en utilisant la formule de Hazen.
4. Calcul de la variable réduite de Gauss : $U = (X - X^-) / \delta$.
5. Calcul des caractéristiques empiriques de la loi (X^- , δ , Cv , $CS = 0$).
6. Calcul du coefficient de variation : $Cv = \delta / X$.
7. Le quantile de précipitation pour une période de retour donnée est défini comme suit : $XP\% = X^- + \delta * Up\%$,

où :

$Up\%$: variable réduite de Gauss.

$XP\%$: précipitation de probabilité $P\%$.

δ : Écart type

X^- : Moyenne arithmétique.

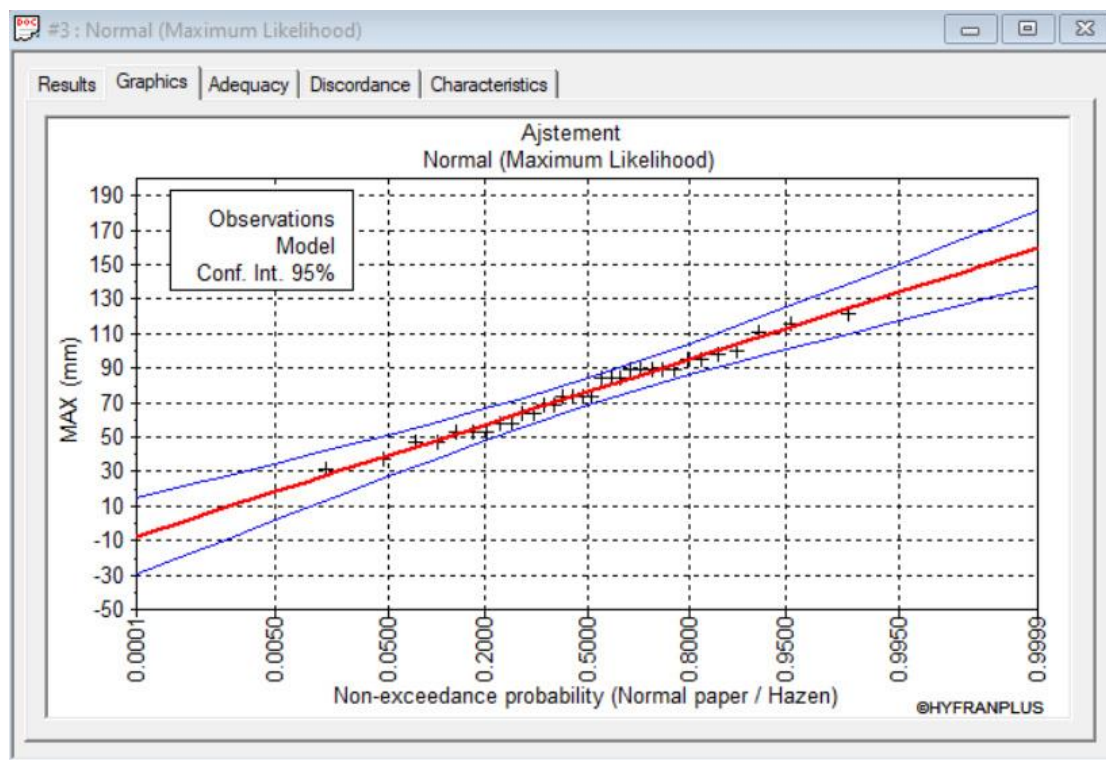


Figure VIII-1: Ajustement des pluies annuelles aux lois normales

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

- Les calculs :

- 1- La monème et l'écart type :

$$\bar{X} = 319.785938 \text{ mm} \quad \delta = 84.3132455 \text{ m}$$

- 2- Les Variables de gauss et les fréquences expérimentaux :

Rang	Valeur d'échantillon	La variable réduite de Gauss	La fréquence expérimentale Fi	Cv
1	126.56	-2.291761971	0.015625	0.666192
2	189.84	-1.541227506	0.046875	0.444128
3	195.12	-1.478603897	0.078125	0.43211
4	210.94	-1.29097028	0.109375	0.399703
5	221.48	-1.165960273	0.140625	0.380681
6	242.58	-0.915703048	0.171875	0.347569
7	242.58	-0.915703048	0.203125	0.347569
8	263.67	-0.665564428	0.234375	0.319768
9	268.95	-0.602940819	0.265625	0.31349
10	274.22	-0.540435815	0.296875	0.307466
11	283.06	-0.435588712	0.328125	0.297864
12	290.04	-0.352802199	0.359375	0.290695
13	295.31	-0.290297195	0.390625	0.285508
14	305.86	-0.165168583	0.421875	0.27566
15	311.13	-0.102663579	0.453125	0.27099
16	316.41	-0.04003997	0.484375	0.266468
17	316.44	-0.039684154	0.515625	0.266443
18	326.95	0.084970037	0.546875	0.257878
19	341.77	0.260743122	0.578125	0.246696
20	348.05	0.335227263	0.609375	0.242245
21	348.07	0.335464473	0.640625	0.242231
22	353.32	0.397732266	0.671875	0.238631
23	353.34	0.397969477	0.703125	0.238618
24	379.69	0.710494495	0.734375	0.222058
25	395.51	0.898128112	0.765625	0.213176
26	400.78	0.960633115	0.796875	0.210373
27	421.88	1.21089034	0.828125	0.199851
28	421.9	1.211127551	0.859375	0.199842
29	437.7	1.398523957	0.890625	0.192628
30	437.7	1.398523957	0.921875	0.192628
31	448.24	1.523533964	0.953125	0.188098
32	464.06	1.71116758	0.984375	0.181686

Tableau VIII-3 : Les Variables de gauss et les fréquences expérimentaux

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

3- La droite de Henri :

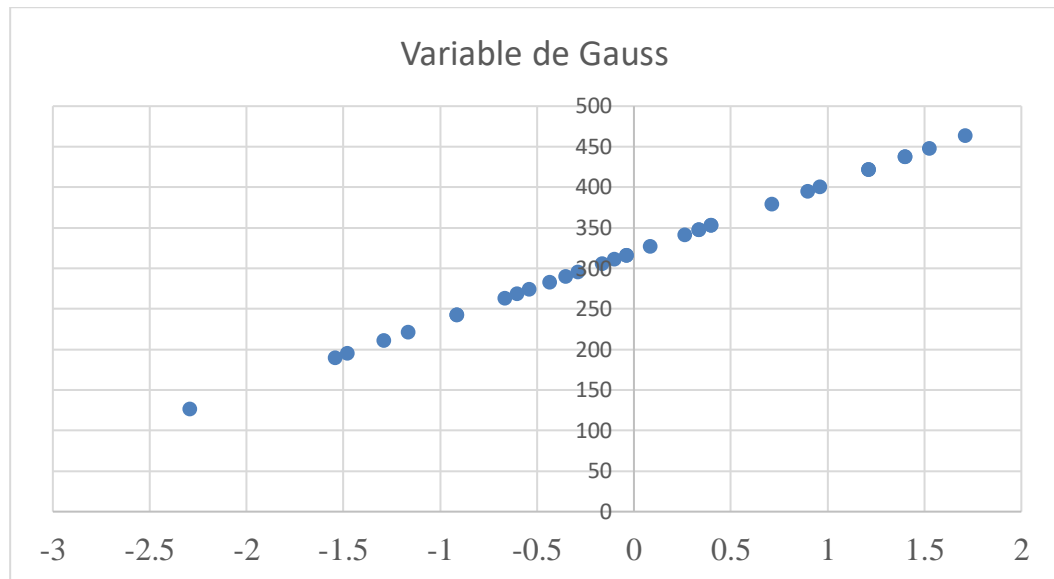


Figure VIII-2: La droite de Henri

4- Les résultats de L'ajustement à La loi normale :

T	q	XT	Ecart type	Intervalle de confiance 95%
10000	0.9999	160	11.3	137 - 182
2000	0.9995	150	10.2	130 - 170
1000	0.999	145	9.67	127 - 164
200	0.995	134	8.35	118 - 150
100	0.99	128	7.73	113 - 143
50	0.98	122	7.08	108 - 136
20	0.95	113	6.15	101 - 125
10	0.9	105	5.4	94.3 - 115
5	0.8	94.9	4.64	85.9 - 104
3	0.6667	85.7	4.16	77.6 - 93.9
2	0.5	76.1	3.97	68.3 - 83.8
1.4286	0.3	64.3	4.24	56.0 - 72.6
1.25	0.2	57.2	4.64	48.1 - 66.3
1.1111	0.1	47.3	5.4	36.7 - 57.8
1.0526	0.05	39.1	6.15	27.1 - 51.2
1.0204	0.02	29.9	7.08	16.0 - 43.8

Tableau VIII-4 : Ajustement à La Loi normale

2-4- Détermination de l'année de calcul:

Représente une estimation des précipitations mensuelles moyennes pour la région L'estimation est pour les années sèches avec une fréquence de 80%.

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Pour trouver les précipitations moyennes mensuelles avec une probabilité de 80 %, nous utilisons Les lois suivantes :

$$P \text{ mois moy}80\% \text{ de chaque mois} = P \text{ moy de chaque mois} * \frac{P \text{ théorique (80\% annuelle)}}{P \text{ théorique (50\% annuelle)}}$$

$$P \text{ théorique (80\% annuelle)} = 400 \text{ mm}$$

$$P \text{ théorique (50\% annuelle)} = 316 \text{ mm}$$

Les pluies moyennes mensuelles de probabilité 80% sont récapitulées dans le tableau I-3 suivant :

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fèv	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	Pmoy-annuelle
<i>P moy mensuelles</i>	26.72	29.68	35.48	38.83	35.69	35.38	30.89	30.59	27.63	12.16	4.28	12.41	319.79
<i>P moy mensuelles (80%)</i>	21.10	23.44	28.02	30.67	28.19	27.95	24.41	24.11	21.82	9.606	3.38	9.803	252.634

Tableau VIII-5 : Pluviométrie moyenne pour chaque mois en mm.

3- Calcul des besoins en eau des cultures :

Les besoins en eau des cultures peuvent être définis comme la dose fournie à la culture. Planter au bon moment pour lui offrir les meilleures conditions d'humidité requise pour des performances optimales.

Le document de base pour quantifier la demande en eau du périmètre est le calendriers de cultures, élaborés par des agronomes. Ça montre différentes cultures qui occupent l'endroit à tout moment de l'année. L'évaluation des besoins en eau est déterminée en fonction des besoins de chaque culture qui y est conservée par le calendrier agronomique. Pour cela nous définissons :

3-1- Évapotranspiration :

L'évapotranspiration est la quantité d'eau perdue sous forme de vapeur d'eau par une surface couverte de végétation. Cette quantité est généralement exprimée par unité de surface et unité de temps, en m³ /ha/jour, en m³ /ha/mois ou en m³ /ha/an.

Bien sûr, l'évapotranspiration peut effectivement être exprimée en millimètres par jour, par mois ou par an. On distingue généralement plusieurs types d'évapotranspiration, l'évapotranspiration de référence (ET₀), L'évapotranspiration potentielle (ETP) et l'évapotranspiration réelle (ETR) et (ETM).

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

3-1-1 Évapotranspiration potentielle ou de référence (ETP ou ET₀) :

L'évapotranspiration d'une culture lorsqu'elle est bien arrosée et que le sol est à son optimal de la capacité de rétention, autrement dit la limite maximale d'évapotranspiration. Par conséquent, pour mieux prédire l'évapotranspiration, nous introduisons une valeur de référence qui est définie comme le taux d'évapotranspiration à la surface de pelouse verte (gazon), d'une hauteur uniforme 8-15 cm, croissance active, le sol est riche et l'eau ne manque pas.

3-1-2 Évapotranspiration réelle ou évapotranspiration de culture (ETR ou ETC) :

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Dans la plupart des cas, il est inférieur à l'évapotranspiration potentielle puisque le sol n'est pas dans son état en permanence conserver sa capacité. On pense également que cela a changé au cours de cette période de végétation.

$$ET_{\text{culture}} = Kc * ET_0$$

Avec :

- K.C: Représente le coefficient de culture, qui dépend du type de culture et Son stade de développement et les conditions climatiques dominantes.

Le volume net d'eau de culture « BEC » est déterminé par la relation suivante

$$BEC = ET_{\text{culture}} - (P_{\text{eff}} + RFU)$$

Dans la quelle :

BEC : Besoins en eau de cultures nettes en (mm).

P_{eff} : Pluies efficaces en (mm).

3-2- Méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration :

Les méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration sont classées en deux catégories principales :

3-2-1 Méthodes directes :

Ces méthodes mesurent directement l'évapotranspiration

- **L'évapotranspiromètre ou cuve lysimétrique :**

Cet appareil permet de mesurer l'évapotranspiration en un endroit spécifique, que ce soit sur un sol nu ou sous un couvert végétal. Il est généralement composé d'une cuve dans laquelle se trouve le sol ou la végétation à étudier, et il mesure les variations de masse d'eau dans cette cuve pour calculer l'évapotranspiration.

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

➤ **Le bac évaporant :**

C'est un dispositif simple qui mesure directement l'évapotranspiration d'une nappe d'eau libre. Il fonctionne en mesurant la diminution de la hauteur d'eau dans un bac ouvert, ce qui permet d'examiner l'évapotranspiration potentielle.

➤ **L'évaporomètre piché :**

L'évaporomètre piché est un dispositif simple et efficace pour mesurer l'évaporation de l'eau. Il se compose d'un tube en verre rempli d'eau, dont l'extrémité inférieure est fermée par une rondelle de papier bu

3-2-2 Méthodes indirectes :

La formule de Blaney et Criddle pour estimer l'évapotranspiration potentielle (ETP) est une méthode indirecte basée sur des données climatiques, en particulier la température et la durée du jour. Voici la formule

$$\text{ETP} = \mathbf{K} (0.46 \mathbf{t} + 8.13) \mathbf{P}$$

Cette formule permet de calculer l'évapotranspiration potentielle (ETP) en millimètres par jour. Elle prend en compte plusieurs paramètres :

ETP : C'est l'évapotranspiration potentielle que l'on souhaite calculer, mesurée en millimètres par jour.

t : Il s'agit de la température moyenne en degrés Celsius pendant la période considérée, généralement par mois.

P : Ce paramètre représente le pourcentage de la durée moyenne du jour pendant la même période par rapport à la durée moyenne du jour pour l'ensemble de l'année.

K : Le coefficient K est un facteur qui dépend à la fois du stade de croissance de la culture et de la température moyenne de la zone climatique.

En utilisant cette formule, vous pouvez estimer l'évapotranspiration potentielle en fonction de la température moyenne, de la durée du jour et de ces coefficients spécifiques.

Avec :
$$\mathbf{K} = \mathbf{Kt} * \mathbf{Kc}$$

Kc : Coeff cultural

Kt : Coeff climatique dépendant de la temperature (°c).

➤ **Formule de Turc :**

* Si l'humidité relative est supérieure à 50%, l'évapotranspiration potentielle est donnée par :

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

$$ETP = 0.4 (I_g + 50) \cdot \frac{T}{T+15} \text{En (mm/mois)}$$

* Si l'humidité relative de l'aire est inférieure à 50%. L'évapotranspiration potentielle est donnée par :

$$ETP = 0.4 (I_g + 50) \left(\frac{T}{T+15} \right) \left(1 + \frac{50-Hr}{70} \right)$$

$$\text{Avec : } I_g = I_{ga} (0,18 + 0,62) \cdot \frac{h}{H}$$

Tel que

ETP : Evapotranspiration mensuelle (mm).

T : Température moyenne mensuelle (°C).

I_g : Radiation globale mensuelle (cal/cm²/jour).

Hr : L'humidité de l'air en %.

I_{ga} : Radiation maximale théorique.

H : Durée astronomique de jour en (heure/mois)

h : durée d'insolation de la station considérée en heure/mois.

$\frac{h}{H}$: Insolation relative en heures.

➤ La méthode de Penman & Monteith :

Est une approche couramment utilisée pour estimer l'évapotranspiration potentielle, mais elle présente des limitations car elle ne prend pas en compte certains paramètres météorologiques importants. Pour pallier ces limitations, une nouvelle formule modifiée de Penman & Monteith a été développée. Cette nouvelle formule prend en considération l'effet du vent ainsi que d'autres corrections pour tenir compte des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montré que cette nouvelle expression est valide non seulement dans les régions humides, mais aussi dans les régions très chaudes et semi-arides. La formule modifiée de Penman & Monteith est la suivante :

$$ET_0 = C \times [W \times R_n (1-W) \times f(u) \times (e_a - e_d)]$$

L'évapotranspiration de référence (ET₀) est calculée en utilisant la méthode de Penman & Monteith modifiée. Cette méthode prend en compte plusieurs paramètres météorologiques pour estimer l'ET₀, y compris l'effet du rayonnement, du vent et de la tension de vapeur. Voici les variables utilisées dans le calcul :

ET₀ : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimée en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet du rayonnement à différentes températures et altitudes.

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

F(u) : Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence (ea-ed) constitue le facteur de correction pour tenir compte des conditions météorologiques diurnes et nocturnes. Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0, basé sur la méthode de Penman & Monteith modifiée et recommandée par la FAO. Pour utiliser ce logiciel, il est nécessaire de fournir des données mensuelles de la station météorologique, et la méthode employée utilise les informations homogènes et fiables suivantes :

- Température : Les températures moyennes doivent être données en degrés Celsius (°C).
- Humidité de l'air : L'humidité relative de l'air doit être exprimée en pourcentage (%).
- Insolation journalière : L'insolation journalière doit être fournie en heures d'insolation (de 1 à 20 heures).
- Vitesse du vent : La vitesse du vent peut être introduite en mètres par seconde (m/s).

Ces données sont essentielles pour le calcul précis de l'ET₀ en utilisant la méthode de Penman & Monteith modifiée. Assurez-vous d'obtenir des données mensuelles homogènes et fiables pour votre région à partir de la station météorologique.

3-3- Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence :

Le calcul des besoins en eau des cultures est fait à l'aide du logiciel appelé CROPWAT version 8.0, qui permet de passer de l'évaporation à l'Évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la mieux adaptée **de Penman & Monteith** ET₀. Les résultats d'évapotranspiration calculés sont résumés dans le tableau suivant :

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Month	Avg Temp °C	Humidity %	Wind m/s	Sunshine hours	Radiation MJ/m ² /day	ET0 mm/month
January	5.1	0	3.9	10.1	13.6	104.45
February	6.4	0	4.0	10.9	17.3	111.36
March	9.1	0	3.9	12.0	22.3	152.28
April	12.0	3	3.9	13.1	27.1	182.14
May	15.9	12	3.7	14.1	30.3	216.30
June	20.3	18	3.5	14.5	31.4	233.86
July	24.7	21	3.4	14.3	30.8	262.03
August	24.7	30	3.3	13.4	28.2	233.78
September	20.6	21	3.3	12.4	24.0	190.67
October	15.6	5	3.5	11.3	18.9	165.81
November	9.8	2	3.8	10.3	14.5	123.57
December	6.0	0	3.9	9.8	12.5	105.34
Average	14.2	9	3.7	12.2	22.6	2081.60

Tableau VIII-6 : Évapotranspiration de référence ET0 calculée à l'aide d'un logiciel CROPWAT 8.0

3-4- Pluie efficace :

Est définie comme la partie des précipitations qui contribue effectivement à satisfaire les besoins en évapotranspiration de la culture. Cela se produit après avoir déduit les pertes dues au ruissellement en surface, à la percolation en profondeur, et autres facteurs similaires. Ces pertes sont estimées à environ 20% de la pluie totale tombée. Par conséquent, la pluie efficace (P_{eff}) est calculée comme étant égale à 80% de la pluie totale (P).

Donc $P_{eff} = 80\% P$

Les valeurs moyennes mensuelles de la pluie efficace sont répertoriées dans le tableau suivant :

Mois	Sept	Oct	Nov	Déc	Jan	Fèv	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Août	<i>P</i> _{moy-annuelle}
<i>P</i> _{moy mensuelles (mm)}	21.10	23.44	28.02	30.67	28.19	27.95	24.41	24.11	21.82	9.61	3.38	9.80	252.63
<i>P</i> _{eff (mm)}	16.88	18.75	22.42	24.54	22.55	22.36	19.53	19.29	17.46	7.69	2.704	7.84	202.10

Tableau VIII-7 : Les pluies efficaces calculées à l'aide du logiciel CROPWAT

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

3-5- Efficience de l'irrigation :

L'efficience de l'irrigation est définie comme le rapport entre le volume d'eau strictement nécessaire à la culture et le volume d'eau réellement introduit dans le réseau d'irrigation. Cette mesure permet de quantifier les pertes d'eau qui se produisent pendant le processus d'irrigation. La formule utilisée pour calculer l'efficience d'un réseau d'irrigation est la suivante :

$$E_i = E_t \times E_d \times E_u$$

Avec : **E_i** : Efficience d'irrigation en (%)

E_t : Efficience de transport en (%)

E_d : Efficacité de type de distribution en (%)

E_u : Efficacité de l'uniformité de la distribution.

L'évaluation précise des pertes d'eau dans un réseau d'irrigation est une tâche complexe en raison de nombreuses variables en jeu. Cependant, pour cette étude, une efficacité globale de 0,75 est prise en compte. Cela signifie que 25 % de l'eau introduite dans le réseau est perdue en raison de divers facteurs tels que l'évaporation, le ruissellement, la percolation, etc.

3-6- Choix des cultures :

Le choix des cultures à cultiver dans une région ou un périmètre donné est une décision cruciale qui doit être prise en tenant compte de plusieurs facteurs. Ces facteurs comprennent :

Conditions Climatiques : Il est essentiel de comprendre le climat de la région, y compris les précipitations, les températures saisonnières, les vents et les variations climatiques. Cela aidera à déterminer quelles cultures sont adaptées aux conditions climatiques locales.

Qualité et Disponibilité de l'Eau : L'eau est une ressource vitale pour l'irrigation. Il est nécessaire de savoir si la région dispose d'une source d'eau adéquate et si cette eau est de qualité suffisante pour l'irrigation. La quantité d'eau disponible déterminera également quelles cultures peuvent être cultivées et à quelle échelle.

Aptitude Culturelle des Sols : Une étude pédologique est essentielle pour évaluer la qualité des sols de la région. Différentes cultures ont des exigences en termes de type de sol, de pH du sol, de drainage, etc. Il est important de choisir des cultures adaptées aux caractéristiques des sols locaux.

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Vocation Agricole de la Région : Certaines régions ont une tradition agricole particulière ou une expertise dans certaines cultures. Il peut être avantageux de suivre ces pratiques établies si elles sont appropriées aux conditions locales.

- En prenant en compte tous ces facteurs, les planificateurs agricoles peuvent choisir les cultures les plus appropriées pour maximiser la productivité et la durabilité de l'agriculture dans la région. Cela peut également aider à éviter les problèmes tels que le stress hydrique ou les échecs de récolte.

a) Cultures proposées

Avant d'analyser les besoins en eau des cultures dans la zone d'étude, il est nécessaire de déterminer comment les terres seront utilisées et comment les différentes cultures seront réparties dans la zone.

Le tableau ci-dessous présente les propositions de répartition des cultures pour le projet :

Scénario	Céréales	Fourrages	Maraichage	Arboriculture	Total
	%	%	%	%	
1	35	15	35	15	100
2	40	15	35	10	100
3	70	15	10	5	100

Tableau VIII-8 : Scénarios d'occupation du sol par l'ensemble de l'exploitation du périmètre

Dans notre situation, nous optons pour le scénario 1, qui se caractérise par un équilibre relatif et tient compte de la vocation agricole de la région d'étude. Les cultures envisagées sont résumées comme suit :

	Arboriculture	céréalières	Cultures maraichères	fourragères
Culture	Pêcher Olivier	Orge en vert Blé dur	Petit pois Piment Tomate	Sorgo

Tableau VIII-9 : les cultures choisies

3-7- Répartition des cultures :

La répartition des cultures sur les 100 ha est représentée dans le tableau ci-dessous :

Culture	Surface occupée	
	Ha	%
céréalières		
Blé dur	20	20
Orge en vert	15	15
Cultures maraichères		
Haricot	10	10
Petit pois	10	10
Tomate	15	15

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Arboriculture		
Olivier	7.5	7.5
Pêcher	7.5	7.5
Fourragères		
Sorgo	15	15
Totaux	100ha	100%

Tableau VIII-10 : Occupation de sol en fonction des cultures

B) Assolements de culture :

L'assolement se réfère à la division des terres d'une exploitation agricole en différentes parties distinctes, appelées "soles", chacune étant consacrée à une culture particulière au cours d'une saison culturale donnée. Dans chaque sole, les cultures peuvent varier d'une année à l'autre. Il est important de noter que la rotation, qui est une notion différente, concerne la succession des cultures au fil du temps.

La rotation culturale joue un rôle essentiel dans le maintien ou l'amélioration de la fertilité des sols, ce qui en fait un élément clé pour augmenter les rendements agricoles. Les rotations culturales peuvent varier en termes de fréquence, qu'il s'agisse de rotations biennales, triennales, quadriennales, et ainsi de suite.

c) La rotation des cultures présente plusieurs avantages :

- Elle contribue à interrompre le cycle de vie des organismes nuisibles aux cultures, en particulier en alternant des plantes de familles différentes (par exemple, en alternant des céréales et des plantes oléagineuses, telles que le blé et le colza), ce qui permet de perturber le cycle de certaines mauvaises herbes.
- L'utilisation de légumineuses dans la rotation permet d'enrichir le sol en azote grâce à la fixation symbiotique d'azote. En général, la composition des résidus de différentes cultures contribue à améliorer la qualité de la matière organique du sol.

Année I		
Culture		Superficie (ha)
Blé dur		35
Tomate		25
Petit pois		10
Arboriculture	Olivier	7.5
	Pêcher	7.5
Sorgo		15
Total		100

Tableau VIII-11: Assolement proposé

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

d) Cycle végétatif des cultures :

Le cycle végétatif des différentes cultures sont présentés dans le tableau dessous:

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Blé due	■										■	
Petit point	■											■
Tomate			■									
Pêcher	■											
Olivier	■											
Sorgo					■							

Tableau VIII-12 : Cycle végétatif des cultures

3-8- Détermination des besoins en eau d'irrigation :

Le bilan hydrique d'une culture spécifique peut être défini comme la différence entre les besoins en eau de cette culture, tels qu'ils sont déterminés par les conditions climatiques et les caractéristiques de la plante (ETM), et la somme des apports réels provenant des précipitations.

Le calcul des quantités d'eau à apporter par l'irrigation se fait en effectuant période par période le bilan suivant :

$$Bi = ETM - (P_{eff} + RFU_{i-1})$$

Où : **ETM** représente l'évapotranspiration potentielle de référence en millimètres par mois.

P_{eff} est la pluie efficace en millimètres.

RFU est la réserve du sol assimilée à la réserve facilement utilisable disponible au début de la période.

L'irrigation est nécessaire lorsque le résultat du bilan hydrique (Bi) est supérieur à zéro, **Bi > 0**

Ce qui signifie que les besoins en eau de la culture excèdent les apports naturels en eau par les précipitations.

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Les coefficients culturaux (Kc) :

Sont des valeurs qui varient en fonction du stade de développement des plantes, de la force du vent et de l'humidité moyenne minimale de l'air dans la région étudiée, comme indiqué dans le bulletin "irrigation et drainage». F.A.O N°24. (Annexe4). Ces coefficients sont utilisés pour ajuster les besoins en eau des cultures en fonction de ces facteurs variables.

- ✓ Pour le calcul des besoins, toutes les données sont résumées dans le tableau suivant :

Culture	texture du sol	$h_{cc}-h_{pf}$ (mm)	Y	Z	RFU (mm)
maraichère	limono-argileuse	160	0.5	2/3	53.60
arboriculture	limono-argileuse	160	1.2	2/3	128.64
Céréale	limono-argileuse	160	0.8	2/3	85.76

Tableau VIII-13: Données de base

Les résultats de calcul pour les différentes cultures sont dans les tableaux ci-dessous :

1. Céréales et fourragères :

Mois	P eff	RFU mm	ET0 (mm/mois)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	22.55	85.76	104.45	0.7	73.115	
Février	22.36	85.76	111.36	0.75	83.52	
Mars	19.53	85.76	152.28	0.8	121.824	16.534
Avril	19.29	85.76	182.14	0.95	173.033	67.983
Mai	17.45	85.76	216.3	1.1	237.93	134.72
Juin	7.69		233.86	0.8	187.088	179.398
Juillet	2.7		262.03			
Aout	7.84		233.78			
Septembre	16.88		190.67			
Octobre	18.75		165.81			
Novembre	22.42	85.76	123.57	0.3		
Décembre	24.54	85.76	105.34	0.7		

Tableau VIII-14: besoin en eau du blé dur

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Mois	P eff	RFU mm	ET0 (mm/mois)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	22.55		104.45			
Février	22.36		111.36			
Mars	19.53		152.28			
Avril	19.29	85.79	182.14	0.5	91.07	
Mai	17.45	85.79	216.3	0.5	108.15	4.91
Juin	7.69	85.79	233.86	1.05	245.553	152.073
Juillet	2.7		262.03	0.95	248.929	246.229
Aout	7.84		233.78	0.7	163.646	155.806
Septembre	16.88		190.67	0.75	143.003	126.123
Octobre	18.75		165.81			
Novembre	22.42		123.57			
Décembre	24.54		105.34			

Tableau VIII-15 : besoin en eau de sorgo

2. Cultures maraichères

Mois	P eff	RFU mm	ET0 (mm/mois)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	22.55		104.45			
Février	22.36		111.36			
Mars	19.53		152.28			
Avril	19.29	53.6	182.14	0.5	91.07	18.18
Mai	17.45	53.6	216.3	0.85	183.855	112.805
Juin	7.69		233.86	1.02	238.537	230.847
Juillet	2.7		262.03	0.85	222.726	220.026
Aout	7.84		233.78	0.75	175.335	167.495
Septembre	16.88		190.67			
Octobre	18.75		165.81			
Novembre	22.42		123.57			
Décembre	24.54		105.34			

Tableau VIII-16: besoin en eau de Tomate

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Mois	P eff	RFU mm	ET0 (mm/mois)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	22.55		104.45			
Février	22.36		111.36			
Mars	19.53		152.28			
Avril	19.29	53.6	182.14	0.5	91.07	18.18
Mai	17.45	53.6	216.3	1.15	248.745	177.695
Juin	7.69	0	233.86	1.15	268.939	261.249
Juillet	2.7	0	262.03	1	262.03	259.33
Aout	7.84		233.78			
Septembre	16.88		190.67			
Octobre	18.75		165.81			
Novembre	22.42		123.57			
Décembre	24.54		105.34			

Tableau VIII-17: besoin en eau de Petit pois

3. Arboriculture

Mois	P eff	RFU mm	ET0 (mm/mois)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	22.55	128.64	104.45	0.5	52.225	
Février	22.36	128.64	111.36	0.5	55.68	
Mars	19.53	128.64	152.28	0.5	76.14	
Avril	19.29	128.64	182.14	0.6	109.284	
Mai	17.45	128.64	216.3	0.7	151.41	5.32
Juin	7.69	128.64	233.86	0.9	210.474	74.144
Juillet	2.7	0	262.03	1.1	288.233	285.533
Aout	7.84	0	233.78	1.1	257.158	249.318
Septembre	16.88	0	190.67	0.7	133.469	116.589
Octobre	18.75	0	165.81	0.6	99.486	80.736
Novembre	22.42	0	123.57	0.6	74.142	51.722
Décembre	24.54	128.64	105.34	0.6	63.204	

Tableau VIII-18 : besoin en eau d'Olivier

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

Mois	P eff	RFU mm	ET0 (mm/mois)	Kc	ETM mm	Besoin mm
Janvier	20	128.64	104.45	0.75	78.3375	
Février	13.6	128.64	111.36	0.75	83.52	
Mars	16.8	0	152.28	0.75	114.21	97.41
Avril	18.4	0	182.14	0.55	100.177	81.777
Mai	28	0	216.3	0.55	118.965	90.965
Juin	16.8	0	233.86	0.55	128.623	111.823
Juillet	4	0	262.03	0.55	144.117	140.117
Aout	4.8	0	233.78	0.55	128.579	123.779
Septembre	12	0	190.67	0.55	104.869	92.869
Octobre	20.8	0	165.81	0.55	91.1955	70.3955
Novembre	24	128.64	123.57	0.55	67.9635	
Décembre	20.8	128.64	105.34	0.75	79.005	

Tableau VIII-19: besoin en eau de la Pêcher

3-9- Calcul des besoins en eau:

Les besoins en eau des cultures pour notre assolement sont résumés comme suit :

Mois	Blé dur	Tomate	Petit pois	Olivier	Pêcher	Sorgo	Bes/max (mm)	Somme (mm)
Janvier								
Février								
Mars	16.534				97.41		97.41	113.944
Avril	67.983	18.18	18.18		81.777		81.777	186.12
Mai	134.72	112.805	177.695	5.32	90.965	4.91	177.695	526.415
Juin	179.398	230.847	261.249	74.144	111.823	152.073	261.249	1009.53
Juillet		220.026	259.33	285.533	140.117	246.229	285.533	1151.24
Aout		167.495		249.318	123.779	155.806	249.318	696.398
Septembre				116.589	92.869	126.123	126.123	335.581
Octobre				80.736	70.3955		80.736	151.132
Novembre				51.722			51.722	51.722
Décembre								

Tableau VIII-20 : Récapitulatif des besoins

Les calculs font ressortir des besoins de pointe de **11512.4 m³**.

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

3-10- Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont calculés en fonction des besoins en eau de chaque culture, en prenant en compte la répartition culturale. Le débit spécifique correspond à la dose d'arrosage nécessaire pour satisfaire la consommation de pointe de chaque culture. Ce débit est fourni de manière permanente, 24 heures sur 24, pour répondre aux besoins mensuels de la culture en eau.

$$q_s = \frac{B_{net} * 10 * 1000}{N_j * N_i * 3600 * E_i} \text{ l/s/ha}$$

B net : besoin net du mois de pointe en mm/mois.

Ni : nombre des heures d'irrigation=24h

Nj : nombre de jours du mois de pointe =30 jours

Ei : Efficience d'irrigation=75%

Les besoins de pointe correspondent au mois Juillet.

$$B_{net} = 1151.2 \text{ mm/mois.} = 11512 \text{ m}^3$$

$$q_s = \frac{1151 * 10 * 1000}{24 * 30 * 3600 * 0.75} = 5.92 \text{ l/s/ha}$$

$$q_s = 5.92 \text{ L/s/ha} > 1.5 \text{ l/s/ha}$$

- Le débit spécifique obtenu est supérieur à 1.5. On prend donc le débit spécifique de la culture la plus exigeante (**Olivier 285.533mm**) pour le mois de point
- ❖ Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :
qs=1.469 l/s /ha

3-11- Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte doit fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

$$Q_{car} = q_s * S$$

qs: débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha)

S : la superficie nette à irriguer = 100 ha

$$Q_{car} = q_s * S = 1.469 * 100 = 146.9 \text{ l/s.} = 528.76 \text{ m}^3/\text{h}$$

CHAPITRE 08 : La réutilisation des eaux usées épurées dans le domaine agricole

3-12- Estimation des volumes d'eau d'irrigation :

Le volume des besoins en eau pour notre périmètre est présenté dans le Tableau suivant.

Culture	Surface (ha)	Besoins Nets	Efficienc	Besoins bruts (m ³ /ha)	Besoins en eau (m ³)
Blé	35	1793.98	0.75	2391.97333	83719.0667
Tomate	25	2308.47	0.75	3077.96	76949
Petit point	10	2612.49	0.75	3483.32	34833.2
Olivier	7.5	2855.33	0.75	3807.10667	28553.3
Pêcher	7.5	1401.17	0.75	1868.22667	14011.7
Sorgo	15	2462.29	0.75	3283.05333	49245.8
Total	100	13433.7		17911.64	287312.067

Tableau VIII-21:Besoins en eau totaux du périmètre.

❖ **Le volume nécessaire pour les cultures durant toute leur période végétative est de l'ordre de 287312m³ soit 0.287 Mm³**

Conclusion :

A partir de ce chapitre, nous déterminons les besoins en eau d'irrigation des cultures environnantes. A noter que le mois de pointe est Juillet, ce qui permet de calculer le débit spécifique (**qs = 1,469 l/s/ha**), en tenant compte des cultures les plus exigeantes.

Nous avons remarqué que la consommation totale d'eau dans notre périmètre était de **287 312** mètres cubes soit 0.287 Mm³. Ce volume peut être déduit par notre station d'épuration facilement.

CONCLUSION GENERALE :

En résumé, notre étude nous a permis de contribuer au dimensionnement d'une station d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour la ville d'Ain Oussera, en tenant compte d'une projection de la population futur en 2053. En suivant les diverses étapes d'un tel processus, incarnées par la station d'épuration, nous avons pu recueillir, calculer, analyser et commenter presque tous les aspects essentiels définis au départ dans notre plan de travail.

Dans notre démarche, nous nous sommes basés, dans nos calculs, sur les débits de pointe en période sèche, en optant pour la variante à moyenne charge, considérée comme la plus économique tout en garantissant un rendement satisfaisant, ce choix étant justifié par la densité de la population à Ain Oussera.

L'utilisation de l'eau traitée dans le secteur agricole est un bénéfice supplémentaire, contribuant à réduire la pression sur les eaux souterraines. Cela favorise la sécurité hydrique à long terme en préservant cette ressource vitale au fil des saisons. Ainsi, la coagulation-floculation, une étape du traitement de l'eau, joue un rôle central en réduisant les coûts d'exploitation, en minimisant la nécessité de traitements plus coûteux, et en contribuant à la durabilité de l'eau.

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **R.THOMAZEAU,1993** : "Stations d'épuration ; Eaux usées"
Edition Technique et Documentation Paris. p 580.
- [2] **Jean-pierre canler,2004** : "Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration ; Origines et solution" Edition Document technique P124.
- [3] **Joseph Pronost,2004** : "Station d'épuration disposition constructives pour améliorer leur fonctionnement et faciliter leur exploitation"
Edition Technique et documentation p51.
- [4] **Mohand-Saïd ouali,2001** : " Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux" 2^{ème} Edition p155.
- [5] **Bouzianu M,2000** : "L'eau, de la pénurie aux malades" Edition IBN-Khaled p 412.
- [6] **A.Gaid, 1984** : " Epuration biologique des eaux usées urbaines",
Tome 1, Edition O.P.UAlger. p220.
- [7] **Marc Satin, Beclin Selmi, 1999** : "Guide technique de l'assainissement". Edition de moniteur. Paris. p140.
- [8] **DEGREMON, 1978** : " Mémento technique de l'eau ",
Edition Technique et Documentation. p 600
- [9] **Editor of handbook of environmental,2007** :
"Water and Wastewater Calculations", Manual.
Edition TEC. p720.
- [10] **C.Cardo,1999** : " Les traitements de l'eau ",
Edition TECHNOSUP.p512.
- [11] **W.W Echenfelder,1980** :
" Gestion des eaux usées urbaines et industrielles"
Edition Technique et documentation Paris. p560.
- [12] **M.CARLIER,1986** "Hydraulique générale et appliquée".
Edition EYROLLS. p 390.
- [13] **B.Piere, P.Bechac, P.Nuer, B.Mercier,1987** :
" Traitement des eaux usées", Edition EYROLLES Paris. p 315.

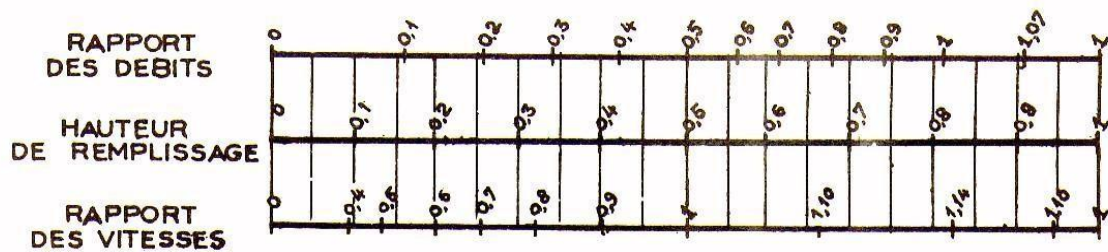
Les annexes :

ANNEXE I

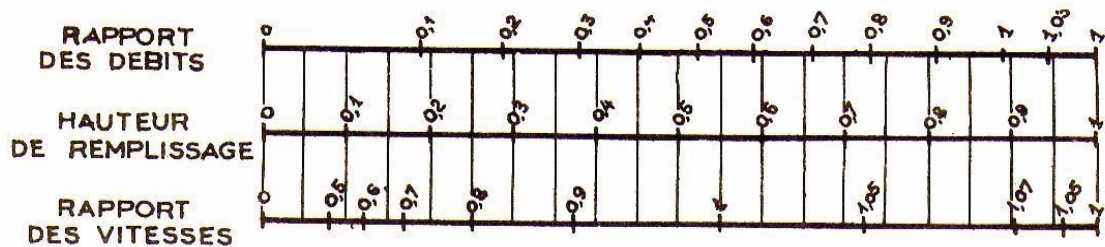
VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DE LA HAUTEUR DE REMPLISSAGE

(d'après la formule de Bazin)

a) Ouvrages circulaires



b) Ouvrages ovoïdes normalisés

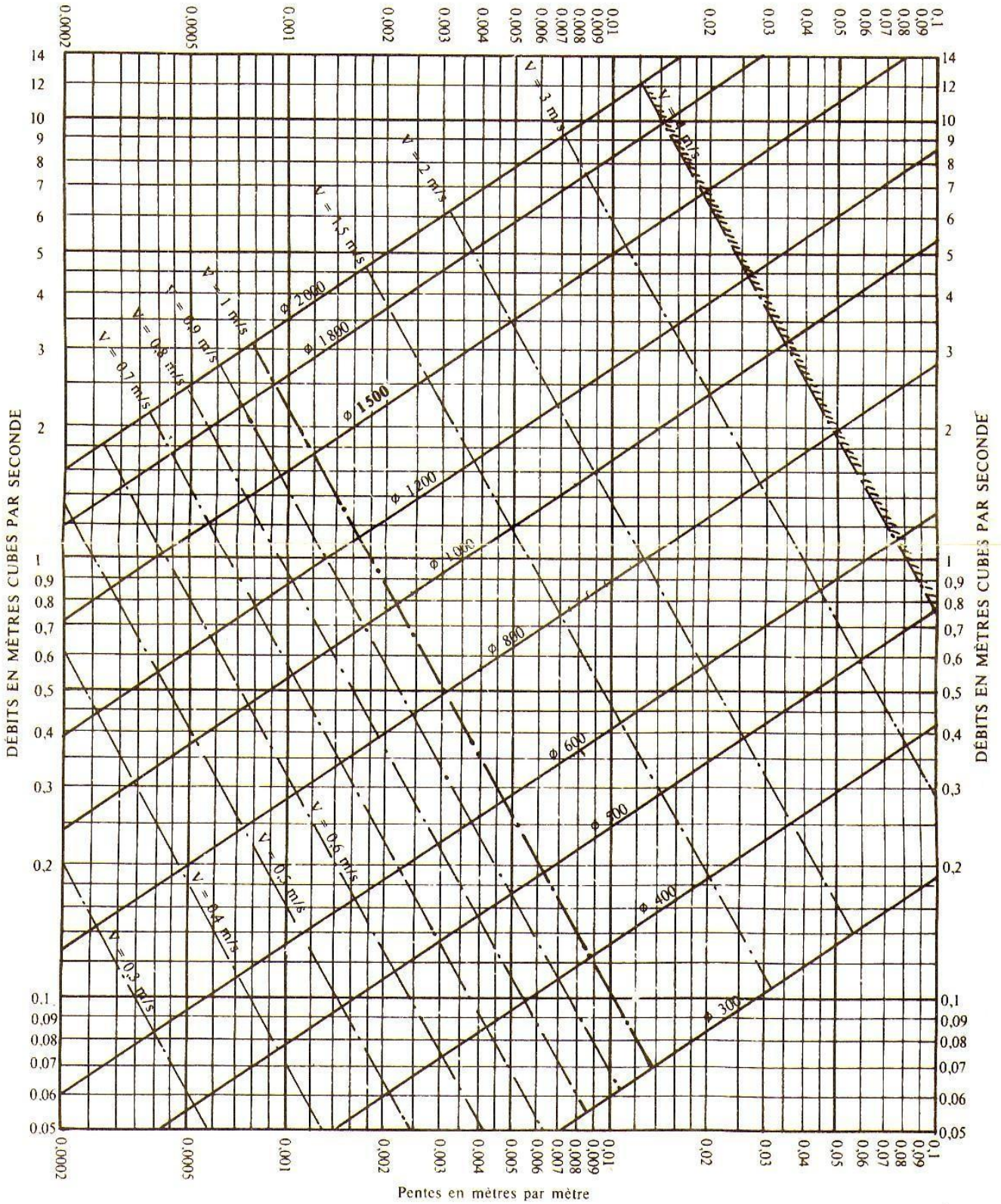


Exemple - Pour un ouvrage circulaire rempli aux 3/10, le débit est les 2/10 du débit à pleine section et la vitesse de l'eau est les 78/100 de la vitesse correspondant au débit à pleine section

ANNEXE II

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF

(Canalisations circulaires – Formule de Bazin)



ANNEXE III : Coefficients culturaux (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Fin de saison	Récolte	
Bananier tropical	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.0 -1.1	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.7 -0.8
subtropical	0.5 -0.65	0.8 -0.9	1.0 -1.2	1.0 -1.15	1.0 -1.15	0.85-0.95
Haricot vert	0.3 -0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9 -0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 -0.8
Chou	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.9 -1.0	0.8 -0.95	0.7 -0.8
Coton	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.9	0.65-0.7	0.8 -0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6 -0.8	0.7 -0.9	0.6 -0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Mais sucré	0.3 -0.5	0.7 -0.9	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
grain	0.3 -0.5*	0.7 -0.85*	1.05-1.2*	0.8 -0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon sec	0.4 -0.6	0.7 -0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8 -0.9
vert	0.4 -0.6	0.6 -0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4 -0.5	0.7 -0.85	1.05-1.2	1.0 -1.15	0.95-1.1	0.8 -0.95
Poivron, frais	0.3 -0.4	0.6 -0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 -0.9	0.7 -0.8
Pomme de terre	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7 -0.75	0.75-0.9
Riz	1.1 -1.15	1.1 -1.5	1.1 -1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2 -0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3 -0.4	0.7 -0.75	1.0 -1.15	0.75-0.8	0.5 -0.55	0.75-0.85
Soja	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.15	0.7 -0.8	0.4 -0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4 -0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9 -1.0	0.6 -0.7	0.8 -0.9
Canne à sucre	0.4 -0.5	0.7 -1.0	1.0 -1.3	0.75-0.8	0.5 -0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.7 -0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.0 -1.2	0.9 -1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4 -0.5	0.7 -0.8	1.05-1.25	0.8 -0.95	0.6 -0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4 -0.5	0.7 -0.8	0.95-1.05	0.8 -0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Blé	0.3 -0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2 -0.25	0.8 -0.9
Luzerne	0.3 -0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés						0.65-0.75
sans sarclage						0.85-0.9
Olivier						0.4 -0.6

Premier chiffre: avec forte humidité (HR min > 70%) et vent faible (U < 5 m/s).

Second chiffre: avec faible humidité (HR min < 20%) et vent fort (> 5 m/s).