



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : REUTILISATION DES EAUX NON CONVENTIONNELLES

THEME :

**CONCEPTION DE LA STATION D'EPURATION DES
EAUX USEES DE LA VILLE D'AIN BESSAM
(WILAYA DE BOUIRA)**

Présenté par :

LIMAM Ahmed

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
DERNOUNI Youcef	M.A.A	Président
KHALED HOULI Samia	M.A.A	Examinatrice
KHEDIM ALLAH Abderrahmane	M.A.A	Examineur
TAFAT Leila	M.A.A	Examinatrice
BETATACHE Hayat	M.C.A	Promotrice

Session : Septembre 2024

Dédicace

À mon très cher père et à ma très chère mère,

Aucun mot ne saurait exprimer pleinement ma gratitude envers vous. Votre affection inconditionnelle, votre bienveillance constante et votre soutien indéfectible ont été mes plus grandes sources de force pour surmonter les épreuves de la vie.

À mes chères sœurs Wissam et Hanane,

Pour votre présence constante et votre soutien inestimable, qui ont été des piliers essentiels dans mon parcours.

À mon très cher grand-père,

Pour ta sagesse infinie, ton soutien indéfectible et ton amour inconditionnel. Ta force tranquille et ton exemple de vie sont une source constante d'inspiration et de réconfort pour moi.

À tous mes amis, Mahdi, Hamza, et Imane,

Pour votre amitié sincère, votre soutien inébranlable, et les moments précieux que nous avons partagés. Votre présence dans ma vie est un véritable cadeau, et je suis reconnaissant pour chaque instant passé ensemble.

Ahmed

Remerciement

Ce mémoire de fin d'études est le résultat d'un travail de recherche de trois mois et quelques jours. Sa réalisation n'aurait pas été possible sans le soutien, la collaboration et les conseils avisés de nombreuses personnes que je souhaite ici remercier.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude aux membres de mon jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail.

Je souhaite également adresser un remerciement particulier à Mme H.BETATACHE, mon enseignante et encadrante, pour sa confiance, sa patience, sa disponibilité, son soutien constant et ses précieux conseils, qui ont été essentiels pour ma progression durant cette période.

Un grand merci à Mr H. AIT SI AMER, Chef du bureau d'étude hybaco (larbaa nath irathen) Tizi ousou , pour la proposition du thème de recherche et pour sa rigueur scientifique, son professionnalisme et son exigence, qui ont grandement contribué à mon développement quotidien.

Je suis profondément reconnaissant envers Mr, O. MAAMAR et Mr M.AMEZIANE, plus généralement, l'ensemble des équipes d'Organisme national du contrôle technique et construction hydraulique (Antenne bouira), pour leur collaboration indispensable à l'accomplissement de ce travail.

Enfin, je remercie l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique pour son accompagnement tout au long de mon parcours. Je suis également reconnaissant envers tous mes enseignants, depuis l'école primaire jusqu'à l'université, pour leur rôle essentiel dans ma formation.

A toutes ces personnes, merci infiniment !

Ahmed

ملخص

الماء، كمورد حيوي، معرض للتلوث الناتج عن الأنشطة الصناعية والمنزلية والزراعية، مما يؤثر على النظم البيئية وصحة الإنسان. في الجزائر، تتفاقم مشكلة ندرة المياه بسبب الجفاف والتلوث، مما يجعل معالجة مياه الصرف الصحي أمرًا بالغ الأهمية. تقنيات المعالجة، مثل محطات المعالجة بالحماة المنشطة والأكسدة المتناوبة، تتيح إعادة استخدام المياه للري والاستخدامات الصناعية. تهدف الدراسة التي أجريت على محطة عين بسام إلى تقييم قدراتها ومعداتها، لضمان الامتثال البيئي

الكلمات المفتاحية معالجة مياه الصرف الصحي لأكسدة المتناوبة، إعادة الاستخدام، لامثال البيئي، الأداء

Résumé

L'eau, ressource vitale, est vulnérable aux pollutions industrielles, domestiques et agricoles, impactant les écosystèmes et la santé humaine. En Algérie, la pénurie d'eau est aggravée par les sécheresses et la pollution, rendant crucial le traitement des eaux usées. Les techniques de traitement, comme les stations d'épuration à boues activées et à oxydation alternée, permettent de réutiliser l'eau pour l'irrigation et les usages industriels. L'étude menée sur la station d'Aïn Bessam vise à évaluer ses capacités et équipements, pour garantir la conformité environnementale.

Mots clés : traitement des eaux usées, oxydation alternée, réutilisation, conformité environnementale,

Summary

Water, a vital resource, is vulnerable to industrial, domestic, and agricultural pollution, impacting ecosystems and human health. In Algeria, water scarcity is exacerbated by droughts and pollution, making wastewater treatment crucial. Treatment techniques, such as activated sludge and alternating oxidation processes, allow for the reuse of water for irrigation and industrial purposes. The study conducted at the Aïn Bessam station aims to assess its capacities and equipment while .

Keywords: wastewater treatment, alternating oxidation, reuse, environmental compliance,

Liste des abréviations

abréviation	Signification
ONS	Office National des Statistiques
STEP	Station de Traitement des Eaux Usées
DRE	Direction des Ressources en Eau
PDAU	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
RGPH	Recensement Général de la Population et de l'Habitat
ACL	Agglomération Commune d'Ain Laloui
AS	Agglomération secondaire
ZE	Zone Étude
RN	Route Nationale
CW	Chemin de Wilaya
Kp	Coefficient de pointe
EqHab	Équivalent Habitant
DBO5	Demande Biologique en Oxygène à 5 jours
DCO	Demande Chimique en Oxygène
MES	Matières En Suspension
NH4	Ammonium
P-PO4	Ortho phosphates
Cp	Coefficient de pointe
Cr	Coefficient de ruissellement
EP	Eaux Pluviales
EU	Eaux Usées
PR	Poste de Relevage
MM	Matière minérale
MMe	Matières Minérales éliminées.
MMr	Matières Minérales restantes
MVS	Matière Volatile en Suspension
MMS	Matière Minérale en Suspension
PEHD	Polyéthylène Haute Densité.
UV	Ultraviolet
PSIG	Pressure per square inch gauge
TPM	Tours par minute

TEFC	Totally Enclosed Fan Cooled (Moteur ventilé fermé)
TENV	Totally Enclosed Non-Ventilated (Moteur non-ventilé)
SS	Stainless Steel (Acier inoxydable)
PVC	Polyvinyl Chloride
DN	Diamètre Nominal
MGD	Million Gallons per Day (Millions de gallons par jour)
OTR	Oxygène Total Requis
TSTO	Taux Standard de Transfert d'Oxygène
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
PLC	Programmable Logic Controller
TE	Taux de transfert d'oxygène
HMI	Human-Machine Interface

Sommaire

<i>INTRODUCTION GENERAL</i>	1
<i>I. Chapitre I : Généralités sur les eaux usées</i>	4
I.1 Introduction	4
I.2 Origine des eaux usées	4
I.2.1 Origine industrielle	4
I.2.2 Origine domestique.....	4
I.2.3 Origine agricole	5
I.3 Caractéristiques des eaux usées	5
I.3.1 Paramètres Physiques	5
I.3.2 Paramètres Organoleptiques	6
I.3.3 Paramètres Chimiques	6
I.3.4 Paramètres Bactériologiques	9
I.4. Conclusion	10
<i>II. Chapitre II : La réutilisation des eaux usées</i>	12
II.1 Introduction	12
II.2 La réutilisation des eaux usées traitées dans le monde	12
II.3 la réutilisation des eaux usées en Algérie.....	12
II.4. Étude de l'aspect institutionnel et législatif	13
II.4.1 aspect et législatif	13
II.4.2 Inventaire des cultures autorisées.....	13
II.4.3 Aspect institutionnel.....	14
II.4.4 Aspect environnemental	14
II.5 Traitement et valorisation des eaux usées	15
II.6 Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées.....	16
II.7 Conclusion.....	17
<i>III. Chapitre III : Présentation de la zone d'étude</i>	19
III.1 Introduction.....	19
III.2. Documents de base	19
III.3. Situation administrative et géographique de la zone d'étude	19
III.4. RECONNAISSANCE DES LIEUX ET DONNEES DE BASE	20
III.4.1. Evolution de la population	20
III.4.2 Estimation des besoins en eau potable.....	21
III.4.3 Quantification des débits d'eaux usées	22

III.4.4. Calcul des charges polluantes :	23
III.5.Proposition de trace.....	25
III.5.1. Rejets actuels des eaux usées d'Ain Laloui. :	25
III.5.2. Modalités de collecte des débits des rejets vers un seul point :	26
III.6.Estimation des debits	27
III.6.1 Estimation des débits d'eaux usées à évacuer.....	27
III.6.2. Estimation des débits d'eaux pluviales	29
III.6.3.Détermination des débits de dimensionnement :	31
III.7.Conclusion	32
IV. Chapitre IV : Dimensionnement de la station d'épuration.....	34
IV.1.Introduction.....	34
IV.2. Critères de choix du type de procédé d'épuration des eaux usées urbaines à adopter :	34
IV.3 .Données de base	35
IV.4. Description du procédé « boues activées a oxydation alternée ».....	36
IV.4.1. Principe de fonctionnement	36
IV.4.2. Rendements Epuratoires :	39
IV.4.3 Dimensionnement des ouvrages de traitement de l'eau:	40
IV.4.4 Analyse de la Qualité de l'Eau à la Sortie de la Station.....	70
IV.5.Conclusion :	71
V. Chapitre V : Calcul hydraulique.....	74
V.1 Introduction.....	74
V.2 Déversoir d'orage	74
V.2.1 Types de déversoir d'orage.....	74
V.2.2 Dimensionnement du déversoir d'orage	75
V.3 Relevage.....	76
V.3.1 .La conduite de refoulement.....	77
V.3.2 .La conduite de refoulement.....	79
V.4 . Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages	80
V.4.1. Diamètre.....	81
V.4.2. Longueurs des conduites	81
V.4.3 .Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les	82
V.5Conclusion	86
VI. Chapitre VI : Organisation de chantier	88
VI.1 Introduction.....	88

VI.2 Travaux de réparations et installation de chantier	88
VI.3 Installations destinées aux personnels	88
VI.4 Installations destinées au stockage des matériaux	88
VI.5 Installations destinées à la réparation des engins	89
VI.6.Moyens des travaux de chantier	89
VI.6.1.Moyens humains	89
VI.6.2.Moyens matériels.....	89
VI.6.3.Matériels de terrassement	89
VI.7. Devise estimatif et quantitatif (DQE)	90
VI.7.1 Calcul du coût d'investissement	90
VI.7.2.Le Coût de fonctionnement	93
VI.7.3.Le coût de fonctionnement total	93
VI.7.4.Calcul du prix du m3 d'eau traitée	93
VI.7.5.Calcul du prix du m3 d'eau épurée.....	93
VI.8.Conclusion	95
Conclusion générale	97
Bibliographie	100
Annexe	104

Liste des tableaux

III. Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

Tableau III.1 : Estimation de la population future	21
Tableau III.2 : Evolution des besoins en eau.....	22
Tableau III.3 : Estimation des rejets et de nombre d'équivalent habitant	23
Tableau III.4 : Les concentrations polluantes.....	24
Tableau III.5 : Estimation des débits d'eau usée de chaque rejet.....	28
Tableau III.6 –intensité de la pluie par période de retour et durée de l'averse	29
Tableau III.7 : Coefficient de ruissellement en fonction des catégories d'urbanisation	30
Tableau III.8 – Estimation des débits d'eau pluviale de chaque rejet	31
Tableau III.9 : Estimation des débits à évacuer de chaque tronçon	31

IV. Chapitre IV : Dimensionnement de la station d'épuration

Tableau IV.1 : données de base de la STEP d'Ain Bessam.....	35
Tableau IV.2 :les dimensions des fosses à batards au bout du collecteur d'Ain Bessam	41
Tableau IV.3 : :les dimensions des fosses à batards au bout du collecteur d'Ain El Aloui	41
Tableau IV.4 : conditions de fonctionnement de clarificateur.....	58
Tableau IV.5 : : Les données de base pour calculer la dose moyenne de la dose d'UV.	60
Tableau IV.6 :les caractéristiques de canal de désinfection UV	62
Tableau IV.7 : la qualité d'eau après le traitement suivi par filtre à sable et UV	63
Tableau IV.8 : les caractéristiques de l'évacuation des boues stabilisées . Erreur ! Signet non défini.	
Tableau IV.9 : les résultats de la qualité de l'eau à la sortie de la station	70
Tableau IV.10 : le bilan énergétique de la station	71

V. Chapitre V : Calcul hydraulique

Tableau V.1 : Caractéristiques de la conduite de refoulement (poste ain bessam)	78
Tableau V.2 :Caracterstiques de la conduite de refoulement (poste ain aloui).....	80
Tableau V.3 :Longueurs réelles des conduites entre les ouvrages de la STEP.....	81
Tableau V.4 : Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.....	85

VI. Chapitre VI : Organisation de chantier

Tableau VI.1 : Le cout de terrassement de chaque ouvrage.	91
Tableau VI.2 : Le coût du béton armé de chaque ouvrage d'extension.....	92
Tableau VI.3 : Estimation le coût du projet.	94

Liste des figures

III. Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

Figure III.1 : situation de la zone d'étude à l'échelle de la Wilaya	19
Figure III.2 : situation de la zone d'étude par rapport à la ville d'Ain Bessem sur carte d'état-major.	20
Figure III.3 : Evolution de la population de la ville d'Ain-Laloui.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure III.4 : Situation des points de rejets d'Ain Laloui et raccordement au poste de relevage n°1 ..	26
Figure III.5 : Plan du tracé du refoulement des eaux usées d'Ain Laloui vers la STEP Ain Bessem	
Figure III.6 : : limites du bassin versant amont	28

IV. Chapitre IV : Dimensionnement de la station d'épuration

Figure IV .1 : schéma de procédé d'oxydation alternée.....	36
---	----

V. Chapitre V : Calcul hydraulique

Figure V.1 :Schéma d'un déversoir d'orage type latéral.	74
---	----

Listes des planches

Planche 1 : Plan d'ensemble de la station d'épuration d'Ain Bassam

Planche 2 : Plan de canal de désinfection par ultraviolet

Planche 3 : Profil hydraulique

Planche 4 : Plan topo initial d'étude de collecteur d'assainissement d'Ain Bassam

Introduction

Générale

Introduction générale

L'eau est une ressource essentielle, mais elle est exposée à divers types de pollutions et de dégradations, ce qui impacte directement les écosystèmes ainsi que la santé humaine. Les sources de contamination sont variées, allant des activités industrielles aux usages domestiques et agricoles. Depuis des décennies, l'eau, qu'elle soit potable ou utilisée à des fins agricoles, industrielles ou domestiques, fait l'objet d'une attention particulière dans la recherche scientifique.

La question du traitement des eaux usées est désormais un enjeu environnemental global majeur, poussant au développement de nouvelles méthodes pour améliorer la qualité des eaux rejetées dans l'environnement. En Algérie, un pays fortement affecté par la pénurie d'eau, la situation est aggravée par les sécheresses et la pollution provenant des activités urbaines, industrielles et agricoles.

Le traitement de ces rejets est donc essentiel pour limiter leurs impacts négatifs. Plusieurs techniques sont employées, qu'elles soient biologiques (lagunage, boues activées, lits bactériens), physico-chimiques (coagulation-floculation, précipitation, oxydation) ou membranaires (osmose inverse, nanofiltration, électrodialyse).

Les stations de traitement des eaux usées par boues activées à oxydation alternée sont l'une des méthodes les plus couramment utilisées pour atteindre divers objectifs, notamment la protection de l'environnement. Elles offrent également une source précieuse d'eau, particulièrement dans les régions sévèrement touchées par la pénurie de cette ressource vitale. Ces installations permettent de réutiliser l'eau pour différentes applications, telles que l'irrigation, les usages industriels et même la production d'eau potable. Toutefois, elles nécessitent des investissements financiers conséquents, une expertise technique pointue, une grande variété d'équipements et une consommation énergétique élevée (aérateurs, mélangeurs, compresseurs, vis de recirculation...).

L'objectif de ce travail est de dimensionner et d'évaluer les capacités nominales et réelles des ouvrages de la station., un nouveau système d'aération à oxydation alternée, ainsi que diverses

améliorations, sont proposés pour permettre à la station de mieux répondre aux objectifs qui lui sont fixés.

L'étude a été réalisée sur la station d'épuration d'Aïn Bessam, située dans la wilaya de Bouira, l'une des plus grandes et importantes stations de la région. Actuellement en cours de construction, cette STEP (station d'épuration des eaux usées) adopte le mode d'aération par oxydation alternée. Ce système permettra d'évaluer la qualité de l'eau traitée, avec pour objectif d'optimiser les performances de la station et de garantir une conformité aux normes environnementales.

Ce travail est structuré en six chapitres interconnectés, chacun abordant une étape clé de l'étude. Le premier chapitre présente les généralités sur les eaux usées, en soulignant leur composition et les enjeux liés à leur traitement. Le deuxième chapitre explore la réutilisation des eaux usées, en mettant l'accent sur les bénéfices environnementaux et économiques. Le troisième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude, fournissant des informations géographiques et contextuelles essentielles à la compréhension du projet. Le quatrième chapitre porte sur le dimensionnement de la station d'épuration (STEP), avec une analyse détaillée des paramètres techniques. Le cinquième chapitre est dédié aux calculs hydrauliques nécessaires pour le bon fonctionnement de la station. Enfin, le sixième chapitre aborde l'organisation du chantier, en décrivant les étapes de mise en œuvre et les contraintes logistiques. Cette structure garantit une approche complète et méthodique du sujet.

Chapitre I :

Généralités sur les

eaux usées

I .Chapitre I : Généralités sur les eaux usées

I.1 Introduction

Selon **REJSEK (2002)**, les eaux résiduaires urbaines (ERU), également connues sous le nom d'eaux usées, sont des eaux contenant des polluants, qu'ils soient solubles ou non, principalement issus de l'activité humaine. Ces eaux usées résultent généralement d'un mélange de substances polluantes appartenant à diverses catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau utilisée à des fins domestiques ou industrielles (**GROSCLAUDE, 1999**). Par conséquent, le terme "eau résiduaire" englobe diverses origines d'eaux ayant perdu leur pureté, c'est-à-dire leurs propriétés naturelles, en raison des polluants accumulés lors de leur utilisation dans des activités humaines

I.2 Origine des eaux usées

Donc les eaux résiduaires urbaines (ERU) sont constituées par :

- Des eaux résiduaires ou eaux usées d'origine domestique, industrielle et/ou agricole
- Des eaux pluviales ou de ruissellement urbain.

I.2.1 Origine industrielle

Les résidus industriels et les effluents jouent un rôle crucial dans l'évaluation de la qualité et du niveau de pollution des eaux usées. Bien que les installations industrielles requièrent une quantité considérable d'eau pour leur fonctionnement optimal, seule une petite fraction est réellement utilisée, le reste étant rejeté. Cependant, il est possible de catégoriser les principaux rejets industriels en fonction des problèmes particuliers qu'ils créent :

- Pollution due aux matières en suspension minérales
- Pollution due aux matières en solution minérales
- Pollution due aux matières organiques et graisses
- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers
- Pollution due aux rejets toxiques

I.2.2 Origine domestique

Les effluents domestiques résultent de la combinaison d'eaux contenant des déchets humains tels que les urines et les fèces (désignées sous le terme "eaux vannes"), ainsi que des eaux

provenant des activités de nettoyage des sols et des aliments (connues sous le nom d'eaux ménagères et de toilette).

Leur origine est principalement :

- Les eaux provenant de la cuisine portent des particules minérales en suspension issues du nettoyage des légumes, des résidus alimentaires composés de matières organiques
- Les eaux de la buanderie sont principalement chargées en détergents.
- Les eaux de salle de bain contiennent des produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des graisses hydrocarbonées.
- Les eaux vannes, provenant des toilettes, sont fortement chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés, et en micro-organismes. (REJSEK, 2002)

I.2.3 Origine agricole

Ces eaux ont été altérées par des substances employées dans l'agriculture. Dans le cadre d'une agriculture productive et intensive, les agriculteurs utilisent une variété de produits d'origine industrielle ou agricole, certains pouvant entraîner des risques pour l'environnement, notamment pour la qualité de l'eau. Ces produits incluent principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) ;
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...). (GROSCLAUDE, 1999).

I.3 Caractéristiques des eaux usées

Dans cette partie, nous passerons en revue les principaux paramètres physicochimiques analysés lors de la partie expérimentale, ainsi que les paramètres bactériologiques les plus fréquemment observés dans les eaux usées.

I.3.1 Paramètres Physiques

I.3.1.1 La température

Il est primordial d'obtenir une mesure précise de la température de l'eau. Cette variable influe significativement sur la solubilité des sels, y compris des gaz, ainsi que sur la dissociation des sels dissous, ce qui influence la conductivité électrique et la détermination du pH. De surcroît,

la température est essentielle pour déterminer l'origine de l'eau et d'éventuels mélanges connexes. (RODIER et Al., 2005).

I.3.1.2 La matière en suspension (MES)

Selon REJSEK (2002), les particules de grande taille, dépassant les 10 micromètres, en suspension dans l'eau, représentent la source de pollution particulaire, assimilée aux matières en suspension (MES). Cependant, ces matières ne sont véritablement en suspension que dans des conditions d'écoulement moyennes des effluents, requérant une vitesse minimale de 0,5 m/s. Selon leur taille, on distingue les matières grossières ou décantables (diamètre supérieur à 100 micromètres) des matières en suspension. Par ailleurs, une partie des matières colloïdales, de dimensions inférieures, peut être prise en compte, marquant la transition entre la phase solide et la phase dissoute (avec des dimensions entre 1 et 10^{-2} micromètres).

I.3.2 Paramètres Organoleptiques

I.3.2.1 La Turbidité

D'après REJSEK (2002), la turbidité est la mesure de l'opacité d'un liquide trouble, résultant de la réduction de sa transparence causée par la présence de particules non dissoutes.

Dans le contexte des eaux, cette opacité est principalement due à la présence de fines particules en suspension (MES) comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes

I.3.2.2 La couleur

Une eau pure, observée à travers une lumière transmise sur plusieurs mètres de profondeur, présente une teinte bleu clair. Ceci est expliqué par la faible absorption des longueurs d'onde courtes et l'absorption rapide des longueurs d'onde plus longues (rouges) (REJESK, 2002)

I.3.3 Paramètres Chimiques

I.3.3.1 Le potentiel Hydrogène (pH)

L'acidité, la neutralité ou l'alcalinité d'une solution aqueuse peuvent être évaluées en fonction de la concentration en ions H_3O^+ (abrégiés H^+ pour simplifier). Pour simplifier cette notion, on recourt au logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions H^+ , ce que l'on appelle le pH. (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

$$PH = \log 1/[H^+]$$

I.3.3.2 La Conductivité

La conductivité se réfère à la capacité d'une eau à permettre le passage d'un courant électrique en raison de la présence d'ions mobiles dans le milieu, sous l'effet d'un champ électrique. Cette

propriété est influencée par la nature et la concentration des ions dissous dans l'eau (**REJSEK, 2002**)

L'unité de conductivité est le siemens par mètre (S/m).

1 S/m = 104 μ S/cm = 103 ms/m. (**RODIER, 2005**)

I.3.3.3 L'Oxygène Dissous

L'oxygène dissous est d'une importance capitale dans l'eau, car il soutient la survie de la faune et régule les réactions biologiques dans les écosystèmes aquatiques. Sa capacité à se dissoudre dans l'eau est influencée par plusieurs facteurs, tels que la température, la pression et la force ionique du milieu. En général, la concentration en oxygène dissous est exprimée en milligrammes d'oxygène par litre (mg O₂/L) (**REJSEK, 2002**).

I.3.3.4 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène absorbée par les substances présentes dans l'eau et pouvant être oxydées dans des conditions spécifiques. Cette mesure permet d'estimer les substances oxydables dans l'eau, qu'elles soient organiques ou minérales. La DCO dépend des propriétés des substances, de leurs proportions et de leur capacité à s'oxyder.

I.3.3.5 La Demande Biochimique en Oxygène (DBO)

En pratique, la demande biochimique en oxygène sert à évaluer la présence de matières putrescibles dans un environnement et sa capacité à se purifier naturellement, ce qui permet de définir la charge maximale acceptable, notamment pour les traitements primaires des stations d'épuration (**RODIER, 2005**). Selon **REJSEK (2002)**, la demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO₅) d'un échantillon représente la quantité d'oxygène consommée par les microorganismes aérobies pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques présents dans cet échantillon.

I.3.3.6 L'azote

Dans les environnements aquatiques, l'azote peut se présenter sous forme organique ou minérale. Les composés d'azote organique sont principalement constitués de molécules telles que les protéines, les polypeptides, les acides aminés et l'urée. Habituellement, ces substances sont présentes à des concentrations très faibles.

I.3.3.7 Les nitrates

Les nitrates présents naturellement dans les eaux résultent principalement de l'interaction entre le ruissellement des eaux et le sol du bassin versant. Leurs concentrations restent généralement inférieures à 3 mg/L dans les eaux de surface et peuvent atteindre quelques mg/L dans les eaux souterraines. La configuration des zones de drainage est déterminante dans leur présence, tandis que l'activité humaine accélère notablement l'enrichissement des eaux en nitrates. Au cours des dernières années, on a observé une augmentation de la concentration en nitrates, estimée entre 0,5 et 1 mg/l/an, voire 2 mg/l/an dans certaines régions. Cette augmentation découle de plusieurs facteurs :

- Agriculture : L'utilisation intensive d'engrais azotés et les rejets d'effluents d'élevage sont caractéristiques de l'agriculture intensive, qui représente les deux tiers de l'apport en nitrates dans l'environnement naturel.
- Milieu urbain : Les eaux traitées par les stations d'épuration, où l'élimination de l'azote n'est pas complète, peuvent rejeter des nitrates ou des ions ammonium, qui se transforment ensuite en nitrates dans l'environnement naturel. Cette source constitue environ deux neuvièmes des apports.
- Industrie : Les industries minérales, notamment celles impliquées dans la fabrication des engrais azotés, contribuent également aux rejets de nitrates. Cette source représente environ un neuvième des apports (**REJSEK, 2002**).

I.3.3.8 L'azote ammoniacal

Le terme "ammoniacque" est fréquemment utilisé pour désigner l'azote ammoniacal, englobant à la fois ses formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3). L'ammoniacque joue un rôle essentiel dans le cycle de l'azote. À l'origine, le NH_3 est un gaz soluble dans l'eau, mais son état peut varier selon le pH, se transformant soit en un composé non combiné, soit en une forme ionisée (NH_4^+). Les réactions réversibles avec l'eau sont également sensibles à la température et peuvent être résumées comme suit :



I.3.3.9 Le Phosphore

Le phosphore peut se trouver dans l'eau sous forme soluble ou en suspension, qu'il soit d'origine minérale ou organique. Les composés phosphorés qui réagissent positivement au test spectrophotométrie sans nécessiter d'hydrolyse ou de minéralisation sont désignés comme des ortho phosphates. L'hydrolyse en milieu acide permet de distinguer le phosphore hydrolysable, tandis que la minéralisation permet de mettre en évidence le phosphore organique.

Suivant les cas, la teneur en phosphates peut être exprimée en mg/L de PO₄ ou de P₂O₅ 1mg/L PO₄

= 0,747 mg/L P₂O₅ = 0,326 mg/L P (**RODIER ; 2005**).

I.3.3.10 Le sulfate

Ces sulfates peuvent provenir de diverses sources industrielles telles que les ateliers de blanchiment (laine, soie, etc.), les usines de fabrication de cellulose (pâte à papier, etc.) et les installations de déchloration (**RODIER, 2005**).

I.3.4 Paramètres Bactériologiques

Les bactéries sont omniprésentes dans la nature, probablement parmi les premières formes de vie apparues sur Terre (archéobactéries). Seules quelques dizaines d'espèces sont spécifiquement adaptées à l'homme : la plupart sont inoffensives voire bénéfiques, jouant un rôle de commensales et faisant partie des flores cutanée, digestive, buccale et génitale. Certaines bactéries sont pathogènes de manière opportuniste, tandis qu'une minorité est régulièrement pathogène (**RODIER, 2005**).

I.3.4.1 Les coliformes

Le terme "coliformes" désigne un ensemble d'espèces bactériennes faisant partie de la famille des Enterobacteriaceae. Selon la définition de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), les coliformes sont des bacilles à Gram négatif, non sporogènes, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de se développer en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface ayant des propriétés inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 degrés Celsius (**REJSEK, 2002**)

- Les "coliformes fécaux" ou "coliformes tolérants" sont des coliformes présentant les mêmes caractéristiques (propriétés des coliformes) après incubation à une température de 44 degrés Celsius.

- "E. coli présumé" fait référence à des coliformes thermo tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane, à 44 degrés Celsius.
- "E. coli" désigne des coliformes thermo tolérants produisant de l'indole à partir du tryptophane et présentant les caractéristiques biochimiques spécifiques à cette espèce.

I.3.4.2 Les streptocoques fécaux et Enterococcus

Les "streptocoques fécaux" regroupent tous les streptocoques portant la substance antigénique (acide teichoïque) caractéristique du groupe D de Lancefield, Ces streptocoques du groupe D sont généralement considérés comme des indicateurs de contamination fécale car ils sont présents dans les environnements associés aux excréments.

I.3.4.3 Les bactéries sulfito-réductrices

Les Clostridium sulfito-réducteurs sont couramment utilisés comme des indicateurs de contamination fécale en raison de leur résilience. Leur forme spore, plus robuste que celle des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux, offre la capacité de détecter une contamination fécale passée ou intermittente. Il convient toutefois de noter que même si ces bactéries peuvent être liées aux matières fécales, leur présence dans le sol limite leur spécificité en tant que marqueurs de contamination fécale.

I.4. Conclusion

Les eaux usées, issues des activités domestiques, industrielles et agricoles, contiennent divers polluants qui, sans traitement adéquat, peuvent gravement nuire à l'environnement et à la santé publique. Leur gestion efficace, à travers des processus de traitement physico-chimiques et biologiques, est essentielle pour minimiser ces impacts. En outre, la réutilisation des eaux usées traitées constitue une solution durable face à la raréfaction des ressources en eau. Par conséquent, une gestion intégrée et rigoureuse des eaux usées est cruciale pour garantir la protection des écosystèmes aquatiques et la durabilité des ressources hydriques.

Chapitre II :

La réutilisation des eaux usées

II. Chapitre II : La réutilisation des eaux usées

II.1 Introduction

La réutilisation des eaux usées, vitale face à la pénurie d'eau, au changement climatique et à la croissance démographique, consiste à traiter ces eaux pour divers usages non potables. Elle aide à conserver les ressources en eau, à protéger l'environnement en réduisant la pollution, et à économiser pour les industries et les municipalités.

II.2 La réutilisation des eaux usées traitées dans le monde

La réutilisation des eaux usées est une pratique répandue dans plus de soixante pays à travers le monde. Cependant, la comparaison des taux de recyclage et de la qualité des eaux réutilisées entre ces pays est complexe. Les principaux acteurs en termes de volumes annuels réutilisés sont la Chine, le Mexique et les États-Unis, bien que les deux premiers produisent des eaux de qualité inférieure. Les objectifs, la qualité de l'eau réutilisée et le cadre réglementaire varient considérablement d'un pays à l'autre. Certains, comme les États-Unis, les pays du Golfe, l'Afrique du Sud et Singapour, privilégient un traitement avancé avant la réutilisation, tandis que d'autres, comme la Tunisie et la Jordanie, optent pour une approche intermédiaire avec des eaux traitées au niveau secondaire pour une irrigation limitée. L'épandage des eaux usées brutes est encore pratiqué dans certains pays d'Afrique. Bien que la réutilisation des eaux épurées soit bien établie dans le bassin méditerranéen pour l'irrigation, des disparités persistent, par exemple avec un taux de réutilisation de 10 % en Espagne, 20 % en Tunisie et seulement 5 % en Algérie. Les projets de réutilisation des eaux usées, principalement orientés vers l'agriculture, se sont développés aux États-Unis, dans le bassin méditerranéen, en Australie, en Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud. Les États-Unis se distinguent par leur expérience de quarante ans et leur réglementation stricte, tandis que l'Algérie accuse un retard significatif dans ce domaine.

II.3 la réutilisation des eaux usées en Algérie

La réutilisation des eaux usées traitées représente une initiative planifiée et délibérée visant à augmenter la disponibilité en eau pour divers usages. En Algérie, la mise en œuvre de la stratégie nationale de développement durable se matérialise à travers un plan stratégique intégrant les dimensions sociale, économique et environnementale (MRE, 2012). Le réseau national d'assainissement s'étend sur 27 000 kilomètres avec une couverture de 85 %, excluant les zones peu peuplées. Chaque année, près de 600 millions de mètres cubes d'eaux usées sont

rejetés, dont 550 millions proviennent des seules agglomérations du nord. Ce chiffre devrait atteindre près de 1 150 millions de mètres cubes d'ici 2020.

La réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation devrait prioritairement bénéficier aux zones connaissant une pénurie en eau conventionnelle (MRE, 2012). À l'heure actuelle, certaines stations d'épuration gérées par l'ONA dans les 43 wilayas du pays sont impliquées dans la réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles. En 2011, environ 17 millions de mètres cubes étaient réutilisés chaque année, irriguant plus de 10 000 hectares de terres agricoles (MRE, 2012). Ce volume devrait considérablement augmenter pour atteindre environ 200 millions de mètres cubes en 2014, impliquant 25 stations d'épuration (MRE, 2012).

II.4. Étude de l'aspect institutionnel et législatif

Actuellement, l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR) étudie un projet visant à élaborer des normes nationales ainsi qu'un guide technique pour encourager les bonnes pratiques de réutilisation des eaux usées à des fins agricoles. Cette démarche souligne l'importance cruciale d'une coordination étroite entre les différentes parties prenantes impliquées dans les opérations de réutilisation des eaux usées à tous les échelons (MRE, 2012).

II.4.1 aspect et législatif

Le décret exécutif numéro 07-149, daté du 20 mai 2007 et paru dans le Journal Officiel de la République Algérienne le 23 mai 2007, établit les règles encadrant l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation sous forme de concession, ainsi que les exigences détaillées du cahier des charges correspondant. Ce décret régit l'ensemble des démarches relatives à l'utilisation des eaux usées épurées provenant des stations d'épuration. Pour obtenir cette autorisation, un concessionnaire doit soumettre une demande au Wali de la région, accompagnée d'une convention établie avec la station d'épuration fournissant les eaux usées épurées.

II.4.2 Inventaire des cultures autorisées

Une autre réglementation a été mise en place sous la forme d'un arrêté interministériel en date du 2 janvier 2012, fixant la liste des cultures autorisées à être irriguées avec des eaux usées épurées. Cette mesure est élaborée conjointement par les ministères responsables des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé.

L'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation présente une diversité d'applications dans différents domaines. Dans l'agriculture, elles sont employées pour irriguer une variété de cultures telles que les pâturages, les vergers, les serres, les boisements, les cultures maraîchères

et les cultures céréalières. De plus, ces eaux épurées sont également utilisées pour la protection des sols grâce à l'irrigation des barrières anti-érosion et pour la culture de jeunes plants dans les pépinières. Au-delà de l'agriculture, les eaux usées épurées sont employées dans d'autres domaines tels que l'aménagement urbain, où elles servent à l'irrigation des parcs urbains, des espaces récréatifs, des espaces commerciaux, ainsi que des terrains de football et de golf. Cette polyvalence dans les applications démontre l'importance croissante de la réutilisation des eaux usées épurées dans la gestion durable des ressources en eau et dans le développement urbain et agricole.

II.4.3 Aspect institutionnel

Lors de la mise en œuvre de la concession pour l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation, toutes les parties prenantes doivent prendre des mesures préventives afin d'éviter la contamination des eaux souterraines et des produits agricoles (JO, 2007).

Les partenaires privés doivent respecter le régime de concession, permettant à toute entité, qu'elle soit publique ou privée, de distribuer ces eaux épurées à des utilisateurs. La demande de concession doit être adressée en deux exemplaires au wali compétent.

Concernant les partenaires publics, les services de l'hydraulique de la wilaya doivent mettre en place un dispositif de suivi et de contrôle de la qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation, ainsi que surveiller l'évolution de la qualité de l'eau des nappes souterraines. Les services de santé de la wilaya doivent également effectuer des contrôles réguliers sur la santé du personnel travaillant avec ces eaux épurées, tandis que les services du commerce de la wilaya doivent réaliser des contrôles biologiques et physico-chimiques des produits agricoles irrigués avec ces eaux.

Sur le plan financier, le concessionnaire doit s'acquitter des redevances fixées par la loi de finances pour l'utilisation du domaine public hydraulique. Les tarifs appliqués pour la fourniture d'eau usée épurée à des fins agricoles sont établis conformément à la réglementation en vigueur.

II.4.4 Aspect environnemental

La croissance urbaine croissante et l'augmentation de la demande en eau exercent une pression significative sur les écosystèmes aquatiques tels que les cours d'eau, les lacs et les zones humides. La réutilisation des eaux usées épurées se présente comme une solution efficace pour restaurer ces habitats, qui jouent un rôle crucial en tant que filtres naturels de l'eau et réservoirs de carbone. En outre, maintenir un débit minimal dans les cours d'eau est crucial pour leur santé globale.

La recharge artificielle des aquifères souterrains avec des eaux usées épurées est une pratique particulière, considérant le sol à la fois comme un réservoir et un moyen de traitement supplémentaire. Les objectifs de cette méthode sont variés : inverser le déclin des niveaux d'eau dans les nappes phréatiques, prévenir l'intrusion d'eau salée dans les aquifères d'eau douce près des côtes, stocker les eaux épurées pour une utilisation future tout en minimisant les pertes par évaporation, et contrer les problèmes d'affaissement du sol.

II.5 Traitement et valorisation des eaux usées

Le choix de la méthode de traitement des eaux usées est guidé par l'utilisation prévue de l'eau traitée et est réglementé par les directives de l'OMS, qui fixent des normes de qualité spécifiques en fonction de l'usage domestique, industriel ou agricole.

En Algérie, les options de traitement des eaux usées urbaines se concentrent principalement sur deux procédés axés sur l'élimination de la charge polluante organique :

1. Le lagunage, une approche naturelle visant à éliminer la charge organique et une partie de la charge microbiologique de manière naturelle dans des bassins de stabilisation.
2. La méthode de boues activées, un procédé classique où l'élimination de la charge organique se produit dans des bassins d'aération.

Le traitement et la valorisation des eaux usées revêtent une importance cruciale pour diverses raisons. Tout d'abord, le traitement des eaux usées est essentiel pour protéger la santé publique et l'environnement en éliminant les contaminants et les agents pathogènes présents dans les eaux usées, potentiellement nocifs pour la santé humaine et les écosystèmes aquatiques, ce qui évite des risques de maladies et de dommages écologiques graves.

De plus, le traitement des eaux usées permet de récupérer des ressources précieuses telles que l'eau, les nutriments et l'énergie. Le recyclage des eaux usées traitées contribue à réduire la pression exercée sur les ressources en eau douce et favorise une gestion plus durable de l'eau. Par exemple, les nutriments contenus dans les eaux usées peuvent être récupérés et réutilisés comme engrais dans l'agriculture, réduisant ainsi la dépendance aux engrais chimiques et favorisant des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement.

En résumé, le traitement et la valorisation des eaux usées sont essentiels pour protéger la santé publique et l'environnement, garantir une gestion durable des ressources en eau, promouvoir une agriculture durable et faciliter la transition vers une économie circulaire et bas-carbone.

II.6 Avantages et inconvénients de la réutilisation des eaux usées

L'exploitation des ressources en eau et la gestion des eaux usées sont des enjeux cruciaux dans le contexte de la durabilité environnementale et économique. L'utilisation des eaux usées traitées offre des avantages significatifs, mais elle comporte également des inconvénients qu'il convient de prendre en compte.

Les avantages

- Utilisation d'une ressource durable pour diminuer la demande en eau conventionnelle
- Valorisation des éléments nutritifs contenus dans les eaux usées épurées
- Évite les dépenses onéreuses liées à la collecte et au stockage des eaux de pluie.
- Amélioration de la qualité des eaux en aval des sites de déversement des eaux usées, tels que les rivières, les lacs et les zones côtières.
- Accroissement de la production agricole et diminution de la nécessité d'utiliser des engrais commerciaux.
- Diminution des coûts de traitement des eaux pour les utilisateurs en aval.

Les inconvénients

- Risques pour la santé humaine et animale liés à une utilisation inadéquate des eaux usées ou recyclées.
- Difficultés de commercialisation de certaines cultures sur le marché en raison de problèmes d'acceptabilité sociale.
- Complexité des caractéristiques des eaux usées.

- Un faible niveau de qualité des eaux recyclées peut avoir des répercussions négatives sur les sols et les cultures.
- Coûts parfois élevés associés au traitement des eaux usées.
- Peu de lois pour une meilleure utilisation des eaux usées

II.7 Conclusion

En synthèse, la réutilisation des eaux usées émerge comme une solution prometteuse face aux défis croissants de la disponibilité de l'eau, de la sécurité alimentaire et de la préservation de l'environnement. Elle permet d'optimiser l'utilisation des ressources en eau, de soulager la pression exercée sur les sources d'eau douce et de favoriser une gestion plus durable de cette précieuse ressource.

Cependant, son adoption requiert une approche équilibrée prenant en considération les aspects techniques, économiques, sociaux et environnementaux. Il est impératif d'établir des normes et des réglementations rigoureuses pour garantir la qualité et la sécurité des eaux recyclées, tout en minimisant les risques potentiels pour la santé humaine, l'environnement et les écosystèmes.

Malgré les défis et les préoccupations associés à la réutilisation des eaux usées, ses avantages potentiels en termes de préservation des ressources en eau, de sécurité alimentaire et de durabilité environnementale en font une option importante à explorer et à développer dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau.

Chapitre III :

Présentation de la

zone d'étude

III. Chapitre III : Présentation de la zone d'étude

III.1 Introduction

La présente étude intitulée 'étude de La station de traitement des eaux d'Ain Bessam est située dans la wilaya de Bouira, en Algérie. Elle joue un rôle essentiel dans l'assainissement et la gestion des eaux usées de la région. Le traitement de l'eau dans cette station suit un processus méthodique, où des techniques sont utilisées pour épurer les eaux usées avant de les réintroduire dans l'environnement ou les réutiliser.

III.2. Documents de base

Les principaux documents consultés, ayant servi de base à l'étude sont essentiellement les suivants :

- ❖ Le RGPH 2008 – édité par l'ONS.
- ❖ L'étude de la STEP de Ain Bessem

III.3. Situation administrative et géographique de la zone d'étude

La commune d'Ain Laloui se trouve au Sud-Ouest de la Wilaya de Bouira. Elle est limitée :

- Au Nord par la Commune d'Ain Lahdjar.
- Au Sud et à l'Est par la commune d'El Hachimia.
- A l'Ouest par la commune d'Ain Bessem

La commune d'Ain Laloui est traversée d'Ouest à l'Est par la RN 18 et le CW 125. Elle est située dans la zone de hautes plaines à 18 Km de Bouira et à 12 km à l'est d'Ain Bessem. Le plan de situation de la commune d'Ain Laloui est donné dans la figure suivante :



Figure III.1 : situation de la zone d'étude à l'échelle de la Wilaya, Source (HYBACO)

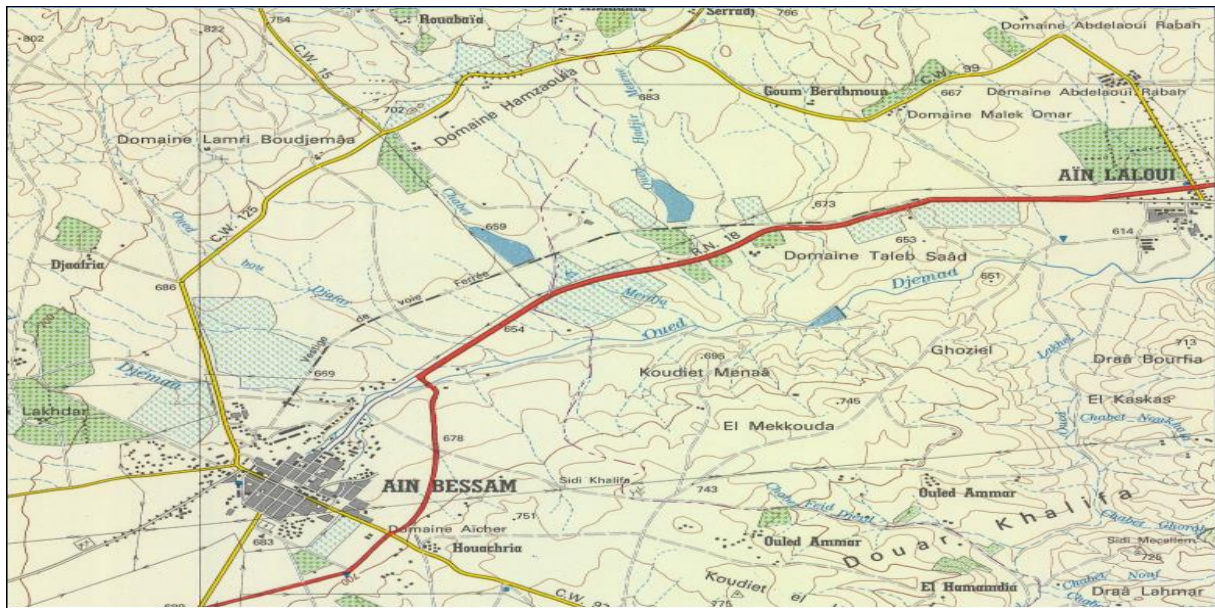


Figure III.2 : situation de la zone d'étude par rapport à la ville d'Ain Bessem sur carte d'état-major.

Source(HYBACO)

III.4. Reconnaissance des lieux et données de base

III.4.1. Evolution de la population

La population future de l'agglomération d'Ain-Laloui est estimée donc par l'application de la loi des accroissements géométriques donnée par la relation suivante :

$$P = P_o \left(1 + \frac{T}{100} \right)^n$$

Avec :

P : population située à l'horizon prévu ;

P0 : population de base ou de l'année de référence (RGPH 2008) ;

n : nombre d'année séparant l'horizon de calcul de l'année de référence ;

T : le taux d'accroissement annuel de la population.

En accord avec la DRE et en tenant compte des recommandations du PDAU, nous retenons les taux d'accroissement démographique comme suit :

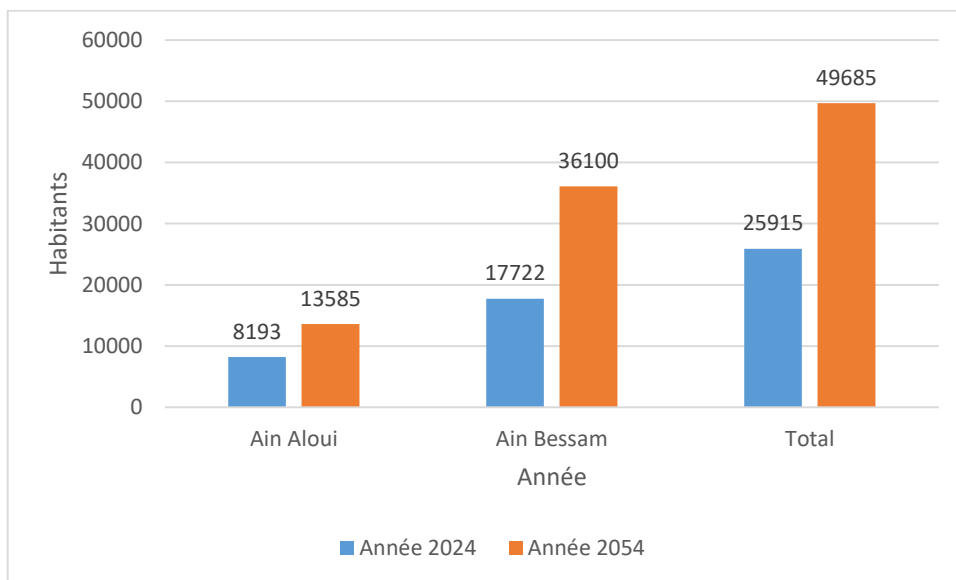
- Ain Aloui : T=1.7 %
- Ain Bessam : T=2,3 %

Les résultats de l'estimation de la population future sont donnés dans le tableau ci-après et représentés dans la figure III.3 :

Tableau III.1 : Estimation de la population future

Habitans	Ain Aloui	Ain Bessam	Total
Année 2024	8193	17722	25915
Année 2054	13585	36100	49685

Source(HYBACO)



FigureIII.3 : Evolution de la population de la ville d'Ain laloui

III.4.2 Estimation des besoins en eau potable

III.4.2.1 Besoins domestiques

Les besoins domestiques dépendent du caractère de l'agglomération concernée qui peut être rural ou urbain. En accord avec la DRE, nous adoptons ce qui suit :

- Pour l'horizon 2054, une dotation de 200 l/j/hab.

III.4.2.2 Besoins des équipements

Suite au manque d'informations précises relatives aux équipements programmés à être réalisés dans le futur, en concertation avec la DRE, nous avons considéré que les besoins en eau potable des équipements sont de 20% en 2054. Les résultats de calcul des besoins sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau III.2 : Evolution des besoins en eau

Désignation	Unité	Ain Aloui		Ain Bessam	
		2024	2054	2024	2054
Population	Habitants	8193	13585	17722	36100
Besoins domestiques	m3/j	1638	2717	3544,4	7220
Besoins des équipements	m3/j	327,6	543,4	708,88	1444
Total des besoins en eau potable	m3/j	1965,6	3261,4	4253,28	8664

III.4.3 Quantification des débits d'eaux usées

On considère que le débit d'eaux usées est égal à 80 % du débit de la consommation en eau potable, et le débit de pointe est égal au débit moyen multiplié par le coefficient de pointe. Le coefficient de pointe est donné par la relation suivante :

- $K_{max} = 1.5 + (2.5 / Q_{moy}^{0.5})$ si $Q_{moy} \geq 2.8 \text{ l/s}$
- $K_{max} = 3 \dots$ si $Q_{moy} < 2.8 \text{ l/s}$

Les débits d'eau usée de la future ville d'Ain-Laloui pour les différents horizons, ainsi que l'estimation du nombre d'équivalent habitant sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau III.3 : Estimation des rejets et de nombre d'équivalent habitant

Désignation	Unité	L'horizon	
		2024	2054
Population	Habitants	25915	49685
Besoins domestiques	m ³ /j	5182,4	9937
Besoins des équipements	m ³ /j	1036,5	1987,4
Total des besoins en eau potable	m ³ /j	6218,88	11925
Q eau usée	m ³ /j	4903,11	8945
Q eau usée	l / s	56,75	103,53
Kp	-	1,6	1,6
Q pointe, eau usée (l/s)	l / s	90,8	165,65
Q pointe, eau usée (m ³ /j)	m ³ /j	7845,12	14312,16
Nombre d'équivalent habitant	Eq Habitants	30644	59632

Le débit moyen journalier d'eaux usées d'Ain-Laloui et Ain Bessam est de 8945 m³/j à l'horizon 2054.

Le nombre d'équivalent – habitant à prendre en charge au niveau de la STEP de Ain Bessem est de 59632 eq/habitants.

III.4.4. Calcul des charges polluantes :

Pour pouvoir calculer les charges polluantes à traiter en niveau de la future station d'épuration de la ville d'Ain-Laloui, nous avons adopté les normes suivantes :

- Demande Biologique en Oxygène en 5 jours (DBO5) : ...54 g/EH/j ;
- Demande Chimique en Oxygène (DCO) :80 g/EH/j ;
- Matières En Suspension (MES) :70 g/EH/j ;
- Azote ammonia Cal N-NH₄:10 g/EH/j;

- Ortho phosphates P-PO4:5, 4 g/EH/j.

Source (bureau d'étude HYBACO)

Tableau III.4 : Les concentrations des polluants

Les polluants	Concentration (mg/l)
MES	467
DBO5	360
DCO	533
NH4	67
PO4	36

On a les formules suivantes :

- ❖ $MES (kg/j) = Q_j (m^3/j) \times [MES \text{ mg/l}]$
- ❖ $DBO5 (kg/j) = Q_j (m^3/j) \times [DBO5 \text{ mg/l}]$
- ❖ $DCO (kg/j) = Q_j (m^3/j) \times [DCO \text{ mg/l}]$
- ❖ $NH4 (kg/j) = Q_j (m^3/j) \times [NH4 \text{ mg/l}]$
- ❖ $PO4 (kg/j) = Q_j (m^3/j) \times [PO4 \text{ mg/l}]$

Charge journalière (Kg/j) = (Nbre d'équivalents habitants) x Rejet spécifique (g/hab/j) x 10^{-3}

Concentration correspondante (mg/l) = Charge journalière (Kg/j) / Débit journalier (m^3/j) x 10^3

- **La charge moyenne journalière en MES :**

$$MES (kg) = 467 * 8945 * 10^{-3} = 4174 \text{ kg/j.}$$

- **La charge moyenne journalière en DBO5 :**

$$DBO5 (kg) = 360 * 8945 * 10^{-3} = 3220 \text{ kg/j.}$$

➤ **La charge moyenne journalière en DCO :**

$$\text{DCO (kg)} = 533 * 8945 * 10^{-3} = 4770 \text{kg/j} .$$

➤ **La charge moyenne journalière en NH4 :**

$$\text{NH4 (kg)} = 67 * 8945 * 10^{-3} = 596 \text{kg/j} .$$

➤ **La charge moyenne journalière en PO4 :**

$$\text{PO4 (kg)} = 36 * 8945 * 10^{-3} = 322 \text{kg/j} .$$

III.5. Proposition de trace

III.5.1. Rejets actuels des eaux usées d'Ain Laloui. :

Lors de notre visite, il a été constaté la présence de cinq rejets :

- Rejet 1 : il se trouve à l'est de la localité. Selon les responsables de l'hydraulique il est prévu la réalisation d'un déversoir d'orage en amont.
- Rejets 3, 4 et 5, ils sont situés à au Sud-Ouest de la localité
- Rejet 2, il est situé à mi-parcours entre le rejet 1 et les autres rejets.

Ne disposant pas du réseau d'assainissement de la ville d'Ain Laloui afin de définir le débit d'eaux usées de chaque rejet, il a été convenu lors de cette visite de considérer ce qui suit :

- Rejet 1 – DN 1000 – 30 % des rejets de la localité
- Rejet 2 – DN 800 – 20 % des rejets de la localité
- Rejet 2 – DN 400 – 10 % des rejets de la localité
- Rejet 2 – DN 1000 – 25 % des rejets de la localité
- Rejet 2 – DN 800 – 15 % des rejets de la localité

III.5.2. Modalités de collecte des débits des rejets vers un seul point :

Il a été décidé de véhiculer les débits de rejets vers un seul point, afin d'optimiser le nombre de poste relevage du fait que la pente est descendante d'ouest en est.

Deux collecteurs gravitaires seront projetés :

- Du rejet 1 jusqu'à au site projeté du poste de relevage
- Du rejet 5 jusqu'au site projeté du poste de relevage, avec collecte des débits des rejets 4, 3 et 2 sur le parcours.



Figure III.3 : Situation des points de rejets d'Ain Laloui et raccordement au poste de relevage n°1

Source (HYBACO)

A partir du point de collecte des eaux usées, une reconnaissance du tracé pour le refoulement des eaux vers le site de la future STEP de Ain Bessem a été effectuée. Il ressort la nécessité de projeter trois postes de relevage avec des conduites de refoulements, comme le montre la figure suivante :

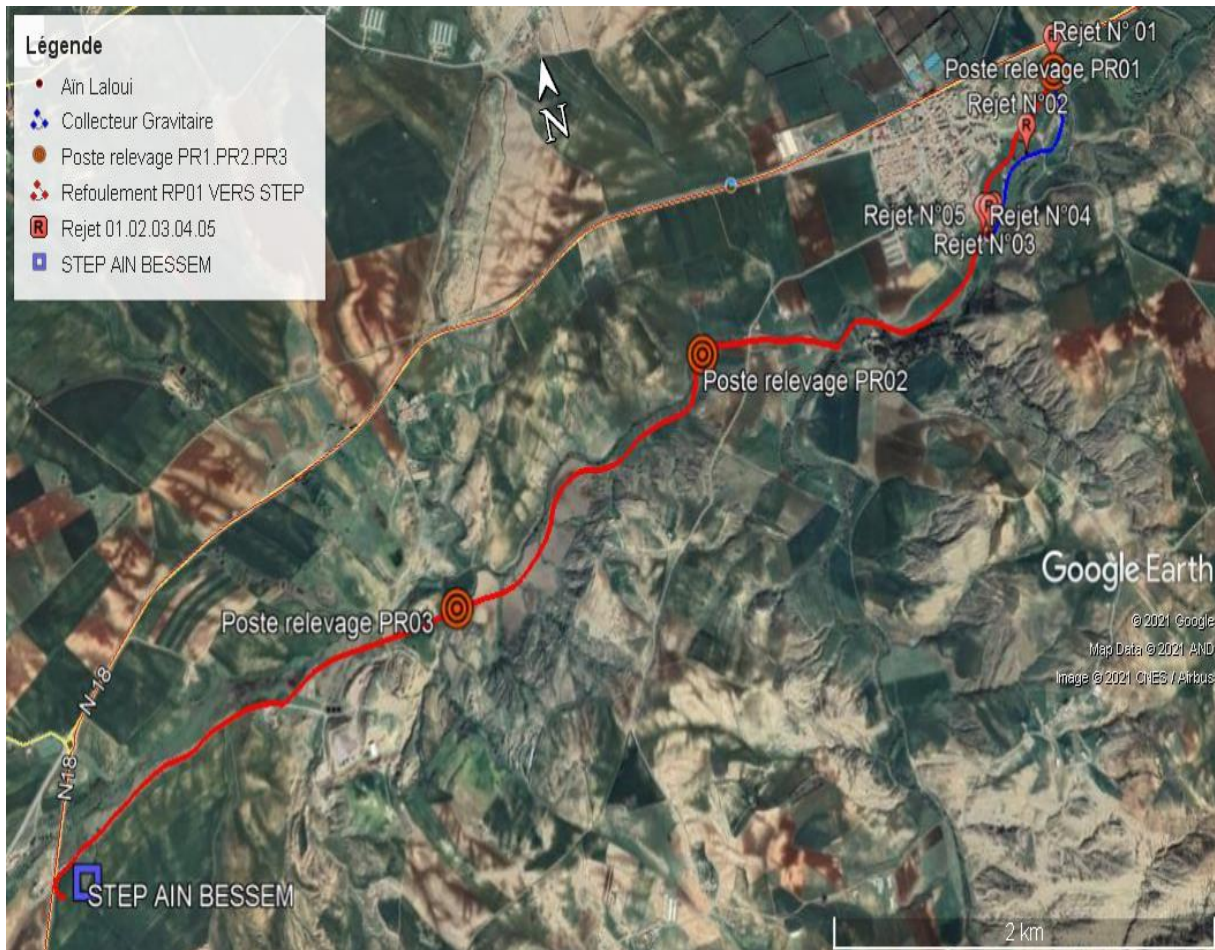


Figure III.4 : Plan du tracé du refoulement des eaux usées d’Ain Laloui vers la STEP Ain Bessem – sur image satellite Google

Source (HYBACO)

III.6. Estimation des débits

III.6.1 Estimation des débits d’eaux usées à évacuer

Comme nous avons projeté un réseau de type pseudo-séparatif, l’estimation des débits à évacuer se fera pour les eaux usées et pour les eaux pluviales.

Les débits d’eau usée sont calculés dans le chapitre des données de base pour l’agglomération d’Ain-Laloui, nous avons un seul bassin versant urbain.

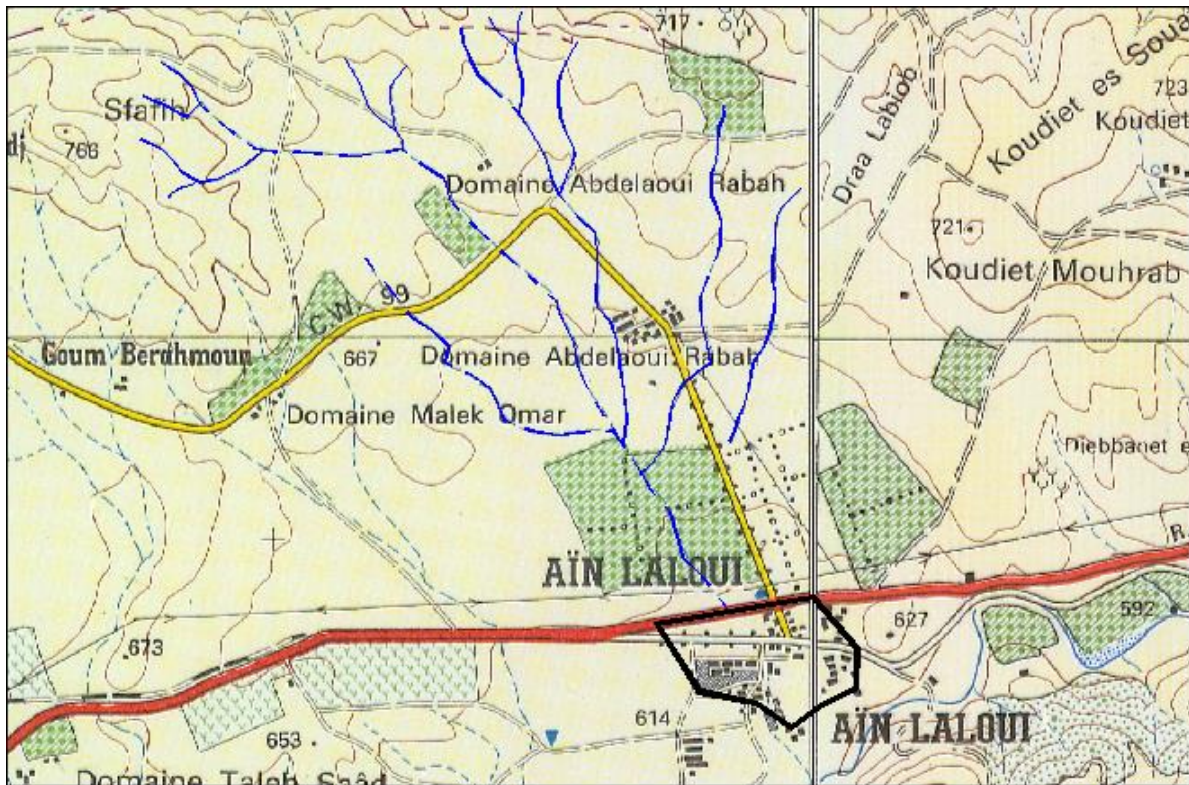


Figure III.5 : limites du bassin versant amont

Source (HYBACO)

Le tableau suivant donne l'estimation des débits d'eau usée :

Tableau III.5 : Estimation des débits d'eau usée de chaque rejet

Désignation des rejets	Débit de pointe eaux usées
	l/s
Rejet 1 - DN 1000	17.66
Rejet 2 - DN 800	11.78
Rejet 3 - DN 400	5.89
Rejet 4- DN 1000	14.72
Rejet 5- DN 800	8.83

III.6.2. Estimation des débits d'eaux pluviales

III.6.2.1. Choix de la période de retour

Pour les projets d'assainissement urbain, on choisit généralement comme base de dimensionnement un événement pluvieux qui provoque une crue décennale. Ainsi que l'intensité d'une courte durée de 15 min pour la même période de retour.

Le tableau suivant donne les intensités de la pluie pour les différentes périodes de retour pour des courtes durées de 10 min et 15 min.

Tableau III.6 – intensité de la pluie par période de retour et durée de l'averse

I(t, T)	Période de retour T					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
Durée averse						
I : t= 10 min	52.47	73.69	87.73	101.20	118.64	131.70
I : t= 15 min	46.61	66.15	79.09	91.5	107.56	119.59

III.6.2.2. Calcul des débits d'eaux pluviales

Le débit de pointe peut être évalué en utilisant la méthode rationnelle. Celle-ci est bien adaptée aux bassins versants de moins de 250 ha et dont la pente longitudinale moyenne est supérieure à 0,5 %.

La méthode rationnelle est basée sur l'hypothèse d'un événement pluvieux constant et uniforme sur l'ensemble d'un bassin versant. Elle suppose également l'homogénéité spatiale du bassin versant (extrapolation du coefficient de ruissellement à l'ensemble de la surface). Enfin, nous posons comme dernière hypothèse que l'ensemble des pluies ruisselées arrivent au même moment à l'exutoire, engendrant un débit de crue maximum :

$$Q \text{ eaux pluviale} = Cr * I * A$$

Où :

I : intensité de la pluie – pour une averse de durée 15 minutes – période de retour décennale

A : surface du sous – bassin.

Cr : coefficient de ruissellement donné par les tableaux ci-après, déterminé comme un facteur de contraction du débit,

Le tableau suivant indique les valeurs du coefficient de ruissellement en fonction de type des zones d'urbanisation

Tableau III.7 : Coefficient de ruissellement en fonction des catégories d'urbanisation

Zone d'urbanisation	Coefficient de ruissellement
Zones d'habitation très denses	0.9
Zones d'habitation denses	0.6 à 0.7
Zones d'habitation moins denses	0.4 à 0.5
Quartiers résidentiels	0.2 à 0.3
Squares, jardins, prairies	0.05 à 0.2

Dans notre cas, et vu la nature du tissu urbain concerné par l'étude, nous avons choisi un coefficient de ruissellement égale à 0.5

Le tableau suivant donne l'estimation des débits d'eaux pluviales à évacuer et pour chaque bassin versant urbain.

Tableau III.8 – Estimation des débits d'eau pluviale de chaque rejet

Désignation des rejets	Débit EP - l/s
Rejet 1 - DN 1000	2100.28
Rejet 2 - DN 800	474.54
Rejet 3 - DN 400	285.60
Rejet 4- DN 1000	422.91
Rejet 5- DN 800	451.47

III.6.3.Détermination des débits de dimensionnement :

Le tableau suivant nous donne le débit d'eau usée pour chaque tronçon du réseau projeté,

Tableau III.9 : Estimation des débits à évacuer de chaque tronçon

Désignation	Débit (l/s)		
	EU	EP	Total
Rejet 5 - Rejet 4	8.83	451.47	460.30
Rejet 4- Rejet 3	23.55	874.38	897.94
Rejet 3- Rejet 2	29.44	1 159.99	1 189.43
Rejet 2- PR 1	41.22	1 634.53	1 675.74
Rejet 1 - PR 1	17.66	2 100.28	2 117.94

III.7.Conclusion

En conclusion, cette étude sur les collecteurs d'amenée des eaux usées d'Ain Laloui vers la station d'épuration d'Ain Bessem a été entreprise à la requête de la Direction des Ressources en Eau de la wilaya de Bouira. Son objectif principal est de faciliter le transfert des rejets actuels des eaux usées vers le système d'épuration en cours de développement, tout en examinant attentivement ce dernier.

Cette démarche revêt une importance capitale dans la gestion efficace des ressources en eau de la région, visant à améliorer la qualité de l'eau et à réduire les impacts environnementaux des rejets urbains. En mettant en œuvre cette étude, les autorités locales démontrent leur engagement envers la préservation de l'environnement et le bien-être des habitants de la région.

Chapitre IV

Dimensionnement de la station d'épuration

IV. Chapitre IV : Dimensionnement de la station d'épuration

IV.1.Introduction

Le traitement adopté par La DRE de la Wilaya de Bouira pour la Station de Traitement de AIN BESSAM est le traitement biologique par boues activées à oxydation alternée.

Le procédé d'épuration par oxydation alternée est une méthode de traitement des eaux usées qui utilise des cycles alternés d'aération et de dénitrification pour éliminer les polluants. Ce procédé est souvent utilisé dans les stations d'épuration biologiques pour améliorer l'efficacité de la dégradation des matières organiques et des nutriments tels que l'azote et le phosphore.

IV.2. Critères de choix du type de procédé d'épuration des eaux usées urbaines à adopter :

- **Avantages du procédé d'oxydation alternée**
 - **Efficacité élevée de la dénitrification** : En alternant les phases aérobies et anoxiques, le procédé permet une meilleure élimination de l'azote, un des principaux polluants des eaux usées.
 - **Flexibilité** : Ce procédé peut être ajusté en fonction des variations de charge des eaux usées.
 - **Réduction des odeurs** : L'oxygénation intermittente réduit les conditions anaérobies prolongées, qui sont souvent responsables de la production d'odeurs désagréables.

- **Inconvénients et défis**
 - **Contrôle des cycles** : Le bon fonctionnement du procédé nécessite un contrôle précis des cycles d'aération et de dénitrification, ce qui peut nécessiter une surveillance et une régulation automatisées.
 - **Consommation énergétique** : L'aération est énergivore, bien que l'alternance puisse réduire la consommation par rapport à une aération continue.

IV.3 .Données de base

La STEP de AIN BESSAM sera dimensionnée avec les paramètres suivants pour l'année 2054 :

L'année :	2054
Réseaux :	Unitaire
Équivalent Habitant :	59 632
Débit Moyen (m3/j) :	8 945
Débit de Pointe temps sec (m3/h) :	652
Débit de Pointe temps pluie (m3/h) :	1 118
Charge polluante :	
DBO5 (mg/l) :	360
(Kg/j) :	3220
DCO (mg/l) :	533
(Kg/j) :	4770
NH4 (mg/l) :	67
(Kg/j) :	596
MES (mg/l) :	467
(Kg/j) :	4174
PO4 (mg/l) :	36
(Kg/j) :	322
L'effluent épuré devra présenter des concentrations inférieures ou égales aux valeurs suivantes :	
DBO5 mg/l:	15
DCO mg/l:	80
NH4 mg/l:	02
NO3 mg/l:	08
MES mg/l:	20

Tableau IV.10: données de base de la STEP d'Ain Bessam

Source (HYBACO)

IV.4. Description du procédé « boues activées a oxydation alternée »

IV.4.1. Principe de fonctionnement

Pour mieux illustrer le fonctionnement d'une station d'épuration basé sur ce procédé, suivons le parcours d'une goutte d'eau d'usée après son passage à travers le déssableur-déshuileur.

Elle est réceptionnée dans le bassin sélecteur d'homogénéisation ou elle est mélangée pendant 40 à 60 mn avec la biomasse soutirée du fond du bassin de clarification. La matière organique transportée par la goutte d'eau est rapidement absorbée au sein de la biomasse, ce qui l'empêche de servir de nourriture aux organismes filamenteux indésirables.

La goutte continue son chemin en passant par un déversoir a niveau réglable vers un 1^{er} bassin d'aération (oxydation, Nitrification) ou le niveau d'oxygène dissout est maintenu à 2 mg/l grâce à une aération continue par le biais de diffuseurs à bulles d'air grossières. C'est à ce niveau que la majorité de la DBO est éliminée. La goutte d'eau traverse ce 1er bassin d'où elle est acheminée, en régime quasi laminaire, vers un 2^{ème} bassin d'aération (dénitrification) qui est aéré séquentiellement (aéré pendant 2heures, au repos pendant 2 heures). Au total la goutte d'eau passera au moins 20 heures dans les deux bassins. Deux bassins d'aération secondaire fonctionnent en parallèle (l'un à l'arrêt et l'autre en fonction).

Dans ce 2^{ème} bassin, elle est soumise à une alternance de régimes festin puis famine (oxiques/anoxiques/anaérobiques) en arrêtant l'aération pendant 2 heures. Pendant l'arrêt de l'aération, la biomasse se dépose au fond du bassin ou les conditions deviennent rapidement anaérobies. Cela induit un état de famine dans la biomasse qui se met à absorber les Nitrates pour leur oxygène et à rejeter une partie de son phosphore, qu'elle re-absorbe goulûment et en plus grandes quantités durant le régime oxique qui prévaut quand l'aération reprend. C'est à ce stade que la DBO résiduelle est éliminée ainsi que les nitrates issus du 1^{er} bassin d'aération (dénitrification). Finalement, la goutte d'eau arrive au clarificateur où elle est séparée de la biomasse qui se dépose au fond du bassin d'où elle est aspirée par air-lift et

Recyclée vers le bassin sélecteur. La goutte d'eau épurée est dirigée vers le canal de désinfection ou l'exposition aux rayons Ultra-violetts détruit toutes les bactéries résiduelles entraînées par la goutte.

Pour le traitement des boues, il est prévu un digesteur aérobique (alimenté directement par air-lift à partir du 1^{er} bassin d'aération) pour la stabilisation des boues en excès. Ces dernières seront ensuite pompées vers les filtres à bande du bâtiment de déshydratation ou elles sont essorées puis évacuées vers une décharge.

L'introduction de deux bassins d'aération fonctionnant en parallèle (un à l'arrêt et l'autre en fonction) fait que le bassin d'aération à l'arrêt se comporte comme un bassin d'aération agité (Batch) qui va passer de l'aérobique à l'anaérobique puis à l'aérobique (re-aération). Cette séquence permet d'avoir des conditions favorables pour l'enrichissement des boues en micro-organismes de type bio-P. Il est supposé que la présence de chaînes d'acide gras sous des conditions aérobiques permet à ces micro-organismes (bio-P) de stocker les poly phosphates.

Suite à l'arrêt de l'aération dans le bassin du 2^{ème} étage pendant 2 heures, la décantation de la biomasse dans le tiers inférieur du bassin donne lieu à une zone anoxique à forte densité de solides qui induit au sein de la colonie bactérienne une respiration endogène et un comportement très agressif vis-à-vis des nitrates. Ce comportement continue pendant les premières 15 min de la ré-suspension de la biomasse qui suit le re-démarrage de l'aération.

Du fait que le bassin est dimensionné pour un temps de séjour moyen d'au moins 9 heures, les bactéries sont soumises à ce régime au moins 3 fois avant que les eaux nitrifiées entrantes ne soient évacuées vers le bassin de clarification. Résultat mesuré, certifié et garanti : un niveau résiduel de nitrates aisément dans la fourchette 4 à 8 mg/l.

Ce procédé comprendra les ouvrages suivants :

↳ Schéma du procédé d'oxydation alternée

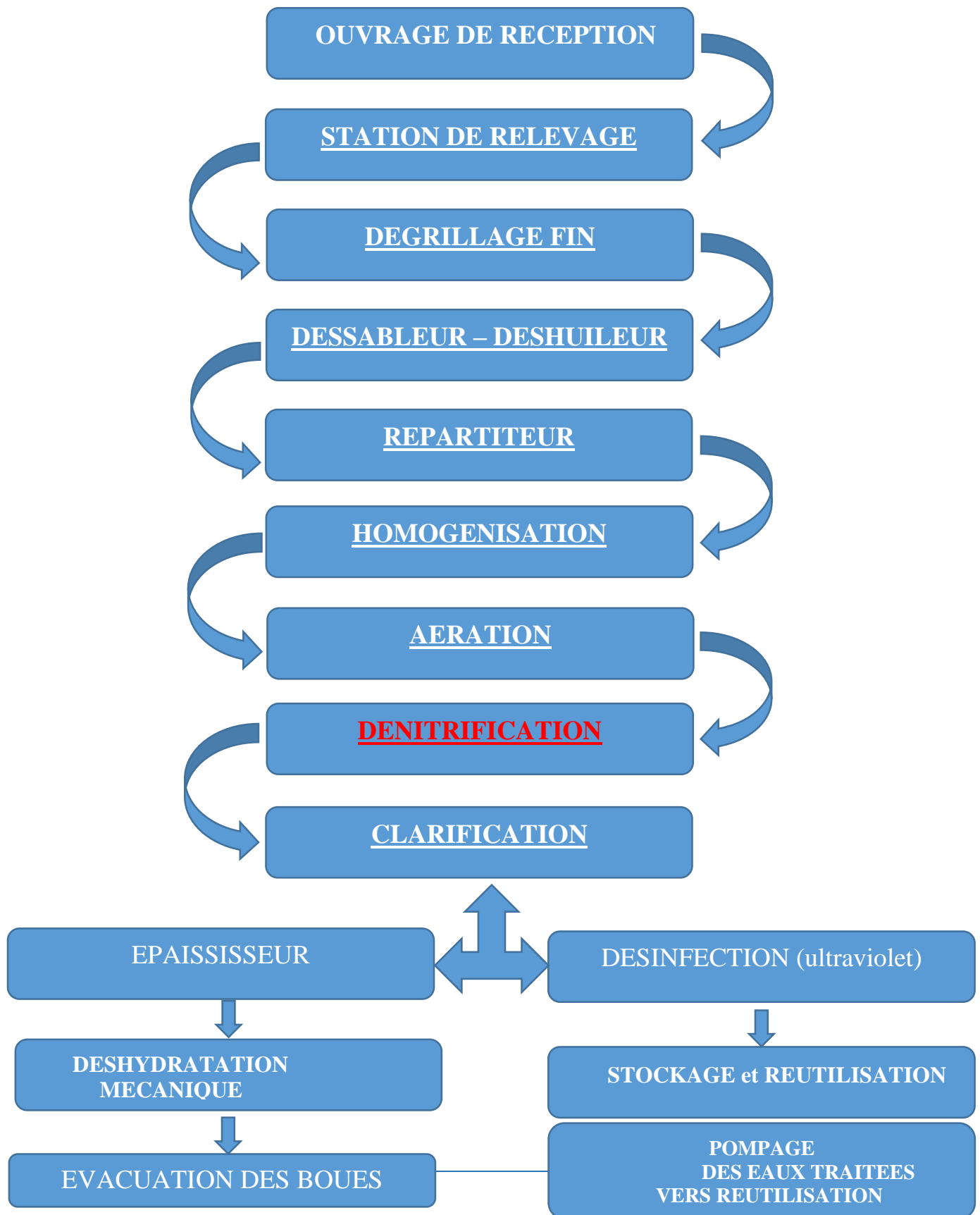


Figure IV .1 : schéma de procédé d'oxydation alternée

↳ Traitement des Eaux :

- . Ouvrage de Réception et By-pass
- . Dégrillage Grossier
- . Poste de relevage des eaux usées
- . Dégrillage Fin
- . Dessablage – Déshuilage

Le système d'épuration à oxydation alternée se compose d'un ouvrage compartimenté comprenant les bassins suivants :

1. Bassin Sélecteur d'homogénéisation
2. Bassins d'Aération 1^{er} Étage (Nitrification)
3. Bassins d'Aération 2eme Étage (Dénitrification)
4. Bassins Clarificateurs (recyclage des boues)
5. Digestion aérobie des boues

- Canal de Désinfection aux UV
- Canal de comptage des eaux épurées
- Evacuation gravitaire vers exutoire voisin

↳ Traitement des Boues :

- . Epaisseur
- . Déshydratation Mécanique
- . Evacuations des boues sèches vers la décharge

IV.4.2. Rendements Epuratoires :

Le traitement proposé pour la station de Ain Bassam utilisera un procédé de traitement à Oxydation Alternée .pour obtenir les rendements épuratoires suivants :

$$\text{DBO5} : (360 - 15) / 360 = 95 \%$$

$$\text{DCO} : (533 - 80) / 533 = 85 \%$$

$$\text{NH4} : (67 - 02) / 67 = 97 \%$$

$$\text{MES} : (467 - 20) / 467 = 95 \%$$

Les débits moyens d'eaux usées à traiter sont projetés dans le temps comme suit :

Année 2054 : 8945 m³/jour

Les ouvrages de traitement biologiques sont dimensionnés pour les besoins de l'horizon 2054.

L'alimentation des installations de prétraitement mécanique se fera via la station de relevage.

IV.4.3 Dimensionnement des ouvrages de traitement de l'eau:

IV.4.3.1 Ouvrages de prétraitement mécanique

IV.4.3.1.1 Ouvrages de Réception et de by-pass

Les eaux usées brutes sont réceptionnées dans deux (2) ouvrages de réception alimentés l'un par le collecteur principal en provenance de Ain Bessam, l'autre par le collecteur principal en provenance de Ain El Aloui. Chaque ouvrage est conçu pour :

- Permettre un détournement vers le by-pass de tous les débits supérieurs aux débits de conception (respectivement 953 m³/h et 165 m³/h) pendant la pointe d'orage
- Permettre la déposition de cailloux et de sables entraînés pendant l'orage en amont de la station de relevage pour limiter l'abrasion des pompes immergées
- Permettre le détournement de toutes les eaux brutes en cas d'arrêt de la station de traitement, par la fermeture de la vanne d'isolement de la station

Les fosses à batards sont dimensionnées comme suit :

a- Au bout du collecteur de Ain Bessam**Tableau IV11** :les dimensions des fosses à batards au bout du collecteur d'Ain Bessam

Désignation	Unité	Valeurs
Surface de la Fosse à batards (2,5 x 2)	m ²	5
Hauteur d'eau	m	2
Volume d'eau	m ³	10
Débit de conception maximum	m ³ /h	953
Temps de séjour minimum	S	38>30
Charge superficielle maximale	m ³ /m ² .h	190<200

Une encoche de surverse de 0,4 m² (2m x 0,2m) permettra l'évacuation gravitaire via le by-pass de plus de 1000 m³/h en cas de fermeture de la vanne d'isolement manuel installée en aval de la fosse dans un canal rectangulaire de section utile 0,5 m² (0,5m x 1m de haut) supérieure à 0,33 m², minimum requis pour un écoulement gravitaire sans perte de charge vers le poste de dégrillage grossier en aval.

La lame déversante sera ajustée en hauteur de façon à permettre l'écrêtement des débits supérieurs à 953 m³/h

Un collecteur de by-pass général de DN 600 sera installé pour évacuer les eaux détournées

b- Au bout du collecteur d'Ain El Aloui**Tableau IV.12** : les dimensions des fosses à batards au bout du collecteur d'Ain El Aloui

Désignation	Unité	Valeurs
Surface de la Fosse à batards (2 x 1)	m ²	2
Hauteur d'eau	m	1,5
Volume d'eau	m ³	3
Débit de conception maximum	m ³ /h	165
Temps de séjour minimum	S	65>30
Charge superficielle maximale	m ³ /m ² .h	82<200

Une encoche de surverse de 0,1 m² (1m x 0,1m) permettra l'évacuation gravitaire via le by-pass de plus de 200 m³/h en cas de fermeture de la vanne d'isolement manuel installée en aval de la

fosse dans un canal rectangulaire de section utile $0,2 \text{ m}^2$ ($0,4\text{m} \times 0,5\text{m}$ de haut) supérieure à $0,1 \text{ m}^2$, minimum requis pour un écoulement gravitaire sans perte de charge vers le poste de dégrillage grossier en aval.

La lame déversante sera ajustée en hauteur de façon à permettre l'écèlement des débits supérieurs à $165 \text{ m}^3/\text{h}$

Un collecteur de by-pass général de DN 300 sera installé pour évacuer les eaux détournées

IV.4.3.1.2 Dégrillage Grossier

Etant donné :

Espacement entre les barreaux ($e = 40 \text{ mm}$)

Epaisseur des barreaux ($d = 20 \text{ mm}$)

La surface immergée de la grille est estimée par :

$S = Q_{\max} / V \times a \times C$ (IV.1)

V : Vitesse de passage de l'eau brute à travers les grilles : $0,6 \text{ m/s}$

a : Coefficient de la section libre :

a = Espacement entre les barreaux / Largeur totale de la grille

$a = d / (d+e) = 20 / 20 + 40 = 0,33$

C : Coefficient de colmatage, pour une grille nettoyée régulièrement : $C = 0,3$

$V \times a \times C = 0,6 \times 0,33 \times 0,3 = 0,06 \text{ m/s}$

D'où pour le poste de AIN BESSAM:

Avec :

Q_{\max} : Débit de pointe en temps sec = $530 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 = 0,147 \text{ m}^3/\text{s}$

$S = 0,147 / 0,06 = 2,45 \text{ m}^2$

En utilisant **deux (2) grilles identiques en parallèle**, la surface unitaire immergée sera donc de

$$S_u = 2,45 \text{ m}^2$$

Les dimensions de chaque grille sont

- ❖ Surface = 2,45 m²
- ❖ Largeur = 1 m
- ❖ hauteur immergée = 2,45 m

Les pertes de charge à travers la grille se calculent par la formule de Kirschner

$$\Delta H = \beta (d / e)^{4/3} (V^2 / 2g) \sin \alpha \quad \text{.(IV.2)}$$

$$\Delta H = 1,79 * (0,5)^{4/3} / (0,6 / 2g) * \sin(60)$$

β : Facteur de forme : 2,42

d : Epaisseur des barreaux : 0,020 m

e : Espacement barreaux : 0,04 m

V : Vitesse amont : 0,6 m/s

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale : 60°

$$\Delta H = 0,014 \text{ m}$$

Le refus annuel de la grille :

$$V_{R1} = 12/e = 12/4 = 3 \text{ l/EH.an} \quad \text{pour } 50\,835 \text{ EH : } V_{R1'} = 152 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$V_{R'2} = 15/e = 15/4 = 3,75 \text{ l/EH.an} \quad \text{pour } 50\,835 \text{ EH : } V_{R2} = 190 \text{ m}^3/\text{an}$$

Avec :

e : espacements des barreaux en cm

Le refus annuel de la grille varie de 152 à 190 m³/an

Soit un volume moyen de 170 m³/an (3,2 m³/semaine)

Deux batardeaux en Aluminium isoleront en amont et en aval chacune des 2 grilles. Les grilles et châssis seront en inox 316 L. Leur fonctionnement automatique sera commande par horloge électrique et/ou par indication de perte de charge. Les déchets recueillis par chaque grille seront évacués par une bande transporteuse vers une benne de 3 m³

D'où pour le poste de AIN EL ALOUI:

Avec :

Q_{\max} : Débit de pointe en temps sec = $122 \text{ m}^3/\text{h}/3600 = 0,034 \text{ m}^3/\text{s}$

$$S = 0,034/0,06 = 0,57 \text{ m}^2$$

En utilisant **deux (2) grilles identiques en parallèle**, la surface unitaire immergée sera donc de

$$S_u = 0,57 \text{ m}^2$$

Les dimensions de chaque grille sont :

- ❖ Surface = 0,57 m²
- ❖ Largeur = 0,57 m
- ❖ hauteur immergée = 1 m

Les pertes de charge à travers la grille se calculent par la formule de Kirschner

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

β : Facteur de forme : 2,42

s : Epaisseur des barreaux : 0,020 m

b : Espacement barreaux : 0,04 m

V : Vitesse amont : 0,6 m/s

α : Angle d'inclinaison de la grille par rapport à l'horizontale : 60°

$$\Delta H = 0,014 \text{ m}$$

Le refus annuel de la grille :

$$V_{R1} = 12/e = 12/4 = 3 \text{ l/EH.an} \quad \text{pour } 8\,797 \text{ EH : } V_{R1'} = 26 \text{ m}^3/\text{an}$$

$$V_{R2} = 15/e = 15/4 = 3,75 \text{ l/EH.an} \quad \text{pour } 8\,797 \text{ EH : } V_{R2} = 33 \text{ m}^3/\text{an}$$

Avec :

e : espacements des barreaux en cm

Le refus annuel de la grille varie de 26 à 33 m³/an

Soit un volume moyen de 30 m³/an (2,5 m³/mois)

Deux batardeaux en Aluminium isoleront en amont et en aval chacune des 2 grilles. Les grilles et châssis seront en inox 316 L. Leur fonctionnement automatique sera commandé par horloge électrique et/ou par indication de perte de charge. Les déchets recueillis par chaque grille seront évacués par une bande transporteuse vers une benne de 3 m³

IV.4.3.1.3 Dégrillage fin commun aux deux réseaux

Etant donné :

$$Q_{\max} = 652 \text{ m}^3/\text{h} = 0,18 \text{ m}^3/\text{s} \quad V \text{ a travers de la grille} = 0,8 \text{ m/s}$$

$$\text{Espacement entre barreaux (e = 6 mm)} \quad \text{Epaisseur des barreaux (d = 5 mm)}$$

$$a = d / (d+e) = 5/5+6 = 0,45$$

$$\text{Coefficient de la section libre } a = 0,45 \quad \text{Coefficient de colmatage } C = 0,3$$

$$\text{D'où :} \quad V \times a \times C = 0,8 \times 0,45 \times 0,3 = 0,108$$

$$S = Q_{\max} / 0,132 = 0,18/0,108 = 1,66 \text{ m}^2$$

$$S = 1,66 \text{ m}^2$$

Deux (2) grilles identiques seront installées en parallèle, chacune ayant les dimensions unitaires suivantes :

- Surface immergée = 1,66 m²
- Largeur du canal = 1,0 m
- Hauteur immergée = 1,66 m

- Profondeur du canal = 1,80 m

Les pertes de charge à travers la grille propre seront de :

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

$$\Delta H = 0,144 \text{ m}$$

L'évolution du niveau d'eau en amont des grilles en cas de colmatage partiel des deux (2) grilles sera comme suit :

En cas de colmatage persistant ou non résolu, le niveau d'eau en amont des grilles atteindra le niveau haut d'une lame déversante qui permettra l'évacuation du trop-plein vers une canalisation de by-pass secondaire qui se déverse dans la canalisation d'évacuation des effluents épurés vers l'Oued voisin

Une alarme de « Très haut niveau » est déclenchée pour alerter l'opérateur qui peut choisir de mettre en service les variateurs de vitesse des pompes de relevage pour

Diminuer le débit relevé. Le point de consigne de cette alarme sera au-dessus du niveau d'eau correspondant à un colmatage à 70% des deux grilles

Le refus annuel de la grille varie de 1192 à 1490 m³/an, avec un volume moyen de 1340 m³/an, Soit **une moyenne de 3,67 m³ de refus à évacuer par jour en 2036**

Les déchets recueillis lors du dégrillage sont égouttés, repris et acheminés par une vis compacteuse vers l'embouchure d'alimentation d'une vis de contre pression qui essore, déchiquette et transporte les déchets essorés vers l'une des deux bennes de stockage de 3 m³ chacune. Un museau de décharge pivotant manuellement permettra d'alterner entre les deux bennes

Cette vis à contre pression permet :

- De réduire le volume des déchets de 80%
- De réduire le poids des déchets de 70%
- De réduire la teneur en eau des déchets à 30%

Les déchets ainsi obtenus sont aisément manipulables et se prêtent bien à l'ensachage.

Deux batardeaux en Aluminium ou en 316 L SS isoleront chacune des deux grilles. Les grilles et châssis seront en inox 316 L.

Le fonctionnement des grilles fines sera commandé par horloge électrique et/ou indicatrice de perte de charge. Un dispositif d'alarme et de régulation du pompage de tête en cas de colmatage sévère du dégrillage est prévu.

IV.4.3.1.4 Dessableur-déshuileur

Etant donné :

- Une vitesse ascensionnelle de 25 m³/h/m².
- Un temps de séjour de 6 min
- Q_{max} = 1118 m³/h = 18,6 m³/min

Volume du canal :

$V = Q_{max} \times t_s$ (IV.3)

$V = 18,6 \times 6$

$V = 112 \text{ m}^3$

Surface du canal : $S = Q_{max} / V_{asc} = 1118/25$

$S = 44,7 \text{ m}^2$

La hauteur d'eau : $H = V_{asc} \times t_s = 25 \times 6 / 60$

$H = 2,5 \text{ m}$

Nous adopterons deux (02) dessableur-déshuileur longitudinaux de surface unitaire 22,4m².

$S=L \times l$

On prend $L=2 \times l$ donc $S=2l^2$ $l = \sqrt{S/2} = \sqrt{22,4/2} = 3,4\text{m}$

$L=6,6\text{m}$

Longueur : $L = 6,6 \text{ m}$

Largeur : $l = 3,4 \text{ m}$ $H = 2,5 \text{ m}$

Les deux (2) lignes de dessablage-déshuilage **se déversent en bout de course dans un canal commun ou se fera l'écrtage des débits supérieurs à 652 m³/h** et leurs évacuation au-dessus d'une lame déversante ajustable vers le by-pass secondaire

Le sable accumulé au fond de chaque déssableur est extrait par une pompe râclante du type Air-lift, supportée par un pont baladeur dont le mouvement de va-et-vient est contrôlé par un rythmeur. Le sable aspiré est envoyé pour traitement sur un classificateur-laveur de sable avant d'être évacué sur une des 2 bennes de stockage de 3 m³ chacune

L'air d'aération sera fourni par une paire de Surpresseurs et acheminé par tuyauterie en PVC vers des diffuseurs à bulles grossières immergés au fond des Déssableur.

Les huiles et graisses flottent en surface vers la zone tranquillisée ou elles sont dirigées vers la fosse à graisse en tête de chenal par un courant de surface induit par racleurs ou par des jets hydrauliques (Air, eau ou combinaison des deux) montés en surface le long du chenal. Une vis extracteurs montée en haut de la fosse a graisse acheminera périodiquement les graisses et flottants vers une bache de stockage ou vers la citerne d'évacuation des graisses (3 m³).

- **Calcul des quantités de matières retenues par le dessableur-déshuileur**

Les MES contiennent 20% de MM (Matière minérale) et 80% de MVS

(Matière Volatile en Suspension)

$$\text{MES} = 4174 \text{ kg/j}$$

La quantité des MVS

$$\text{MVS} = 0,80 * \text{MES} \dots\dots\dots [\text{kg/j}]$$

$$\text{MVS} = 0.80 * 4174 = 3339,2 \text{ kg/j}$$

La quantité des MM

$$\text{MM} = 0,20 * \text{MES} \dots\dots\dots [\text{kg/j}]$$

$$\text{MM} = 0.20 * 4174 = 834,8 \text{ kg/j}$$

La quantité des MM éliminées par le dessableur-déshuileur

Le dessableur permet d'éliminer 80% de matières minérales totales

$$MM_e = 0.80 * MM \dots\dots\dots [kg/j]$$

$$MM_e = 0,80 * 834,8 = 667,84 \text{ kg/j}$$

La quantité des MM restantes

$$MM_r = MM - MM_e \dots\dots\dots [kg/j]$$

$$MM_r = 834,8 - 667,84 = 166,96 \text{ kg/j}$$

La quantité de MES sortant du dessableur-déshuileur

$$MES_s = MM_r + MVS \dots\dots\dots [kg/j]$$

$$MES_s = 166,96 + 3339,2 = 3506,2 \text{ Kg/j}$$

- **Besoins en air**

L'aération nécessaire pour maintenir les matières grasses en suspension peut se faire par insufflation d'air par diffuseurs d'air à bulles grossières

Elle est estimée à 1,5 Nm³ d'air/h/m³ d'ouvrage.

V : volume du dessableur- déshuileur : **112 m³**

$$Q_{air} = V \times D$$

- Q_{air} est le débit d'air nécessaire (en Nm³/h),
- V est le volume de l'ouvrage (en m³),
- D est le débit spécifique d'air par m³ d'ouvrage (en Nm³/h/m³).

$$\text{Soit : } 112 \text{ m}^3 \times 1,50 = 168 \text{ Nm}^3 \text{ d'air/h}$$

pour intégrer l'azote dans ce contexte, il est important de comprendre que l'air insufflé est composé principalement d'azote (~78%) et d'oxygène (~21%).

Débit d'azote :

$$Q_{azote} = Q_{air} \times 0.78 = 168 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.78 = 131.04 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Débit d'oxygène :

$$\text{Oxygène} = Q_{\text{air}} \times 0.21 = 168 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.21 = 35.96 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

Bilan des volumes :

- **Volume d'air total** : 168 Nm³/h
- **Volume d'azote** : 131,04 Nm³/h
- **Volume d'oxygène** : 35,96 Nm³/h

L'insufflation de 168 Nm³ d'air par heure dans le dessableur-déshuileur apportera donc **131,04 Nm³/h d'azote** et **35,28 Nm³/h d'oxygène**.

Nous aurons aussi besoin de 2,5 Nm³ /m³ d'eau pompée pour l'air - lift des sables.

On compte 10g/EH/j de sable et pour 59632 EH nous aurons 596 kg/j

La concentration du sable au fond est de l'ordre de 100 kg/m³.

Le volume à pomper sera par conséquent de :

$$596 \text{ kg/j} / 100 \text{ kg/m}^3 = 5,96 \text{ m}^3/\text{j}.$$

La durée de pompage est choisie à 2,5 min/heure.

Le débit devra être alors de : **5,96 x 2,5/60 = 0,25 m³/h.**

Les besoins d'aération seront pour cela :

$$2,5 \text{ Nm}^3 / \text{m}^3 \text{ d'eau pompée} \times 0,25 \text{ m}^3/\text{h} = \mathbf{0,62 \text{ Nm}^3/\text{h}}.$$

Soit au total un besoin en air sur pressé égal à :

$$\mathbf{0,62 + 168 = 170 \text{ Nm}^3/\text{h}}$$

Ceci correspondra à un Surpresseurs de débit max 200 m³/h à 5 PSIG,

Deux (1+1) Surpresseurs seront installés à cet effet auprès des dessaleurs

IV.4.3.2. Ouvrages de traitement biologiques

Le système d'épuration biologique des eaux usées par oxydation alternée est composé d'un bassin compartimenté défini comme étant un train, constitué des bassins suivants

1. Bassin Sélecteur d'homogénéisation
2. Bassins d'Aération 1^{er} Étage (Nitrification)
3. Bassins d'Aération 2^{eme} Étage (Dénitrification)
4. Bassins Clarificateur (recyclage des boues)
5. Bassins de digestion aérobie des boues

Le train proposé est conçu pour traiter les 8945 m³/j d'eaux usées projetées à l'horizon 2036.

Le dimensionnement des ouvrages qui composent ce train sera comme suit :

IV.4.3.2.1. Bassin sélecteur d'homogénéisation :

Cet ouvrage est conçu pour homogénéiser le mélange d'eau usée dessablée et déshuilée avec la biomasse recyclée du fond du bassin clarificateur. Ce bassin rectangulaire étroit offre un temps de séjour avoisinant 50 minutes pour le débit d'eau usée nominal. Ce débit étant égal à 373 m³/h (8945/24), le bassin contiendra un volume d'eaux égales ou légèrement > 300 m³

Avec pour dimensions : $V=Q \cdot t_s$, $V=6,22 \cdot 50 = 311 \text{ m}^3$

On prend $H=5\text{m}$, $S=V/H = 311/5 = 62,2 \text{ m}^2$

On a $S=L \cdot l$ on prend $L=2l$ donc $l=5,4\text{m}$ $L=11,7\text{m}$

Et un niveau d'eau de 4,90 m, le volume d'eau normal du Bassin Sélecteur sera de :

$11,7 \times 5,4 \times 4,90 = 310 \text{ m}^3$, soit un temps de séjour moyen de 50 minutes

L'homogénéisation s'effectuera à l'aide d'insufflation d'air par le biais de diffuseurs d'air à bulles grossières. Le débit d'air d'agitation sera autour de 10 Nm³/minute pour 1000 m³ de volume agité.

Huit (08) diffuseurs d'air rétractables seront distribués sur l'une des parois longitudinales du bassin sélecteur

Au bout du bassin, la liqueur mixte ainsi homogénéisée sera scindée en deux débits égaux et dirigés vers les deux bassins d'Aération de 1^{er} étage par le biais de deux déversoirs rectangulaires munis chacun d'une vanne murale d'isolement.

IV.4.3.2.2. Bassins d'Aération (1^{er} et 2^{ème} Étages) :

Pour une Station d'épuration conçue pour effectuer une dénitrification poussée (réduction de l'azote total à moins de 15 mg/l pour l'irrigation ou la recharge des nappes) le critère de

dimensionnement des bassins d'aération limite la masse organique journalière (DBO/jour) à moins de 10 kg/27,7 m³ de volume aéré soit 0,36 Kg/m³ de volume aérée.

Avec une charge organique projetée de 3220 kg de DBO₅/jour, le volume aéré doit être de :

$$V = 3220 / 0,36 = 8\ 944\ m^3$$

Ces ouvrages rectangulaires sont arrangés en deux (2) circuits de deux (2) étages chacun avec des temps de séjour par étage généralement égaux et supérieurs à 12 h, soit :

- **Les débits**

Le débit journalier $Q_j = 8945\ m^3/j$

Le débit moyenne horaire $Q_{moyh} = 373\ m^3/h$

- **Les charges**

Charge massique : la charge massique c_m varie de 0,1 à 0,8(kgDBO₅/kgMES/j)

Charge volumique : c_v varie de 0,8 à 1,8 (kgDBO₅ / kgMES/j)

On prend les valeurs suivantes **faible charge**

$C_m = 0,25$ (kgDBO₅ / kgMES/j)

$C_v = 0,7$ (kgDBO₅ / kgMES/j)

A. Volume de bassin (v)

$$V = 8\ 944\ m^3$$

B. Surface horizontale

Hauteur : entre 3 et 5m soit $H = 5m$

($n = 4$) nombre de bassin d'aération

$$S = V/n * H \dots\dots\dots (m^2) \qquad S = 8\ 944/4 * 5 = 447,2m^2$$

C. Largeur et longueur du bassin

$$S = L * l = 2 * l = 2 * l^2 \qquad l = \sqrt{S/2} \dots\dots\dots (m)$$

$$l = 14,95m \quad \text{et} \quad L = 29,92m$$

Volume total minimum requis : 8 944 m³

Volume par Circuit d'Aération : $8\,944 / 2 = 4\,472\text{ m}^3$

Volume d'eau dans le 1^{er} Étage : $2236\text{ m}^3 = (14,95\text{ m} \times 29,92\text{ m} \times 5\text{ m})$

Volume d'eau dans 2^{ème} Étage : $2236\text{ m}^3 = (14,95\text{ m} \times 29,92\text{ m} \times 5\text{ m})$

Volume Total Installe /Circuit : 4472m^3

D .Temps de séjour

$$ts = V / Q_{moyh}$$

Pour les Bassins du 1^{er} Étage d'Aération : $2236 \times 2\text{ m}^3 / 373\text{ m}^3/\text{h} = 12\text{ h}$

Pour les Bassins du 2^{ème} Étage d'Aération : $2236 \times 2\text{ m}^3 / 373\text{ m}^3/\text{h} = 12\text{ h}$

Nombre de bassins de 1^{er} Étage : 2

Forme :	Rectangulaire
Dimensions :	29,92 m x 14,95 m = 447 ,2m² chacun
Profondeur :	5 m
Niveau d'eau :	4,90 m
Temps de séjour nominal :	12 h

Les bassins d'aération du 1^{er} étage sont continuellement aérés chacun à l'aide de 48 diffuseurs d'air coulissants à fines bulles qui amènent l'oxygène nécessaire à la réduction de la DBO et à la transformation de l'Azote Ammoniacal en Nitrates.

Nombre de bassins de 2^{ème} Étage : 2

Forme :	Rectangulaire
Dimensions :	29,92 m x 14,95 m = 447 ,6m² chacun
Profondeur :	5 m
Niveau d'Eau :	4,90 m
Temps de séjour nominal :	12 h

E. La masse de boues dans B.A (Xa)

$$Xa = L0' / Cm \dots\dots\dots (kg/j) \tag{IV.4}$$

$Xa = 3220 / 0,5 = 6440 kg/j$

F. Concentration de boues dans le bassin

$$[Xa] = Xa / V \dots\dots\dots (kg/m^3) \tag{IV.5}$$

$[Xa] = 6440 / 8944 = 0,72 kg/m^3$

- o La charge en DBO5 à l'entrée du B.A

$L0' = Ls = 3220 kg/j$

- o La charge en DBO5 à la sortie du B.A (LS)

La concentration (Ss) à la sortie doit répondre aux normes de rejet, qu'est fixée à 15 mg/L de DBO5.

$Ls' = Ss * Qj \dots\dots\dots [kgDBO5/j]$

$Ls' = 15 * 10^{-3} * 8945 = 134,175 kgDBO5/j$

- o La charge en DBO5 éliminée Le

$Le = L0' - Ls' \dots\dots\dots [kgDBO5/j]$

$Le = 3220 - 134,175 = 3085,825 kgDBO5/j$

- o Rendement recherché R

$$R = (L0' - Ls') / L0' \dots\dots\dots (%) \tag{IV.6}$$

$R = 3085,825 / 3220 = 0,96 \Rightarrow R = 96%$

- o Les charges DCO, NH4 et NO3

$Ls' = 80 * 10^{-3} * 8945 = 715,6 kgDCO/j$

$Ls' = 2 * 10^{-3} * 8945 = 17,89 kgNH4/j$

$Ls' = 8 * 10^{-3} * 8945 = 71,56 kgNO3/j$

- o Besoins en oxygène

A. Besoins théoriques en O2

$$qO2 = a' * Le + b' * Xa \dots\dots\dots (kgO2/j) \tag{IV.7}$$

- a' : Coefficient déterminant la fraction d'O2 consommée $a' = 0,5 * Cm^{-0,12} = 0,54$
- b' : Coefficient cinétique de respiration en d'O2 $a' = 0,13 * Cm^{0,16} = 0,12$

- Le : La charge en DBO5 éliminée (Kg/J)
- Xa : quantité de MVS présente par jour (kg) dans le bassin

$$qO2 = 0,54 * 3085,825 + 0,12 * 3339,2 = 2067,05 \text{ KgO2/j}$$

B. Quantité horaire d'O2 nécessaire

$$qh = qO2/24 \dots\dots\dots (\text{KgO2/h})$$

$$qh = 2067,05 / 24 = 86,13 \text{ KgO2/h}$$

C. Quantité d'O2 nécessaire pour 1 m3 du bassin

$$Qb = QO2/V \dots\dots\dots (\text{KgO2/j/m3})$$

$$qb = 2067,05 / 8944 = 0,23 \text{ KgO2/j/m3}$$

Chacun des deux bassins d'aération du 2ème étage est aéré toutes les deux heures pendant deux heures à l'aide de 56 diffuseurs d'air coulissants a grosses bulles. L'alternance est assurée par une vanne de contrôle pneumatique.

Pendant la période d'arrêt de l'aération, la biomasse se dépose et sa partie inférieure devient anoxique, ce qui permet aux Nitrobactéries de transformer les nitrates en Azote qui est relâché dans l'atmosphère.

Les bassins du 1er et 2eme étage communiquent entre eux par le biais d'une lucarne submergée.

$$\text{Air par diffuseurs} = \text{Air total} / \text{Nbr de diffuseurs}$$

$$\text{Diffuseurs par mètre linéaire} = \text{Nbr de diffuseurs} / \text{Linéaire des parois}$$

○ **Bilan des boues**

A. Calcul de la quantité des boues excès

$$\Delta X = X_{min} + X_{dur} + a_m * Le - b * Xa - X_{eff} \dots\dots\dots (\text{kg/j}) \tag{IV.8}$$

- X_{min} : boues minérales (20% de MES sortie de dégrillage).
- X_{dur} : boues difficilement biodégradables (20% de MVS)
- a_m : (0,55) coefficient de rendement cellulaire
- Le : quantité de DBO5 éliminée (kg/j)
- b : fraction de la masse cellulaire éliminée par jour $b = (b' / 1,44)$
- b' : coefficient cinétique = 0,09
- $b = 0,06$
- Xa : masse totale de MVS dans le bassin (kg)

➤ X_{eff} : 3% de MVS dans le bassin (kg)

$$X_{min} = 20\% * MESS = 20\% * 3506,2 = 701,24 \text{ kg/j}$$

$$X_{dur} = 20\% * MVS = 20\% * 3339,2 = 667,84 \text{ kg/j}$$

$$X_{eff} = 3\% * MESS = 3\% * 3506,2 = 105,186 \text{ kg/j}$$

$$\Delta X = 2574,7 = \text{kg/j}$$

B. Concentration de boues en excès

$$X_m = 1200 / I_m \dots\dots\dots (\text{kg/m}^3)$$

$$C_m = 0,5 ; I_m = 233,33$$

$$X_m = (1200 / 233,33) = 5,14 \text{ kg/m}^3$$

C. Le débit de boues en excès

$$Q_{excès} = \Delta X / X_m \dots\dots\dots (\text{m}^3/\text{j})$$

$$Q_{excès} = 2574,7 / 5,14 = 500 \text{ m}^3/\text{j}$$

D. Le débit spécifique par m3 du bassin

$$Q_{sp} = \Delta X / V \dots\dots\dots (\text{kg/j/m}^3)$$

$$Q_{excès} = 2574,7 / 8944 = 0,29 \text{ kg/j/m}^3$$

E. Le taux de recyclage

$$R = 100[X_a] / (1200 / I_m) - [X_a] \dots\dots\dots (\%) \tag{IV.9}$$

$$R = (100 * 0,742) / (5,14 - 0,742) = 16,4\%$$

F. Le débit des boues recyclées

$$Q_r = R * Q_j \dots\dots\dots (\text{m}^3/\text{j}) \tag{IV.10}$$

$$Q_r = 0,164 * 8945 = 1466,98 \text{ m}^3/\text{j}$$

G. Age des boues

$$A_b = [MES]_{BA} \cdot V_{BA} / [MES]_E \cdot Q_E \dots\dots\dots (\text{j}) \tag{IV.11}$$

$$A_b = (3506,2 * 2236) / (500 * 701,24) = 24,9 \text{ j}$$

Tous les matériaux immergés sont protégés contre la corrosion et sont une combinaison de PVC (PN 10), FRP et Inox 304

Tous les matériaux immergés sont protégés contre la corrosion et sont une combinaison de PVC (PN 10), FRP et Inox 304

Une sonde d'oxygène dissout (4 au total) sera installée dans chaque bassin d'aération pour maintenir un niveau d'oxygène dissout d'au moins 1 mg/l en condition moyenne et d'au moins 0,5 mg/l en condition de pointe.

Ces sondes contrôleront les variateurs de vitesse des Surpresseurs qui fournissent l'air d'aération

Les effluents seront acheminés gravitairement des bassins d'aération du 2ème étage vers les bassins clarificateurs adjacents par une série de tuyaux distributeurs de DN 200 munis de grilles circulaires de rejets des flottants à leur embouchure

Pour assurer une distribution uniforme de la liqueur mixte au dessus de toute la surface des bassins clarificateurs, un tuyau distributeur sera installé tous les 3 mètres linéaire le long de la paroi commune.

IV.4.3.2.3. Bassins de Clarification :

Ces ouvrages rectangulaires complètement quiescents, d'où les boues décantées gravitairement au fond sont soutirées par aspiration air-lift et recyclées à 100% vers le bassin sélecteur, doivent fournir un taux de déversement superficiel assez conservateur pour assurer une très bonne séparation solide- liquide et permettre à l'effluent de contenir moins de 20 mg/l de matière en suspension entraînée.

Le taux de déversement est généralement choisi entre 12 et 16 m³/jour/m². Nous avons choisi un taux de 14 m³/jour/m².

La surface de Clarification minimum nécessaire pour un débit nominal de 8945 m³/j est égale à $S = 8945 / 14 = 639 \text{ m}^2$.

En utilisant des modules de clarifications de 48 m² chacun nous devons en installer au moins $639 / 48 = 14$ modules repartis sur deux (2) bassins clarificateurs de $48 \times 7 = 336 \text{ m}^2$ de superficie minimale chacun.

Pour des raisons de configuration sur le terrain, chaque bassin clarificateur est situé en aval d'un des deux bassins du 2^{ème} étage, avec un mur mitoyen de 47 m de long avec ce dernier.

Cela nous laisse une largeur de : $336 \text{ m}^2 / 47 \text{ m} = 7,2 \text{ m}$ minimum.

La profondeur d'eau reste identique à celle du bassin d'aération de 2^{ème} étage qui alimente le Clarificateur, c'est-à-dire 4,90 m.

$$V=343*4,90=1680\text{m}^3$$

Nombre de Bassins Clarificateurs : 2

Forme : Rectangulaire

Dimensions : 47m x 7,30 m = 343 m² chacun

Profondeur : 5,50 m

Niveau d'Eau : 4,90 m

Volume d'eau : 1 680 m³ chacun

Le fond de ces bassins en béton arme contient des formes pyramidales qui servent à diriger les boues décantées vers les capots d'évacuation hydraulique des boues. Ces boues aspirées par air lift sont déversées dans un canal en acier inoxydable situé sous la passerelle du Module de Clarification et recyclées vers le bassin Sélecteur

L'équipement de chaque Clarificateur est constitué d'éléments en forme de capots perforés en fibre de verre renforcée, de conduites d'amenée des eaux et d'évacuation des boues en PVC, de conduites de soutirage des effluents épures et d'un système de contrôle du débit sortant en acier inoxydable ainsi que de passerelles de maintenance avec garde-fous en Aluminium. Une vanne pneumatique (DN 50) à double détente actionnera l'admission minuté d'air comprimé pour l'aspiration des boues par effet air lift.

Tableau IV .13 : conditions de fonctionnement de clarificateur

Paramètres	Débit Moyen	Débit de Pointe
Débit Max admis	373 m ³ /h	652 m ³ /h
Nombre de Clarificateurs	2	2
Modules d'aspiration (boues)	14	14
Vitesse ascensionnelle max	0,56 m/h	0,98 m/h
Vitesse au déversoir max	2 m ³ /m/h	3,5 m ³ /m/h
Charge massique max	3,8 kg MS/m ² .h	6,7 kg MS/m ² .h
Temps de séjours minimum	9 h	5,2 h

En période de pointe par temps sec, le bassin de traitement biologique aura une capacité de stockage des débits supplémentaires telle que la vitesse ascensionnelle restera constamment en dessous de 1,0 m/h pendant une période de durée minimum de 5 h

Les effluents épurés seront soutirés par une série de tuyauterie perforée situées 30 cm en dessous de la surface du miroir. Cette tuyauterie sera fabriquée en inox enrobé de cuivre pour décourager la formation d'algues sur sa surface. Chaque paire de tuyau alimentera un boîtier de sortie des effluents équipé de deux points de surverse décales de façon à établir le niveau d'eau minimum et le niveau d'eau maximum dans le bassin de traitement biologique. Chaque boîtier sera fabriqué en acier inox 304 L et évacuera gravitairement une fraction des effluents épurés vers la désinfection

Des écumoires flottant en surface évacueront les débris de surface vers le canal de recyclage des boues

Les boues décantées au fond des clarificateurs seront évacuées vers le canal de recyclage par le biais de capots segmentés et perforés à la base. L'aspiration sera amorcée par air lift séquentiel.

L'alternance « amorce-temps d'arrêt-amorce » sera contrôlée par le biais de vannes pneumatiques activées à partir de l'armoire de contrôle pneumatique centrale

➤ Filtration sur sable ou membranes :

On a installé une étape de filtration pour enlever les fines particules résiduelles. Une filtration sur sable ou l'utilisation de membranes micro-filtrantes peut considérablement réduire la concentration de MES,

On a le débit horaire d'effluent traité : $652 \text{ m}^3/\text{h}$

Le Débit unitaire de filtration : $10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Surface de filtration : $S = Q_{\text{eau traité}} / Q_{\text{unitaire}}$

$S = 652/10 = 65,2 \text{ m}^2$ $H = 1 \text{ m}$ $V = 65,2 \text{ m}^3$

On a la concentration MES à l'entrée de filtre à sable est : 329 mg/l

On l'efficacité de filtre à sable est de 95%

$$\text{MES sortantes} = 392 \text{ mg/L} \times (0,05) = 19,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{MES éliminée} = 392 - 19,6 = 372,4 \text{ mg/l}$$

IV.4.3.2.4. Dimensionnement du Canal de Désinfection aux Ultraviolets

Un système gravitaire de désinfection aux UVs sera fourni pour atteindre l'objectif opérationnel suivant :

- . Débit horaire d'effluent traite : 652 m³/h max.
- . Matières en Suspensions (MES) : < 20 mg/l
- . Taille des particules en suspension : < 30 microns
- . Transmission d'UV a 254 nm: > 65% a 10 mm
- . Taux de destruction germicide : 99,99 %

. Micro-organismes entrants: Coliformes Totaux < 7 900 000 / 100 ml
Coliformes Fécaux < 2 300 000 / 100 ml

. Micro-organismes sortants : Coliformes Totaux < 800 / 100 ml
Coliformes Fécaux < 50 / 100 ml

- **Calcul dose moyenne de la dose UV (D):**

$$D = I \times T_{\text{exposition}}$$

D : Dose moyenne de la dose UV (mW.s/cm²) [19].

On prend :

Tableau IV.14 : Les données de base pour calculer la dose moyenne de la dose d'UV.

Paramètre	Unité	Valeur
T _{exposition}	S	20
I	mW /cm ²	100

Donc : $D = 100 * 20 = 2000 \text{ mW. s/cm}^2 = 2 \text{ W. s/cm}^2$

- **Le volume de canal UV**

$$V = O_{\text{pts}} \times T_{\text{exposition}} \quad (\text{IV. 12})$$

$$V = 0,18 * 20 = 3,6 \text{ m}^3$$

Le système de désinfection comprendra trois (3) modules preassembles de 12 lampes aux UV submergés dans un canal en béton armé (total de 36 lampes). Les 36 lampes seront chacune du type DB 350 à Amalgame, à faible pression et à haute efficacité en émission d'UV-c. Elles seront positionnées horizontalement dans le sens de l'écoulement gravitaire de l'eau de façon à être totalement submergées

Les 3 modules installés dans le canal pourront être retirés indépendamment pour inspection ou nettoyage et seront couverts par des plaques légères en acier galvanisé. Un mécanisme de nettoyage automatique des lampes sera fourni consistant en un double racleur en Téflon et acier inox actionné par le biais de cylindres pneumatiques à air comprimé.

Un palan sera fourni pour retirer les modules du canal ainsi qu'un compresseur d'air.

Un déversoir statique sera installé dans le canal en aval des modules pour assurer la submersion des lampes pour toutes conditions du débit d'eau épurée.

Les modules de désinfection seront alimentés en énergie électrique par une armoire de contrôle et un cabinet de ballastes électroniques équipé de fusibles de surtension et d'interrupteurs. L'armoire de contrôle sera alimentée en courant électrique (380/3/50) par câble unique et les modules seront connectés au cabinet de ballastage par des câbles isolants au niveau IP65.

L'armoire de contrôle permettra l'opération automatique ou manuelle du système et sera équipée d'un PLC qui contrôlera les paramètres et états suivants :

- . Arrêt/marche
- . Intensité UV de chaque module
- . Etat de marche du nettoyage mécanique
- . Etat de fonctionnement du système (Normal/Alarme/Arrêt)
- . Etat de fonctionnement de chaque lampe
- . Durée de fonctionnement de chaque lampe

L'armoire sera équipée d'un module de stockage des données, points de consignes et alarmes capable de conserver les enregistrements pour au moins une année.

Deux sondes de niveau seront installées dans le canal de désinfection. En cas de niveau « Très Haut » l'une d'elles actionnera la fermeture proportionnelle ou totale d'une vanne motorisée installée sur la conduite alimentant le canal de désinfection.

En cas de fermeture totale de cette vanne, une alarme alertera l'opérateur afin qu'il prenne ses dispositions pour fermer la vanne d'isolement de la station au niveau de l'ouvrage de réception des eaux usées.

Puissance total = puissance de chaque lampes *nbr des lampes

TableauIV.15 :les caractéristiques de canal de désinfection UV

Paramètre	Valeur
Taux de destruction germicide	99,99%
Type de lampes fournies	DB 350
Nombre total de lampes installe	36
Durée de vie de chaque lampe	12 000 h garanties
Nombre de modules	3
Consommation totale d'énergie	15 kWh

Après le traitement biologique, l'eau traitée atteint les normes de qualité requises, avec une réduction efficace des polluants tels que la DBO, les matières en suspension et les nutriments

Voici un tableau comparant les qualités d'eau après le traitement biologique et les valeurs limites requises en matière de rejet d'eaux usées après traitement

Tableau IV.16: la qualité d'eau après le traitement suivi par filtre à sable et UV

Paramètre	Valeur après traitement biologique	Normes de rejet
DBO5 (mg/L)	15 mg/L	15 mg/L
MES (mg/L)	19,6 mg/L	< 20 mg/L
Coliformes Totaux (UFC/100 ml)	< 800	< 1 000
Coliformes Fécaux (UFC/100 ml)	< 50	< 200
Taux de destruction germicide UV	99,99%	99,99%
Oxygène requis (kg/j)	2067,05 kg/j	Suffisant pour nitrification
Age des boues (j)	24,9 jours	15-30 jours (typique pour boues activées)
Rendement en DBO5	96%	≥ 90%

Les résultats montrent que le traitement suivi par filtration sur sable et désinfection UV assure une bonne qualité d'eau en conformité avec les normes de rejet.

IV.4.3.3 Dimensionnement des Ouvrages de Traitement des Boues

Les boues en excès sont soutirées par air lift minuté à partir de chacun des deux bassins d'aération du 1^{er} Étage et déversées dans deux bassins digesteurs aérobie adjacents ou elles sont stabilisées avant d'être pompées directement vers la déshydratation mécanique, puis évacuées vers la décharge ou la réutilisation en agriculture comme amendement de sol

IV.4.3.3.1 Dimensionnement de la déshydratation des boues**IV.4.3.3.3.1 Dimensionnement de l'épaississeur****A. Boues issues du décanteur secondaire**

$$BII = (DBO5)_e + (MM)_e \dots\dots\dots(kg/j)$$

$$BII = \Delta X = 3753,665 \text{ kg/j}$$

B. Calcul du débit journalier de boues entrant dans l'épaississeur

Pour les boues secondaires

$$QBII = BII/XII = BII/Xm \dots\dots\dots(m^3/j) \quad (IV.13)$$

$$QEI = 3753,665 / 5,14 = 730,28 \text{ m}^3/j$$

Le débit total :

$$QT = 730,28 \text{ m}^3/j$$

C. Calcul du volume de l'épaississeur (VE)

$$VE = QBT * ts \dots\dots\dots (m^3)$$

$$VE = 730,28 * 5 = 3651,4 \text{ m}^3$$

D. Diamètre de l'épaississeur

$$D = \sqrt{4*VE/\pi*H} \dots\dots\dots(m)$$

$$D = \sqrt{4*3651,4/\pi*4.5} = 32,14m$$

E. Débits de boues à la sortie de l'épaississeur

$$QBE = BII/90 \dots\dots\dots (m^3/j)$$

$$QEE = (3753,665)/90 = 41,70 \text{ m}^3/j$$

IV.4.3.3.3.2. Par déshydratation mécanique (en hivers) :

Un système automatisé de déshydratation mécanique sera installé pour assurer la non interruption du soutirage régulier des boues en excès et garantir une qualité d'effluent fiable en hivers comme en été.

Le système de déshydratation mécanique utilisera deux (2) filtres à bande capable chacun d'essorer au moins 20 m³/h de boues en excès à 1,2% pour produire autour de 335 Kg/h de

boues sèches. Le système est conçu pour fonctionner 4h par jour, 5 jours par semaine avec 1 Filtre à bande pour produire au moins 1,3 Tonnes de boues sèches par jour.

Chaque ligne de déshydratation comprendra les équipements suivants qui seront intègres et fournis par un fabricant unique, spécialisé dans le domaine :

- . Un système de préparation de polymère de floculation en solution
- . Une pompe doseuses de polymère
- . Une pompe à boue d'alimentation du filtre
- . Un Filtre à bande de 1,0 m de largeur
- . Une pompe de gâteau pour chargement des boues sèches dans une benne
- . Un boîtier électrique de contrôle.

Les Filtres à bandes seront arrangés comme indique sur le plan dans un bâtiment de déshydratation de dimensions adéquates, abrité des intempéries et bien aéré pour l'évacuation des odeurs vers l'extérieur. Un espace libre de 2,80 m de large est prévu pour la circulation des camions d'évacuation des bennes de stockage des boues sèches.

Les équipements cites ci-dessus répondront aux exigences minimales suivantes :

➤ **Système de préparation et de dosage du polymère**

Les grains de polymère solides (impérativement non toxique) et l'eau de dilution seront mélangés par le biais d'une tête d'injection à haute énergie et à Vannes multiples et l'émulsion résultante sera ensuite homogénéisée lors de son passage dans un mixeur statique comprenant 3 éléments en acier inox 316 SS logés dans un boîtier en PVC transparent pour permettre l'observation de la solution finale.

La tuyauterie d'admission de l'eau de dilution sera équipée d'un clapet de non-retour, d'un débitmètre rotatif de contrôle de débit, d'une sonde de pression d'eau et d'une Vane solénoïde d'arrêt du système en cas d'insuffisance de la quantité d'eau de dilution. Tous ces éléments seront installés dans un réservoir en acier Inox 304 avec mécanisme d'auto rinçage et toute partie en contact avec la solution de polymère sera en matériau résistant à la corrosion (316SS, PVC, PEHD). Tous les moteurs seront du type TEFC ou TENV

La pompe doseuses sera capable de délivrer 8 l/h d'une solution de viscosité apparente 50 000 cps. Elle sera du type à diaphragme avec pulsations ajustables entre 0 et 100 pulsations par minutes par le biais d'un signal externe de 4 à 20 mA. Elle sera protégée à l'admission par une trappe à solides nettoyable.

L'armoire de contrôle en acier inox 304 (NEMA 4) permettra, au minimum, les fonctions suivantes :

- Contrôle et ajustement du débit d'eau de dilution
- Déclenchement de la pompe doseuses, de la Vane solénoïde et de la tête d'injection à travers d'un switcher HOA
- Modulation des pulsations de la pompe doseuse
- Alarmes et arrêt d'urgence
- Relais pour le contrôle à distance

➤ **Pompes à boues d'alimentation des filtres :**

Trois (3=2+1) pompes à cavité progressive équipées d'un variateur de vitesse et d'un mixeur statique seront fournies pour mélanger les boues en excès et la solution de polymère avant de les délivrer au filtre à bande respectif. Elles ont été conçues pour pomper des suspensions contenant jusqu'à 8% de solides d'un diamètre de 5 mm

Caractéristiques :

Capacité :	10 à 20 m ³ /h
Refoulement :	30 PSIG
Vitesse :	125 à 250 TPM
Moteur :	tropicalisée

Toutes les parties en contact avec les liquides seront construites en acier Inox 316

➤ **Filtres à bande :**

Deux (2) filtres à bande seront fournis, chacun utilisant une bande tournante unique de 1,2 m de largeur (précédée par 2 pré épaisseurs rotatifs à vis d'Archimède filtrante) tournant à une vitesse variable de 6 à 30 TPM, munis d'un système de rinçage intégré et d'un boîtier de contrôle automatique de son opération.

Les parties métalliques en contact avec les liquides seront en acier Inox 304 SS et accessoirement en acier au carbone recouvert d'une couche protectrice anti corrosion (Rilsan ou produit équivalent) d'au moins 5 mm d'épaisseur

Les rouleaux d'entraînement, de tension et de guidage de la bande filtrante seront en acier inox 304SS avec triple protection des roulements à billes.

La bande filtrante sera une toile d'un seul tenant tissée avec du polyester à fibres robustes. Elle sera entraînée par un moteur tri phase de 0,7 KW à vitesse variable entre 1,5 et 10 TPM. Des panneaux internes ajustables en acier inox 304 seront utilisés pour désagréger et étendre le gâteau sur toute la surface filtrante.

Une pompe centrifuge fournira l'eau de rinçage à haute pression pour nettoyer la bande avant qu'elle ne recommence son cycle. Le filtrat et les eaux de rinçage sont recueillis dans un réservoir unique en inox 304 et évacués par un tuyau de DN 150

Un racleur en PEHD dirigera le gâteau final vers la chute à boues sèches d'où elles seront évacuées par pompe gageuse vers un camion benne d'enlèvement.

Un boîtier de contrôle (NEMA 4X) en panneaux de fibre de verre sera monté sur le châssis du filtre à bande et sera équipé d'un automate PLC avec écran tactile HMI et de voyants lumineux de fonctionnement et d'alarme. Il sera capable d'arrêter toutes les machines tournantes du système en cas d'arrêt d'urgence et permettra, au minimum, les fonctions de contrôle et d'indications suivantes :

- Contrôle de la vitesse de la pompe à boue
- Indication du débit instantané et totalisé de cette pompe
- Contrôle de la vitesse de la pompe doseuses de polymère
- Indication de cette vitesse en pourcentage (0 à 100%)
- Indication de la vitesse de rotation du pré épaisseur (TPM)
- Indication de la vitesse de déplacement de la bande filtrante (cm/s)
- Arrêt automatique et séquence du système à une heure prédéterminée
- Arrêt et démarrage du système localement et à distance
- Archivage des interventions et des alarmes

➤ **Tuyauterie de distribution des boues et du filtrat :**

Les boues en excès issue des 2 digesteurs aérobies seront acheminées vers le bâtiment de déshydratation mécanique par un collecteur central de DN 150 et distribuées à l'admission de chacune des 2 pompes à boue par des tuyaux latéraux de DN 100.

Un by-pass sera installé pour pouvoir isoler chaque train de déshydratation mécanique et détourner les boues vers le réseau d'alimentation des lits de séchage de secours.

Les matériaux de construction seront adéquats pour le service et des points de rinçage de la tuyauterie seront prévus.

Le réseau d'évacuation du filtrat et des eaux de rinçage consistera en des tuyaux latéraux en PEHD de DN 100 alimentant un collecteur central de DN 150 qui se déversera dans le puisard des lits de séchage

Des caniveaux seront prévus pour l'installation de ces réseaux ainsi que des tuyaux d'alimentation des pompes en polymère qui seront protégés par des gaines en PVC.

➤ **Utilités :**

Chaque ligne de déshydratation mécanique consommera les utilités suivantes :

- Electricité :
 - ↳ Circuit de puissance : 380V /3/50 30 A - 22 KW
 - ↳ Circuit de contrôle : 2 Signaux de 4 à 20 mA.

- Eau de rinçage : 10 à 12 m³/h
- Air comprimé : 8 m³/h à 10 bars
- Polymère de floculation : 1,5 à 1,7 m³/mois

IV.4.3.3.4 Calcul du système d'aération

➤ **Calcul des Besoins en Air d'Aération :**

Etant donné :

Débit Nominal : 8.945 m³/jour = 2,36 MGD (Millions de Gallons par Jour)

DBO5 : 360 mg/l = 3220 kg/jour

N Ammoniacal : 67 mg/l = 596 kg/jour

On détermine comme suit :

a)- Oxygène requis pour réduire la DBO :

$$[\text{MGD} \times \text{mg/l} \times 8,34 \times 1,2] / 2,2 \quad \text{(IV.14)}$$

$$= 3.870 \text{ kg/jour} = 161 \text{ kg/h}$$

b)- Oxygène requis pour réduire l'Azote Ammoniacal :

$$[\text{MGD} \times \text{mg/l} \times 4,6 \times 8,34] / 2,2 = 2.757 \text{ kg/jour} = 114 \text{ kg/h}$$

c)- Oxygène Total Requis (OTR) = $161 + 114 = 275 \text{ kg/h}$

d)- Taux Standard de Transfert d'Oxygène (TSTO)

$$[\text{OTR} \times C^*_{20} / \alpha \times \theta \times (T-20) \times (\text{Taux } \omega \times \beta \times C^*_{20} - C)] \quad (\text{IV.15})$$

- C* _{st}	Valeur de Saturation en O ₂ Dissout	=8,3
- C* ₂₀	Valeur d'Équilibre de O ₂ Dissout	=9,1
- α	Coefficient des Eaux Sanitaires	= 0,55
- θ	Coefficient de Transfert d'Oxygène	= 1,024
- T	Température de l'eau	= 25 C
- Tau	Ratio de Saturation C* _{st} / C* ₂₀	=0,91
- β	Assume pour eaux sanitaires	= 0,95
- ω	P _b / P _s	= 0,92
- C	Concentration d'O ₂ Dissout	= 2 mg/l
- D	Densité de l'Air en Oxygène	= 0,29 kg/m ³
- TE	Taux de Transfert pour nos Diffuseurs	= 0,232

$$\text{TSTO} = 773 \text{ kg/h}$$

e)- Besoins en Air = [TSTO / D x TE] = [773 / (0,29 x 0,232)] = 11.489 Nm³/h

Besoins Intrinsèques en Air = 191,5 m³/min

Récupère par Dénitrification = 24,4 m³/min

Besoin Réel en Air D'Aération = 167,1 m³/min

➤ **Répartition de l'Air a travers du Bassin de Traitement Biologique**

Bassins d'Aération 1 ^{er} étage :	108 Nm ³ /min	(48%)
Bassins d'Aération 2eme étage :	59 Nm ³ /min	(27%)
Digesteurs Aérobie :	43 Nm ³ /min	(17%)
Bassins Sélecteurs :	4 Nm ³ /min	(02%)
Clarificateurs (Air lift)	12 Nm ³ /min	(06%)

Quantité Totale d'Air Utilisée : 226 Nm³/min (100%), 13560 Nm³/h (100%)

Pression de Livraison de l'Air :	530 mbars
Température Max. de l'Air :	35 °C en Août
Altitude Barométrique du site :	680 m
Énergie Consommée pour l'Aération :	231 Kwh
Énergie Consommée pour la Digestion :	74 Kwh
Energie Totale consommée (Traitement Biologique) :	305 Kwh

IV.4.4 Analyse de la Qualité de l'Eau à la Sortie de la Station

À la fin de la filière de traitement, les résultats de la qualité de l'eau à la sortie de la station montrent une conformité avec les normes de réutilisation pour l'irrigation agricole. Voici les données observées et la comparaison avec les normes :

Tableau IV. 17 : les résultats de la qualité de l'eau à la sortie de la station

Paramètres	Valeur mesurée	Normes de réutilisation en agriculture
DBO5	15 mg/L	≤ 30 mg/L
MES	19,6 mg/L	≤ 30 mg/L
pH	6,5	6,5-8,5
Température	25 °C	20-30 °C
Odeur	Faible	inodore
DCO	80mg/L	< 90 mg/L.
Coliformes Totaux (UFC/100 ml)	< 800	< 1 000
Coliformes Fécaux (UFC/100 ml)	< 50	< 200
Azote Ammoniacal (NH ₄)	2mg /L	5 à 10 mg/L

Nitrates (NO ₃)	8mg/L	30 à 50 mg/L.
-----------------------------	-------	---------------

En résumé, la qualité de l'eau à la sortie de la station respecte les normes de réutilisation pour l'irrigation agricole. Les paramètres mesurés, tels que la DBO₅, les MES, le pH, la DCO, les coliformes, l'ammonium et les nitrates, sont conformes aux seuils requis, confirmant ainsi l'efficacité du traitement et la sécurité de l'eau pour une utilisation agricole sans risque pour les cultures et l'environnement.

IV.4.3.3.5 Bilan énergétique :

Les principaux postes de consommation de puissance électrique, pour le prétraitement, le traitement biologique, la déshydratation des boues, la désinfection des effluents et pour les services généraux communs sont les suivants

Tableau IV. 180 : le bilan énergétique de la station

Consommation Totale projetée à plein régime à l'horizon 2036 pour la Station de traitement de AIN BESSAM : 403 KWh

La consommation moyenne en 2036 sera égale à environ 50% de 403, soit autour de 202 Kwh

Pour assurer la survie des colonies bactériennes en cas d'interruption de l'alimentation électrique, un Groupe Électrogène de 440 KVA, sera installé.

IV.5.Conclusion :

On a choisi d'introduire le traitement biologique par boues activées à oxydation alternée à la Station de Traitement de Ain Bessam représente une approche innovante et efficace pour la gestion des eaux usées. Ce procédé, qui utilise des cycles alternés d'aération et de dénitrification, est essentiel pour éliminer efficacement les polluants et améliorer la qualité des eaux traitées. En optant pour cette méthode, la région améliore significativement la dégradation des matières organiques tout en maîtrisant mieux la réduction des nutriments comme l'azote et le phosphore. Ainsi, ce choix stratégique démontre l'engagement de la région envers la préservation de l'environnement et la promotion d'une gestion durable des ressources hydriques.

Postes	Nombre	Puissance consommée (KW)
Dégrilleurs grossiers	4	2
Dégrilleurs fins	2	3
Dessableur-déshuileur	2	10
Bassin Biologique	1	305
Déshydratation Boues	1	44
Désinfection (UVs)	1	15
Divers (Eclairage, Climatisation...)	-	24
Total		403

Chapitre V

Calcul hydraulique

V. Chapitre V : Calcul hydraulique

V.1 Introduction

Le dimensionnement adéquat des ouvrages constituant une station d'épuration des eaux usées est tributaire du débit de pointe en tenant compte de la dilution. Afin de ne pas inonder le rendement épuratoire est tributaire de la stabilité de la qualité des eaux de la station d'épuration; le débit d'apport doit être régularisé au moyen d'ouvrages projetés à l'amont de la station qui ne sont autres que le déversoir d'orage et le bassin piège. Afin d'éviter un surplus d'apport des eaux usées à la station d'épuration, notre objectif consiste à un dimensionnement d'un déversoir d'orage qui sera appelé à régulariser cet apport

V.2 Déversoir d'orage

Le principe de fonctionnement de cet ouvrage en système unitaire est d'effectuer le déversement dans le milieu naturel des débits d'orage et de ne dérivé vers la station que les débits de pointe en temps de pluie.

Dans notre cas on optera pour un déversoir à seuil latéral.

V.2.1 Types de déversoir d'orage

Le choix du type de déversoir ne se fera pas à la base des connaissances de son mode de calcul, mais en tenant compte du régime d'écoulement, des niveaux d'eau de L'émissaire, de la position de l'exutoire et de la topographie du terrain.

Dans notre projet, on optera pour le déversoir d'orage à seuil latéral (Fig. V.1), car notre terrain est caractérisé par une faible pente par rapport à la position de l'exutoire, ce genre de déversoir d'orage présente une facilité d'entretien et d'exploitation.

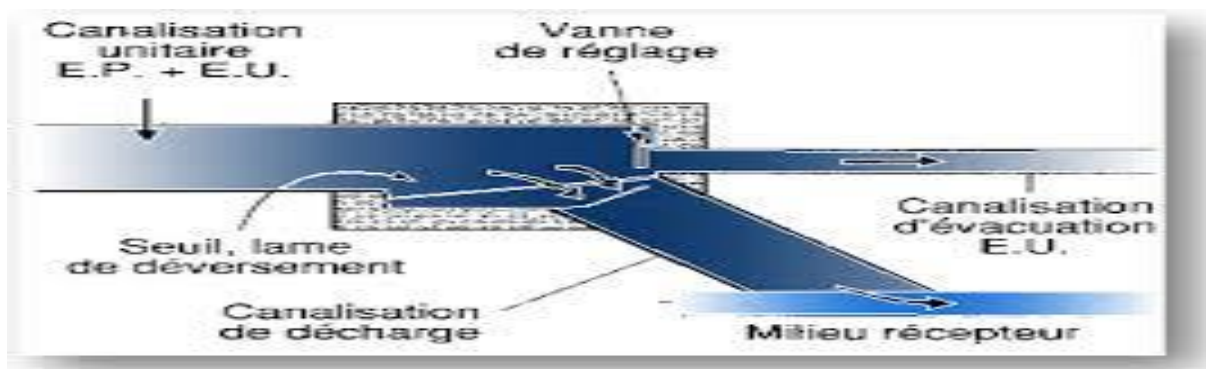


Figure V. 1 :Schéma d'un déversoir d'orage type latéral. (HYBACO)

V.2.2 Dimensionnement du déversoir d'orage

Après avoir calculé le débit au temps de pluie (en tient compte de la dilution) on a :

- Le débit acheminé vers la station d'épuration : $Q_{ptp} = 1118 \text{ m}^3/\text{h} = 0,31 \text{ m}^3/\text{s}$
- Le débit pluvial $Q_{p1} = 2100,28 \text{ l/s} = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$

Donc le collecteur principal véhiculera un débit de :

$$Q_v = Q_{ptp} + Q_{pl} \dots (\text{m}^3/\text{s})$$

$$Q_v = 0,31 + 2,1 = 2,41 \text{ m}^3/\text{s}$$

V.2.2.1 A l'amont du déversoir

On calcule le diamètre du collecteur qui véhiculera le débit d'eau total :

$$Q_v = 2,41 \text{ m}^3/\text{s} ; I = 1 \text{ \%}$$

- D'après l'abaque de Bazin (01 et 02)
- $D_e = 1200 \text{ mm}$ (diamètre à l'entrée du déversoir)
- $Q_{ps} = 2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (débit à pleine section)
- $V_{ps} = 2,3 \text{ m/s}$ (vitesse à pleine section).

Avec les paramètres hydrauliques :

- $r_Q = Q_v / Q_{ps} = 2,41/2,8 = 0,86$ (rapport des débits)
- $r_H = H_e / D_e = 0,72 \Rightarrow H_e = 0,72 * 1200 = 864 \text{ mm}$ (hauteur deremplissage)
- $r_v = V / V_{ps} = 1,12 \Rightarrow V = 1,12 * 2,3 = 2,58 \text{ m/s}$ (Vitesse)

V.2.2.2 A l'aval du déversoir (vers la station)

$$Q_{ptp} = 0,31 \text{ m}^3/\text{s} ; I = 0,5\%$$

- D'après l'abaque de Bazin (01 et 02)
- $D_s = 800 \text{ mm}$.
- $Q_{ps} = 0,6 \text{ m}^3/\text{s}$.
- $V_{ps} = 1,25 \text{ m/s}$.

Avec les paramètres hydrauliques :

- $r_Q = Q_{ptp} / Q_{ps} = 0,31 / 0,6 = 0,52$ (rapport des débits)
- $r_H = H_s / D_e = 0,54 \Rightarrow H_s = 0,54 * 800 = 432 \text{ mm}$ (hauteur de seuil)
- $r_v = V / V_{ps} = 1,1 \Rightarrow V = 1,1 * 1,25 = 1,375 \text{ m/s}$ (vitesse)

V.2.2.3 Le débit déversé vers le milieu naturel (Qd)

$$Q_d = Q_v - Q_{ptp} = 2,41 - 0,31 = 2,1 \text{ m}^3$$

$$Q_d = 2,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

V.2.2.4 Dimensionnement du déversoir d'orage

- La hauteur d'entrée $H_e = 864 \text{ mm}$
- La hauteur de seuil $H_s = 432 \text{ mm}$

La lame d'eau déversée est donnée par

$$H_d = (H_e - H_s) / 2 \dots (\text{mm})$$

$$H_d = (864 - 432) / 2 = 216 \text{ mm}$$

V.2.2.5 La largeur du seuil déversant

$$Q_{dev} = 2 / 3 * u * b * H_d (2g * H_d)^{0,5} \dots (\text{m}^3/\text{s})$$

$$\text{Donc } b = (3 * Q_d) / 2u * (2g)^{1/2} * H_d^{3/2}$$

Avec ;

- u : Coefficient de débit dépend de la forme du seuil et varie également
- suivant la hauteur de la lame d'eau déversée pour les crêtes minces $u = 0,6$.
- g : L'accélération de la pesanteur ($9,81 \text{ m}^2/\text{s}$).

$$b = (3 * 2,1) / 2 * 0,6 * (2 * 9,81)^{1/2} * 0,216^{3/2} = 11,80 \text{ m} \quad b = 11,80 \text{ m}$$

Donc on prend un double seuil déversant avec $b = 5,9 \text{ m}$

V.3 Relevage**a- Poste de Ain Bessam**

Volume de la bache de relevage $V_u = 50 \text{ m}^3$

H: hauteur d'eau est de 1,5 m

$$\text{Surface : } S = V_u / H \quad S = 33,3 \text{ m}^2$$

Dimensions de la bache d'eau de relevage

Longueur = 8 m

Largeur = 4,2 m

Profondeur = 2 m

V.3.1 .La conduite de refoulement

$$H_g = z_2 - z_1 \dots (\text{m})$$

$$H_g = 646,23 - 633,61 = 12,62 \text{ m}$$

H_g : Hauteur géométrique

On a : $Q_{ts} = 530 \text{ m}^3/\text{h}$

D'après la formule de BONNIN :

$$\text{Déco} = \sqrt{Q_{ts}} \dots (\text{m})$$

$$Q_{ts} = 0,147 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Déco} = 0,383 \text{ m}$$

Donc le diamètre normalisé est : $D = 400\text{mm}$

La vitesse d'écoulement est :

$$V = 4 \cdot Q / \pi \cdot D^2 \dots (\text{m/s}) \quad V = 2,06 \text{ m/s}$$

Quatre ($4 = 3 + 1$) pompes immergées en inox 316 seront installées dans cette bache. Chacune sera capable de relever $318 \text{ m}^3/\text{h}$ sur une hauteur maximale de 10 m.

Chacune sera équipée d'un variateur de vitesse pour accommoder les débits d'eau usées en période creuse et des contacteurs de niveau ultrasoniques seront installés dans la bache pour la mise en service automatiques des pompes.

Un palan électrique monté sur chariot manuel porté par une poutre en acier galvanisé sera installé pour la manutention des pompes

L'expression de perte de charge s'écrit :

$$\Delta H = K \cdot L \cdot Q^\beta / D^m \dots (\text{m})$$

- K : coefficient de perte de charge ($K = 0,001051$)
- Q : débit pompé qui est de $0,088 \text{ m}^3/\text{s}$
- L : longueur de la conduite
- D : diamètre de la conduite
- β : coefficient dépendant du régime d'écoulement/
- $\beta = 1,77$ pour le régime turbulent rugueux.
- m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite ($m = 4,774$)

$$\Delta H = 0,011 \text{ m}$$

Tableau V.19 : Caractéristiques de la conduite de refoulement (poste ain bessam)

Nombre de pompes installées		Débit total de groupe m ³ /s	Débit par pompe m ³ /s	Puissance installée par pompe kWh	Puissance absorbée par pompe kWh	volume utile de la bache en m ³	Le nombre de démarrages horaires	Le diamètre de la conduite vers dégrilleurs Fins mm	vitesse de pompage (m/s)
en service	en secours								
3	1	0,26	0,09	18	16	50	4	400	2,06

Quatre armoires de contrôles locales en boîtiers étanches seront installées dans le bâtiment de relevage pour permettre la gestion locale et à distance des groupes électropompes.

Les pompes seront équipées de vannes manuelles d'isolement (DN 300) et de clapets anti-retour et déverseront dans une canalisation commune d'alimentation du poste de prétraitement en PRV

Cette canalisation est fournie séparément sous le lot 2 du même appel d'offre
Un débitmètre électromagnétique sera installé dans la partie verticale de cette canalisation

b- Poste de Ain El Aloui

Volume de la bache de relevage $V_u = 20 \text{ m}^3$

H: hauteur d'eau est de 1,5 m

Surface : $S = V_u / H$ $S = 13,5 \text{ m}^2$

Dimensions de la bache d'eau de relevage

Longueur = 5 m

Largeur = 2,7 m

Profondeur = 2 m

V.3.2 .La conduite de refoulement

On a : $Q_{ts} = 122 \text{ m}^3/\text{h}$

D'après la formule de BONNIN :

$$\text{Déco} = \sqrt{Q_{ts}} \dots (\text{m})$$

$$Q_{ts} = 0,034 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Déco} = 0,184 \text{ m}$$

Donc le diamètre normalisé est : $D = 200\text{mm}$

La vitesse d'écoulement est :

$$V = 4 * Q / \pi * D^2 \dots (\text{m/s}) \quad V = 2,1 \text{ m/s}$$

Quatre (4= 3+1) pompes immergées en inox 316 seront installées dans cette bête. Chacune sera capable de relever 55 m³/h sur une hauteur maximale de 20 m. Chacune sera équipée d'un variateur de vitesse pour accommoder les débits d'eau usées en période creuse et des contacteurs de niveau ultrasoniques seront installés dans la bête pour la mise en service automatiques des pompes.

Un palan électrique monté sur chariot manuel porté par une poutre en acier galvanisé sera installé pour la manutention des pompes

L'expression de perte de charge s'écrit :

$$\Delta H = K * L * Q^\beta / D^m \dots (\text{m})$$

Q : débit pompé qui est de 0,015 m³/s

$$\Delta H = 0,00098\text{m}$$

Tableau V.20 : Caractéristiques de la conduite de refoulement (poste ain aloui)

Nombre de pompes installées		Débit total de groupe m3/s	Débit par pompe m3/s	Puissance installée par pompe kWh	Puissance absorbée par pompe kWh	volume utile de la bache en m3	Le nombre de démarrages horaires	Le diamètre de la conduite vers dégrilleurs Fins mm	vitesse de pompage (m/s)
en service	en secours								
3	1	0,046	0,015	3	2,7	20	4	200	2,10

V.4 . Dimensionnement des conduites reliant les différents ouvrages

Nous avons choisi le PEHD, comme matériau qui présente aussi une bonne caractéristique de point de vue dureté, étanchéité et résistance à la corrosion et faible rugosité.

L'expression des pertes de charge est exprimée par la formule de DARCY WEISBACH.

$$\Delta HT = K * L * Q^\beta / D^m = CPA - CPB \dots \dots \dots (m)$$

Avec :

- K : coefficient de perte de charge
- Q: débit en m3/s Q=0,31m3/s
- L : longueur de la conduite(m)
- D : diamètre de la conduite (mm)
- β : coefficient dépendant du régime d'écoulement
- m : coefficient dépendant du type de matériau de la conduite
- CpA : côte du plan d'eau au point A (m)
- CpB: côte du plan d'eau au point B (m).

V.4.1. Diamètre

Le diamètre est donné par cette formule :

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \cdot L \cdot Q^\beta}{CPA - CPB}}$$

V.4.2. Longueurs des conduites

Pour les calculs des longueurs; ils utilisent les longueurs équivalentes pour tenir compte des pertes de charges singulières.

$$L_{\text{eq}} = 1,15 * L_{\text{réelle}}$$

Dans notre cas on a des distances faibles donc on néglige les pertes de charges singulières c'est à dire on prend les longueurs réelles.

Les longueurs sont représentées sur le tableau suivant.

Tableau V.21 :Longueurs réelles des conduites entre les ouvrages de la STEP.

Ouvrages	L réelle (m)	L _{eq}
Station de relevage- Dégrilleur	7,73	11,59
Dégrilleur -(Dessableur- déshuileur)	11,45	17,17
- (Dessableur_déshuileur) _ Bassin sélecteur d'homogénéisation	67,68	101 ,52
Bassin sélecteur d'homogénéisation _Bassin d'aération	75,3	112,95
Bassin d'aération _Clarificateur	12,92	19,38
Clarificateur-Bassin de désinfection	14 ,73	22,09
bassin désinfection – comptage eau traitée	27,78	41,67

V.4.3 .Calcul des diamètres des conduites reliant les ouvrages et les Côtes piézométriques

A. Dégrilleur fin - Dessableur-déshuileur (A-B)

On a :

- Côte du radier du Dégrilleur moyenne (A) : 638,5 m
- Hauteur d'eau : 1,8 m
- D'où : $C_{pA} = 640,3$ m
- Côte du radier du dessableur-déshuileur (B) : 636 ,8m
- Hauteur d'eau : 2 ,5 m
- D'où : $C_{pB} : 639,3$ m
- $L = 11,45$ m
- Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K*L*Q^\beta}{C_{pA}-C_{pB}}}$$

$$D_e = 0,257\text{m} \quad D_e = 315 \text{ mm}$$

- Côte piézométrique

D'où on aura

$$C_{pB} = C_{pA} - \frac{K*L*Q^\beta}{D^m} \quad C_{pB} = 640,3 - \frac{0,001052*11,45*0,31^{1,77}}{0,315^{4,774}}$$

$$C_{pB} = 640\text{m}$$

B. Conduite dessableur – Bassin sélecteur

- $C_{pA}' = 640$ m
- Côte du radier Bassin selecteur (B): 633,5m;
- Hauteur d'eau: 5 m
- D'où: $C_{ps} : 638,5$ m
- $L = 67,68$ m

➤ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K*L*Q^\beta}{CPA-CPB}} \quad De = 0,342 \quad De = 615\text{mm}$$

➤ Côte piézométrique

$$D'où \text{ on aura : } CPB = CPA - \frac{K*L*Q^\beta}{D^m}$$

$$CPB = 639,9 \text{ m}$$

C. Conduite bassin selecteur– bassin d'aération

- CPA'=639,9m
- Côte du radier d'aérateur (B): 633,5m;
- Hauteur d'eau: 5 m
- D'où: Cps : 638,5 m
- L = 75,3 m

➤ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K*L*Q^\beta}{CPA-CPB}}$$

$$De = 0,354 \text{ m } De = 615\text{mm}$$

➤ Côte piézométrique

$$D'où \text{ on aura } CPB = CPA - \frac{K*L*Q^\beta}{D^m}$$

$$CPB = 639,8 \text{ m}$$

D. Conduite d'aération -bassin de clarificateur (A-B)

$$CpA' = 639,8 \text{ m}$$

$$\text{Côte du radier du bassin de clarification(B) : } 633,5 \text{ m}$$

$$\text{Hauteur d'eau: } 4,9 \text{ m}$$

$$D'où: CpB, : 638,4 \text{ m}$$

$$L = 12,92\text{m}$$

➤ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \cdot L \cdot Q^\beta}{CPA - CPB}}$$

$$De = 0,321 \text{ m} \quad De = 615 \text{ mm}$$

➤ Côte piézométrique

D'où on aura

$$CPB = CPA - \frac{K \cdot L \cdot Q^\beta}{D^m} \quad CPB = 639,7 \text{ m}$$

E. Conduite clarificateur - bassin de désinfection

$$CPA = 639,7 \text{ m}$$

Côte du radier du bassin de désinfection(B) : 633,5m

Hauteur d'eau: 4,9m

D'où: CPB:638,4 m

$$L = 14,37 \text{ m}$$

➤ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \cdot L \cdot Q^\beta}{CPA - CPB}}$$

$$De = 0,254 \text{ mm} \quad De = 315 \text{ mm}$$

➤ Côte piézométrique

$$D'où on aura : \quad CPB = CPA - \frac{K \cdot L \cdot Q^\beta}{D^m}$$

,

$$CPB = 639,2 \text{ m}$$

F. Bassin de désinfection-comptage

$$CpA' = 639,2 \text{ m}$$

Côte du radier comptage (B) : 636m

Hauteur d'eau: 2m

D'où: Cp8:638 m

$$L = 27,78\text{m}$$

➤ Diamètre

$$D = \sqrt[m]{\frac{K \cdot L \cdot Q^{\beta}}{CpA - CpB}}$$

$$De = 0,297\text{m}$$

$$De = 315\text{mm}$$

➤ Côte piézométrique

D'où on aura

$$CpB = CpA - \frac{K \cdot L \cdot Q^{\beta}}{D^m} \quad CpB = 638,2\text{m}$$

Tableau V.22 : Récapitulatif des différentes cotes des ouvrages de la STEP.

Désignation	Côte terrain (m)	Côte radier (m)	Hauteur d'eau (m)	Côte piézométrique (m)
Dégrilleur	640,3	638,5	1,8	640,3
Dessableur-déshuileur	639,3	636,8	2,5	640
Bassin sélecteur	638,5	633,5	5	639,9
Bassin d'aération	636,5	633,5	5	639,8
clarificateur	638,4	633,5	4,9	639,7
Bassin désinfection	638,4	633,5	4,9	639,2
Comptage d'eau	638	636	2	638,2

V.5 Conclusion

En conclusion, la conception adéquate des infrastructures d'une station d'épuration des eaux usées revêt une importance cruciale, notamment pour gérer efficacement le débit de pointe et garantir une dilution appropriée. Maintenir la stabilité de la qualité des eaux entrantes est essentiel pour assurer un rendement épuratoire optimal. Pour atteindre cet objectif, l'installation de dispositifs en amont comme les déversoirs d'orage et les bassins pièges est fondamentale, car ils permettent de réguler le débit d'entrée. Ainsi, un dimensionnement précis des déversoirs d'orage contribue à prévenir les surcharges à la station d'épuration, assurant ainsi un fonctionnement efficace et durable du système de traitement des eaux usées.

Chapitre VI

Organisation de chantier

VI. ChapitreVI : Organisation de chantier

VI.1 Introduction

La gestion d'un chantier exige une planification minutieuse des ressources humaines, matérielles et matériaux, ainsi qu'une organisation rigoureuse du calendrier de travail pour assurer efficacement la rapidité, la qualité et l'économie. Par exemple, dans la construction de structures comme le béton armé, des matériaux tels que le ciment, le sable, le gravier et l'acier sont essentiels, avec un prix de vente déterminé avant la fabrication.

Cependant, évaluer précisément les coûts et les ressources nécessaires est complexe car cela repose sur des hypothèses qui doivent être vérifiées tout au long et à la fin du projet. Cette exigence impose à l'entreprise d'ajuster régulièrement ses prévisions pendant la réalisation du projet.

VI.2 Travaux de réparations et installation de chantier

Pour optimiser l'organisation du chantier, il est crucial de disposer d'un terrain suffisamment vaste et dégagé pour bien gérer les zones de stockage des matériaux, les voies de circulation des engins, ainsi que les locaux et les postes de travail permanents. Les installations nécessaires sur un chantier comprennent les éléments suivants.

VI.3 Installations destinées aux personnels

En chantier de génie civil, les installations pour le personnel incluent généralement dortoirs, réfectoires, vestiaires, sanitaires, infirmerie et bureaux. La base de vie doit être connectée à l'eau potable, à l'assainissement, à l'électricité et à la téléphonie. Des chemins piétonniers doivent être prévus pour faciliter les déplacements entre la zone de travail, les parkings, la centrale à béton, les zones de stockage des matériaux et autres lieux nécessaires pendant la phase de construction.

VI.4 Installations destinées au stockage des matériaux

Le plan d'installation du chantier doit détailler les zones de stockage, spécifiant le type de matériaux à entreposer, la surface disponible et les mesures pour protéger l'environnement, comme l'utilisation de géotextile ou de surfaces bétonnées. Il est essentiel de préserver les matériaux de construction des conditions météorologiques. Les silos métalliques peuvent être utilisés pour le ciment, et des baraquements en bois ou en métal pour les agrégats en extérieur sont recommandés. Une séparation adéquate entre les différents types de matériaux est nécessaire pour éviter la contamination et faciliter le dosage précis dans la préparation du béton. Les aciers doivent être conservés dans des installations spécifiques telles que des baraquements ou des hangars dédiés

VI.5 Installations destinées à la réparation des engins

Les réparations majeures ne sont généralement pas effectuées sur le chantier lui-même. Toutefois, il est essentiel de disposer d'un atelier bien équipé pour assurer l'entretien régulier et les réparations urgentes des divers équipements.

VI.6.Moyens des travaux de chantier

VI.6.1.Moyens humains

Concernant les ressources humaines, il est essentiel que l'entreprise assigne un responsable de chantier et son remplaçant, en détaillant leurs titres, compétences, fonctions et responsabilités. Cette exigence s'applique à l'ensemble du personnel impliqué sur le chantier. Il est également crucial que du personnel qualifié soit présent pour mener les études préliminaires, incluant des spécialistes tels que géotechniciens, hydrologues, topographes, ingénieurs en béton armé, dessinateurs, et autres.

VI.6.2.Moyens matériels

L'entrepreneur doit préciser la marque, le type, la puissance, le rendement et la quantité des engins utilisés sur le chantier, ainsi que leur programme d'utilisation conforme au calendrier des travaux.

VI.6.3.Matériels de terrassement

L'entrepreneur doit préciser les détails concernant la marque, le type, la puissance, le rendement et la quantité des engins utilisés sur le chantier, ainsi que leur programme d'utilisation en accord avec le calendrier des travaux.

A .Matériels de terrassement

Le matériel de terrassement englobe les équipements nécessaires pour effectuer les excavations, l'extraction et le transport des matériaux de construction, ainsi que pour le bétonnage et les travaux de finition. Habituellement, on utilise des engins tels que bulldozers, chargeurs, camions-bennes, pelles hydrauliques, décapeuses, camion-citerne, grues à portique, camions malaxeurs, et d'autres adaptés aux exigences spécifiques du chantier.

B. Matériel de bétonnage

Les bétonnières sont couramment utilisées pour préparer le béton indispensable à la construction des structures en béton. Le matériel nécessaire au bétonnage comprend également les équipements de coffrage, les outils pour vibrer le béton, ainsi que pour son nettoyage et son réusinage, afin de traiter les reprises éventuelles du bétonnage.

VI.7. Devis estimatif et quantitatif (DQE)

Le devis quantitatif estimatif (DQE) détaillé joue un rôle crucial en permettant une analyse approfondie des composantes des prix et une comparaison des différentes offres présentées. Il comprend toutes les informations nécessaires pour évaluer les propositions financières. Sa validité contractuelle est conditionnée par les clauses spécifiques définies dans le marché à bons de commande. Dans les cas où les exigences requièrent un investissement substantiel de la part des soumissionnaires, ces derniers peuvent être rémunérés par une prime.

Le coût prévisionnel du projet est calculé en fonction du prix par mètre cube (m³) d'eau épurée. Ce prix inclut :

A. Le coût d'investissement :

Le coût des travaux de génie civil (terrassement et construction en béton).

Les équipements tels que les racleurs, les turbines, les pompes à air, les tuyaux...

$$CTOT\ INV = CTOT\ CIV + CVRD + C_{\text{éq}}$$

B. Le coût de fonctionnement

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

CTOT INV : le coût d'investissement,

Ceq : le coût de génie civil.

CVRD : le coût VRD (les voiries et Réseaux divers)

VI.7.1 Calcul du coût d'investissement

VI.7.1.1 Le coût de terrassement

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

Le prix du mètre cube de terrassement sera évalué à 2500 DA **Source(HYBACO)**

- **Le volume de la couche végétale**

$$V = Sh_i \times 0.3$$

V : volume de terrassement de l'ouvrage considéré.

Shi : surface horizontale de l'ouvrage considéré.

- Le coût d'un ouvrage

$$Cout = V_i \times 2500$$

Tableau VI .23 : Le cout de terrassement de chaque ouvrage.

Ouvrages	Nombre	La surface horizontale (m ²)	Volume (m ³)	Cout (DA)
Déssableur-déshuileur	2	44,7	13,41	33525
Bassin sélecteur	1	62,2	18,66	46650
Bassin d'aération	4	1788,8	536,64	1341600
Clarificateur	2	686	205,8	514500
Bassin de digestion	1	642	192,6	481500
Epaississeur	1	810	243	607500
Lit de séchage	12	4970,53	1491,1	3727750
TOTAL				6753025

VI.7.1.2.Le Coût du béton armé

Le coût du béton armé classe (25/30) revient a $P_u=40000$ DA/m³ (CIVIL MANIA), On calcule le coût de béton armé par la formule suivante :

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

V_{tb} : le volume total du béton.

Epaisseur des murs de l'ouvrage **e_m** : (0.15 à 0.5) m.

Epaisseur en radiers de l'ouvrage **e_r** : (0.3 à 0.4) m.

C_b : le coût de béton.

- Calcul du volume de béton armé

Le volume total du béton pour chaque ouvrage sera la somme des deux volumes

$$V_{tb} = V_r + V_m \quad ; \quad V_r = S_h \times E_r$$

Pour les murs on a :

$$V_m = p \times h \times E_m$$

L'épaisseur du mur $e_m = 0.3$ m

L'épaisseur du radier $e_r = 0.3$ m (selon les informations d'un bureau d'étude)

V_r : volume du radier.

V_m : volume du mur.

P : périmètre de l'ouvrage.

H : Hauteur de l'ouvrage

Tableau VI.24 : Le coût du béton armé de chaque ouvrage d'extension.

Ouvrages	Surface (m ²)	V _r (m ³)	V _m (m ³)	V _{tb} (m ³)	Coût (DA)
Déssableur-déshuileur	44,7	13,41	30	43,41	1736400
Bassin sélecteur	62,2	18,66	51,31	69,97	2798800
Bassin d'aération	1788,8	536,64	358,92	895,56	35822400
Clarificateur	686	205,8	325,8	531,6	21264000
Bassin de digestion	642	192,6	228,06	420,66	16826400
Epaississeur	810	243	163,134	406,134	16245360
Lit de séchage	4970,53	1491,1	128,09	1619,19	64767600
TOTAL					159460960

VI.7.1.3 Coût total du génie civil :

$$C_{TOT\ CIV} = C_{TR} + C_{TBA}$$

C_{TR} : Coût total du terrassement.

C_{TBA} : Coût total du béton armé.

$$C_{TOT\ CIV} = 6753025 + 159460960 = \mathbf{166213985DA}$$

VI.7.1.4. Coût des voiries et réseaux divers (VRD):

Le coût des VRD est estimé à 25% de C_{TOT CIV}.

$$\text{CVRD} = 0.25 \times 166213985 = \mathbf{41553496,25\text{DA}}$$

VI.7.1.5. Coût des équipements électromécaniques et électriques et des installations hydromécaniques

Il est estimé à 40% du coût de G.C et VRD :

$$\text{Céq} = 0.4 \times (41553496,25 + 166213985) = \mathbf{83106992,5\text{ DA}}$$

VI.7.1.6. Coût total des investissements de la station :

$$\text{CTOT INV} = \text{CTOT CIV} + \text{CVRD} + \text{Céq} = \mathbf{290874473,8\text{DA}}$$

VI.7.2. Le Coût de fonctionnement

On va calculer :

VI.7.2.1. Le coût de main d'œuvre

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

$$\text{C MO} = 0.05 \times \text{C TOT INV} = 0.05 \times 290874473,8 = \mathbf{14543723,69\text{DA}}$$

VI.7.2.2. Le coût de renouvellement du matériel électromécanique

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

$$\text{C RM} = 0.05 \times 290874473,8 = \mathbf{14543723,69\text{ DA}}$$

VI.7.2.3. Le coût des frais financiers

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

$$\text{CFF} = 0.05 \times 290874473,8 = \mathbf{14543723,69\text{ DA}}$$

VI.7.3. Le coût de fonctionnement total

$$\text{CF.TOT} = \text{C MO} + \text{C RM} + \text{CFF} = 14543723,69 \times 3 = \mathbf{43631171,07\text{DA}}$$

VI.7.4. Calcul du prix du m³ d'eau traitée

- **Le coût d'amortissement annuel :**

$$\text{CAA} = \text{CTOT INV} / T$$

T : durée d'amortissement t= 30 ans. Donc :

$$\text{CAA} = 290874473,8 / 30 = \mathbf{9695815,793\text{DA}}$$

- **Coût annuel de la station**

$$\text{CTOT ST} = \text{CAA} + \text{CF TOT}$$

$$\text{CTOT ST} = 9695815,793 + 43631171,07 = \mathbf{53326986,86\text{ DA}}$$

VI.7.5. Calcul du prix du m³ d'eau épurée

Le volume total annuel d'eau épurée en l'an 2036 est : $V_{\text{an}} = 8945 \times 365 = 3264925\text{ m}^3$.

Le coût du m³ épurée (Ce) ce calcul alors

$$Ce = CTOT ST / VAN$$

$$Ce = 53326986,86 / 3264925 = 16,33DA$$

Tous les calculs sont résumés dans le tableau VI.3

Tableau VI.25 : Estimation le coût du projet.

Désignation	Unité	Coûts
Coût d'investissement		
Coût de terrassement	DA	6753025
Coût total du béton armé	DA	159460960
Coût total de génie civil	DA	166213985
Coût des VRD	DA	41553496,25
Coût des équipements électromécaniques et électriques	DA	83106992,5
Coût total des investissements de la station	DA	290874473,8
Coût de fonctionnement		
Coût de main d'œuvre	DA	14543723,69
Coût de renouvellement du matériel électromécanique	DA	14543723,69
Coût des frais financiers	DA	14543723,69
Coût de fonctionnement total	DA	43631171,07
Coût d'amortissement	DA	9695815,793
Coût total de la station	DA	53326986,86
Coût de m ³ d'eau épurée	DA	16,33

VI.8. Conclusion

Dans cette section, nous avons récapitulé les étapes essentielles pour mener à bien notre projet d'extension, en mettant un accent particulier sur l'organisation du chantier afin d'assurer une mise en œuvre efficace. Après avoir évalué le coût du béton armé et des infrastructures (coût d'investissement), ainsi que les coûts de fonctionnement, nous avons établi une estimation complète du budget requis pour le projet.

Conclusion

Général

Conclusion générale

En conclusion, ce travail sur la station d'épuration des eaux usées à oxydation alternée d'Aïn Bessam, dans la wilaya de Bouira, a permis d'analyser en profondeur les aspects techniques et opérationnels nécessaires à la mise en place d'une infrastructure de traitement moderne et performante. Le dimensionnement rigoureux et les calculs hydrauliques détaillés ont conduit à la conception d'une station optimisée pour répondre aux besoins croissants en traitement des eaux usées dans cette région. L'adoption du système d'oxydation alternée a été une décision stratégique, garantissant non seulement une efficacité accrue dans le traitement des eaux usées, mais aussi une réduction significative des impacts environnementaux. Ce projet s'avère crucial pour la gestion durable des ressources en eau et améliore substantiellement les conditions sanitaires et environnementales locales, dans une région où la gestion de l'eau constitue un défi majeur. En somme, la station d'Aïn Bessam représente un pas significatif vers une gestion plus efficace et responsable des eaux usées, contribuant ainsi à la préservation de l'environnement et au bien-être des communautés locales.

Bibliographie

- [1] **Metcalf & Eddy, Inc.** (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4ème édition, McGraw-Hill.
Cet ouvrage est une référence clé pour le traitement des eaux usées, couvrant des technologies comme l'oxydation par boues activées et le dimensionnement des équipements.
- [2] **Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D.** (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. 5ème édition, McGraw-Hill.
Source détaillée sur les techniques de récupération des ressources, incluant la digestion anaérobie et la récupération d'énergie dans le cadre du traitement des eaux usées.
- [3] **Henrion, R.** (2006). *Traitement des eaux usées urbaines et industrielles*. Éditions Tec & Doc.
Présente un panorama des technologies de traitement appliquées aux stations d'épuration, notamment les processus biologiques et chimiques.
- [4] **Díaz, J., & Iglesias, O.** (2007). *Filtration and Dewatering Technologies*. Water Environment Federation (WEF).
Guide technique sur la filtration et la déshydratation des boues, essentiel pour la conception et l'optimisation des systèmes d'épuration.
- [5] **OECD** (2008). *Water Quality and Agriculture: Meeting the Policy Challenge*. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
Rapport sur les politiques de gestion de l'eau, avec un focus sur la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture.
- [6] **AFNOR** (2013). *Normes relatives à la gestion des boues et des eaux usées*. AFNOR Éditions.
Recueil de normes fournissant des lignes directrices pour la gestion des eaux usées et des boues dans des contextes agricoles et industriels.
- [7] **Grady, C. P. L., Daigger, G. T., Love, N. G., & Filipe, C. D. M.** (2011). *Biological Wastewater Treatment*. 3ème édition, IWA Publishing.
Traite en profondeur des processus biologiques de traitement des eaux usées, avec un focus sur la gestion des nutriments et des systèmes microbiens.
- [8] **UNESCO** (2009). *Sustainable Water Resources Management: Wastewater Treatment Technologies*. UNESCO.
Présente une vue d'ensemble des technologies de traitement des eaux usées dans une perspective de gestion durable des ressources en eau.
- [9] **Droit et environnement.** (2020). *Législation en matière de gestion des eaux usées et de l'irrigation en agriculture*. Éditions du Jurisclasseur.
Analyse des régulations encadrant l'usage des eaux usées pour l'irrigation agricole, avec des recommandations pour la conformité environnementale.
- [10] **Richard, Y.** (2019). *Pompage et transport des fluides*. Éditions Dunod.
Traite des systèmes de pompage et de transport des boues dans les infrastructures de traitement des eaux usées, en particulier dans le secteur industriel.
- [11] **Metcalf & Eddy.** (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill.
Référence sur les systèmes à boues activées, la gestion des boues, et les processus de dénitrification et d'oxydation alternée.
- [12] **Mara, D., & Horan, N.** (2003). *The Handbook of Water and Wastewater Microbiology*. Academic Press.
Ouvrage clé sur les aspects microbiologiques des stations de traitement des eaux usées, en particulier les microorganismes dans les systèmes à boues activées.

- [13] **Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H.** (2004). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill.
Analyse approfondie des techniques de traitement des eaux usées, incluant la nitrification et la dénitrification.
- [14] **Gillot, S., Héduit, A., & Lestienne, F.** (2000). *Optimisation des systèmes d'aération des stations d'épuration à boues activées*. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 13(2), 123-144.
Cet article se concentre sur l'optimisation des systèmes d'aération, un élément crucial pour les procédés d'oxydation alternée.
- [15] **Henze, M., Van Loosdrecht, M. C. M., Ekama, G. A., & Brdjanovic, D.** (2008). *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*. IWA Publishing.
Traite des principes et du dimensionnement des systèmes de traitement biologique, incluant les boues activées.
- [16] **Gray, N. F.** (2004). *Biology of Wastewater Treatment*. Imperial College Press.
Un texte fondamental pour comprendre les interactions biologiques dans les procédés de traitement des eaux usées, notamment l'élimination des nutriments.
- [17] **Degrémont.** (2007). *Mémento Technique de l'Eau*. Veolia Water.
Ouvrage de référence pour la gestion des stations d'épuration, avec des informations pratiques sur l'oxydation alternée.
- [18] **Odegaard, H., Rusten, B., & Westrum, T.** (1994). *A New Moving Bed Biofilm Reactor - Applications and Results*. *Water Science and Technology*, 29(10-11), 157-165.
Compare les systèmes de boues activées et ceux utilisant des biofilms, utiles pour évaluer des alternatives au procédé d'oxydation alternée.
- [19] **Rittmann, B. E., & McCarty, P. L.** (2001). *Environmental Biotechnology: Principles and Applications*. McGraw-Hill.
Ouvrage sur les principes biotechnologiques du traitement des eaux usées, avec une attention particulière aux processus de nitrification et de dénitrification.
- [20] **Ekama, G. A., Barnard, J. L., Gunthert, F. W., Krebs, P., McCorquodale, J. A., Parker, D. S., & Wahlberg, E. J.** (1997). *Secondary Settling Tanks: Theory, Modelling, Design and Operation*. IAWQ.
Guide essentiel pour la conception et l'optimisation des bassins de clarification dans les stations d'épuration.
- [21] **Metcalf & Eddy** (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th Edition. McGraw-Hill.
- [22] Cet ouvrage de référence propose des solutions techniques pour le traitement des eaux usées et présente des concepts liés au dimensionnement des systèmes d'épuration.
- [23] **Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie** (2010). *Conception et dimensionnement des ouvrages de gestion des eaux pluviales*.
a. Guide technique sur le dimensionnement des ouvrages hydrauliques, y compris les déversoirs d'orage et bassins de rétention.
- [24] **Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D.** (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill Education.
a. Manuel détaillé traitant des systèmes d'épuration des eaux usées et des infrastructures associées.

- [25] **Norme AFNOR EN 752** (2008). *Systèmes d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Exigences générales*.
- Norme qui décrit les exigences générales pour la conception et la gestion des systèmes d'assainissement.
- [26] **Bazinet, R.** (2012). *Hydraulique des réseaux d'assainissement: calculs de dimensionnement*. Éditions Techniques de l'Ingénieur.
- Cet ouvrage traite des aspects techniques et pratiques pour le calcul du dimensionnement des réseaux et déversoirs d'assainissement.
- [27] **Rieder, H., & Rutschmann, P.** (2007). *Déversoirs d'orage: Guide pour la conception et le dimensionnement*. Verlag Technische Hydraulik.
- Ouvrage traitant spécifiquement du dimensionnement et du fonctionnement des déversoirs d'orage dans les systèmes unitaires.
- [28] **Cemagref** (2011). *Évaluation des performances des ouvrages d'épuration*.
- Document technique sur l'évaluation et le dimensionnement des systèmes d'épuration des eaux usées, y compris les dispositifs de régulation des débits.
- [29] **Bonnin, G.**, *Techniques de refoulement en stations de traitement des eaux usées*, Revue des Sciences de l'Eau, Vol. 27, 2014.
- Cet article fournit une analyse technique des systèmes de refoulement dans les stations de traitement des eaux usées, notamment les aspects hydrauliques et mécaniques.
- [30] **Organisation Mondiale de la Santé (OMS)** (2006). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater*.
- [31] Un guide pour l'utilisation sécuritaire des eaux usées, qui inclut des recommandations sur la gestion des débits dans les infrastructures de traitement.
- [32] **Groupe Hybaco** (2007). *Ouvrages hydrauliques et dimensionnement des systèmes de régulation des eaux pluviales*.
- Document technique traitant du dimensionnement des seuils latéraux dans les déversoirs d'orage et des installations associées.
- [33] **DRE Bouira.** (Année). *Étude de la station d'épuration d'Aïn Bessam*.
Direction Régionale de l'Environnement (DRE), Bouira.
- Date de publication** : [2010]
 - Éditeur** : Direction Régionale de l'Environnement (DRE), Bouira
- [34] **HyBaco.** (Année). *Données techniques de la station d'épuration*. Bureau d'études HyBaco, Tizi Ouzou.
- Date de publication** : [2010]
 - Éditeur** : Bureau d'études HyBaco, Tizi Ouzou
- [35] **Abdallaoui, M.** (2022). *Conception d'une station d'épuration des eaux usées de la ville de Rahouia (w. Tiaret) en vue de leur réutilisation à l'irrigation*. Mémoire d'ingénieur, École Nationale Supérieure d'Hydraulique (ENSH).
- Date de publication** : 2022
 - Éditeur** : École Nationale Supérieure d'Hydraulique (ENSH)
- [36] **HYBACO.**(Bureau d'étude) Source de données pour le coût du terrassement. Consulté en [2014].

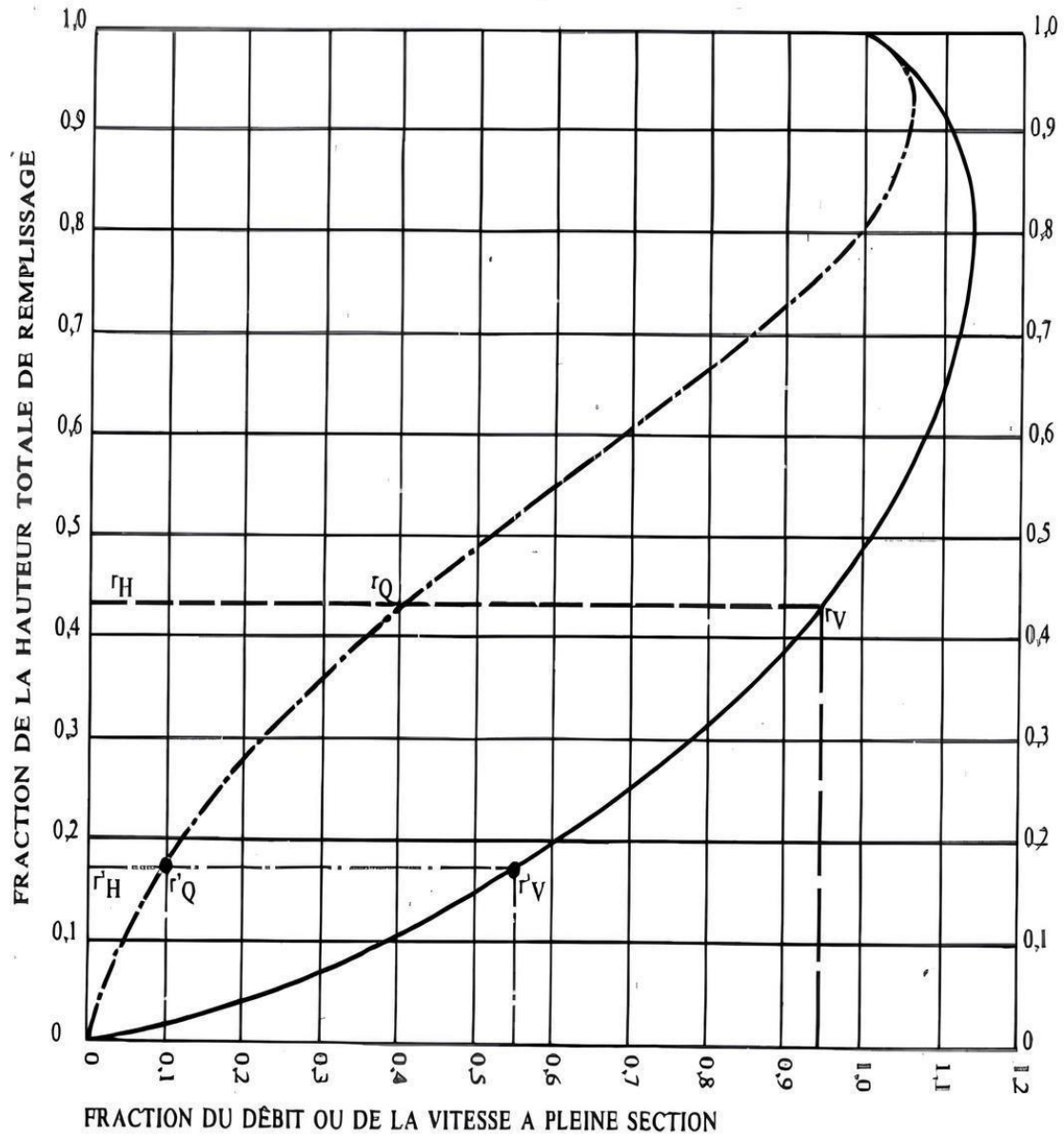
Annexe

Annexe 01

Variation des débits et vitesses en fonction du remplissage ouvrage circulaire (KERLOC'H B, MAELSTAF D, 1977)

VARIATIONS DES DÉBITS ET DES VITESSES EN FONCTION DU REMPLISSAGE

a) Ouvrages circulaires

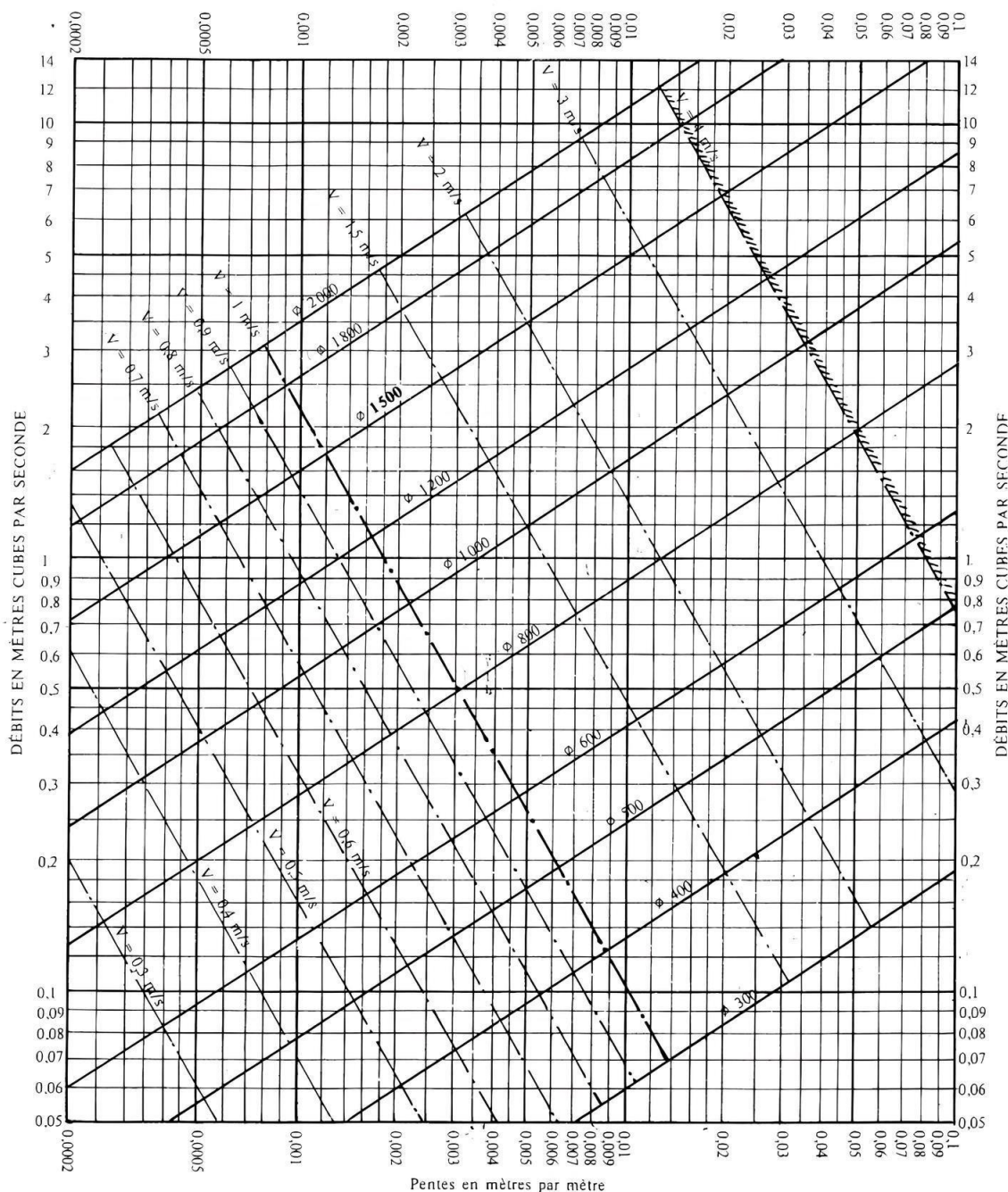


Annexe 02

Abaque pour réseau pluviaux en système unitaire ou séparatif canalisation circulaire

(KERLOC'H B, MAELSTAF D, 1977)

RÉSEAUX PLUVIAUX EN SYSTÈME UNITAIRE OU SÉPARATIF
(Canalisations circulaires)



Nota. - La valeur du coefficient de Bazin a été prise égale à 0,46. Lorsque la pose des canalisations aura été particulièrement soignée, et surtout si le réseau est bien entretenu, les débits pourront être majorés de 20 % ($\gamma = 0,30$). A débit égal, les pentes pourront être réduites d'un tiers.