

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la Terre
Département de Biologie

Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Par : DOUADI Imane et BENABDERRAHMANE Yamina

Thème

**Situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles
dans la vallée du M'Zab -wilaya de Ghardaïa-**

Soutenu publiquement le :

Devant le jury :

Mr. KHELLAF Khoudir	Maître de Conférences B	Univ. Ghardaïa	Président
M^{lle}. BENHEDID Hadjira	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M^{me}. MEBAREK OUDINA Asmahane	Maître Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur

Année universitaire 2020/2021

Remerciement

Tout d'abord, avec la grâce d'Allah et sa volonté qui nous avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

*On tient à remercier **M^{me}. BENHEDID Hjira** , Maître Assistant A à Université de Ghardaïa d'avoir accepté de nous en cadrer sur ce thème et pour son attention de suivi ce travail*

*On tient aussi, à remercier les membres de jury **Mr. KHELLAF***

Khoudir** Maître de Conférences B Université de Ghardaïa et **M^{me}.

***MEBAREK OUDINA Asmahane**, Maître Assistant A à Université de Ghardaïa d'accepter à examiner notre travail de recherche et leurs orientations afin d'évaluer ce travail.*

*Nous tenons à remercier, **Mr. CHOUIREB Mustafa**, **Mr Kara Bahimet** **Mr. KACI Mahfoud** d'avoir nous orienté, de nous conseiller et pour leurs instructions.*

*Les analyses physico-chimiques ont été réalisées au niveau d'**STEP Kef Dokhan El Atteuf Ghardaïa**. On tient à remercier toute l'équipe travaillante à l'**ONA** pour nous aider et nous apprendre les techniques d'analyses des eaux durant le stage pratique chez eux.*

Alafinontientàremerciertoutpersonnequinousavancerlesfacilitéspourré aliser notre travail de recherche ,également tous lesenseignantsetlespersonnelstechniquesetadministratifdel'universitéde Ghardaïa et tous les étudiants de la promotion2020/2021

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents pour leur générosité et leurs sacrifices

À mes frères

Ali, Mohamed abd al Rahman

À ma sœur Fatima

À mes oncles et mes tantes

À toute ma famille

À mes collègues À tous mes amis sans exception, e

*En fin je dédie ce travail à toutes les personnes qui de près ou de loin
m'ont apporté leurs aides*

À tout du fond de mon cœur je vous dédie ce travail

Imane



Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 01	Type de canalisation	06
Tableau 02	Normes de rejet des eaux usées	12
Tableau 03	Normes européenne de rejet des eaux usées	13
Tableau 04	Normes européenne de rejet des eaux usées	14
Tableau 05	Normes de réutilisation des eaux usées épurées	15
Tableau 06	Recensement général de la population et de l'habitat 2020 dans wilaya de Ghardaïa	18
Tableau 07	Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2009 à 2020	25
Tableau 08	Evolution de la ; production des eaux usées dans la vallée du M'Zab	31
Tableau 09	données de bases de la STEP	33
Tableau 10	Résultats d'analyse des eaux usées	35
Tableau 11	Situation des réseaux de la ville de Ghardaïa par commune	46
Tableau 12	Points noirs	48
Tableau 13	Liste non exhaustive des espèces d'oiseaux inventoriées au niveau des bassins du lagunage et de milieu récepteur	72

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	Schéma général d'une station d'épuration par boues activée	09
Figure02	Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel de l'Eau	10
Figure03	Position géographique de la région de Ghardaïa	18
Figure 04	Situation géographique du périmètre de Kef Doukhane	19
Figure 05	Recensement général de la population pour l'année 2020 dans wilaya de Ghardaïa	20
Figure 06	Limites de la vallée de l'oued M'Zab	22
Figure 07	Coupe géologique schématique traitée de la vallée du M'Zab	23
Figure 08	Domaine du Système d'Aquifère du Sahara Septentrional (SASS)	24
Figure 09	Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (2009-2020)	26
Figure10	Graphique des cumuls pluviométriques moyenne mensuelle annuels de la période (2009-2020)	26
Figure 11	Vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (2009-2020)	27
Figure 12	Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (2009-2020)	28
Figure 13	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN à Ghardaïa (2009-2020)	28
Figure 14	Climagramme d'EMBERGER de Ghardaïa.	29
Figure 15	Evolution de la production d'eaux usées dans la vallée du M'Zab	31
Figure 16	Collecte principale de l'eaux usée de la vallée de M'Zab	31
Figure17	Vue aérienne de la STEP d'El Atteuf 2021	33
Figure 18	Approche méthodologique	37
Figure 19	Réseau d'assainissement	47

Figure 20	Station d'épuration Kef Dokhane	51
Figure 21	Principe de fonctionnement des bassins primaires	53
Figure 22	Principe de fonctionnement des bassins secondaires	54
Figure 23	Variations des T° dans les eaux usées de la STEP	56
Figure 24	Variations des pH dans les eaux usées de la STEP	57
Figure 25	Variations de salinité dans les eaux usées de la STEP	58
Figure 26	Variations des CE dans les eaux usées de la STEP	59
Figure 27	Variations des O ₂ dans les eaux usées de la STEP	60
Figure 28	Variations des NT dans les eaux usées de la STEP	60
Figure 29	Variations des dans NH ₄ ⁺ les eaux usées de la STEP	61
Figure 30	Variations des NO ₂ -dans les eaux usées de la STEP	62
Figure 31	Variations des NO ₃ -dans les eaux usées de la STEP	63
Figure 32	Variations des PO ₄ ⁻³ dans les eaux usées de la STEP	64
Figure 33	Variations des MES dans les eaux usées de la STEP	65
Figure 34	histogramme des rendements MES de station d'opération Ghardaïa	65
Figure 35	Variations des DCO dans les eaux usées de la STEP	66
Figure 36	Histogramme des rendements DCO de station d'opération Ghardaïa	66
Figure 37	Variations des DBO ₅ dans les eaux usées de la STEP	68
Figure 38	Histogramme des rendements DBO ₅ de station d'opération Ghardaïa	68
Figure 39	Histogramme des rendements DCO/DBO ₅ de station d'opération Ghardaïa	69

Liste des photos

N°	Titre	Page
Photo 01	Rejets des eaux usées dans le lit de l'oued à l'aval de Bounoura	
Photo 02	Rejets de eaux usée dans le lit de oued M'Zab	36
Photo 03	pH meter	39
Photo 04	conductimètre	39
Photo 05	Oxy-mètre	40
Photo 06	Spectrophotomètre	41
Photo 07	Balance électrique	42
Photo 08	Filtration	42
Photo 09	Etuve chauffée	42
Photo 10	Duscature	42
Photo 11	Réfrigérateur conservant	45
Photo 12	Collecteurs d'amenée des eaux usées	50
Photo 13	Dégrilleur et dessableur	52
Photo 14	Répartiteurs principales vers les bassins primaires et secondaires	52
Photo 15	Lagunes primaires et secondaires	54
Photo 16	Lits de séchage	55
Photo 17	Rejet final vers Oued M'Zab	55
Photo 18	tamaris	70
Photo 19	Halocnemums	70
Photo 20	Espèces végétales dominant dans le milieu récepteur	71
Photo 21	Olivier	71
Photo 22	Quelques espèces observées au sein du milieu récepteur	72

Liste des abréviations

ADE	Algérienne Des Eaux
ANDI	Agence Nationale de Développement de l'Investissement
AEP	Alimentation en Eau Potable
ANRH	Agence National des Ressources Hydrique
ASR	Anaérobies Sulfito-Réducteur
CE	Conductivité Electrique
CEC	Capacité d'Echange Cationique
CI	Complexe Intercalaire
CT	Complexe Terminal
DBO	Demande Biochimique en Oxygène
DCO	Demande Chimique en Oxygène
DPSB	Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires
Hr	Humidité Relative
IPA	Institut Pasteur D'Algérie
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
Mg/l	Milligramme par Litre
OMS	Organisation Mondial de la Santé
ONA	Office National de l'Assainissement
P	Précipitations
pH	Potentiel Hydrogène
ST	Streptocoque
STEP	Steppe
SASS	Système d'Aquifère du Sahara Septentrional (SASS)
T	Température
T moy	Température Moyenne
TH	Titre Hydrotimérique.
TM	Température Maximale
Tm	Température Minimale
UNESCO	Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture
V	Vent
µS/cm	Micro-Siémens par Centimètre

Table de matière

Introduction	
Chapitre I :Gestion des eaux non conventionnelles.....	03
1.Définition des eaux usées.. ..	03
2. Types des eaux usées.....	03
2.1. Eaux usées domestiques	03
2.2. Eaux usées industrielles.....	04
2.3. Eaux pluviales.....	04
2.4. Eaux agricoles.....	04
3. Assainissement.....	04
3.1. Systèmes collectif.....	04
3.1.1. Système unitaire.....	05
3.1.2. Système séparatif	05
3.2.Système autonome	05
4. Ouvrages principaux	05
4.1. Canalisations.....	06
4.1.1. Types de canalisations	06
5. Techniques de traitement des eaux usées	06
5.1.Etapes de traitement.....	07
5.1.1. Prétraitement	07
5.1.2. Traitements primaires	07
5.1.3. Traitements secondaires.....	07
5.1.3.1. Différents procédés d'épuration biologiques	07
5.1.4. Traitement tertiaire.....	11
5.1.5. Traitement des boues	11
6. Normes de rejet des eaux usées.....	12
6.1. Normes de l'OMS	12
6.1.1.Normes européennes	12
6.1.2. Normes algériennes.....	13
7. Principales voies de réutilisation des eaux usées	15
Conclusion.....	17
Chapitre II:Matériel d'études.....	18

1. Présentation de la zone d'étude	18
2.1. Localisation géographique.....	18
2.2. Démographie	19
2.3. Pédologie	21
2.4. Hydrologie.....	21
2.5. Vallée du M'Zab	21
2.6. Géologie.....	22
2.7. Aspect hydrogéologique	23
2.7.1. Nappe phréatique	23
2.7.2. Nappe du Continental Intercalaire	24
3. Climat.....	24
3.1. Température.....	25
3.2. Précipitation.....	26
3.3. Vents.....	27
3.4. Humidité relative de l'air	27
2.5. Classification du climat	28
3.5.1. Diagramme Ombrothermique	28
3.5.2. Climagramme d'EMBERGER.....	29
4. Gestion des eaux non conventionnelles	30
4.1. Collecte des eaux usées	30
4.1.1. Situation antérieure	30
4.1.2. Situation actuelle.....	30
4.2 Traitement des eaux usées	32
4.2.1. Situation antérieure	32
4.2.1. Situation actuelle.....	32
4.3. Rejets des eaux usées	34
4.3.1. Situation intérieure.....	34
4.3.2. Situation actuelle.....	36
Chapitre III Méthodes d'études.....	37
1. Approche méthodologique	37
1.1. Enquêtes.....	38
1.2. Etude de la qualité des eaux usées brutes et épurées	38
1.3. Prélèvement et échantillonnage	38

2. Méthodes d'études.....	38
2.2. Analyses physico-chimiques	38
2.2.1. pH.....	38
2.2.2. Détermination de la conductivité électrique, salinité.....	39
2.2.5. Oxygène dissous	40
2.2.6. Détermination de NT, N-NH ₄ ⁺ , N-NO ₂ ⁻ , N- NO ₃ ⁻ ., PO ₄ -3	40
2.2.7. Matière en suspension.....	41
2.2.8. Demande chimique en oxygène	42
2.2.9. Demande biochimique en oxygène	43
Chapitre IV : Résultats et discussions	46
1. Enquêtes.....	46
1.1. Origines des eaux usées de la ville de Ghardaïa.....	46
1.2. Situation des réseaux de la ville	46
1.3. Réseau d'assainissement.....	46
2.. Différentes étapes de traitement des eaux usées	50
2.1. Lagunage naturel	50
2.2. Prétraitement:.....	51
2.2.1.Dégrillage/dessablage	52
2.3.Traitement primaire	53
2.4.Traitement secondaire.....	53
2.5.Traitement des boues	54
2.6. Evacuation des eaux traitées.....	55
3.Analysesphysico-chimiques	56
3.1. Température :.....	56
3.2. pH	57
3.3.Salinité.....	57
3.4.Conductivité électrique.....	58
3.5. Oxygène dissous	58
3.6. Azote total.....	60
3.7. Azote ammoniacal	61
3.8.Nitrates.....	61
3.9. Nitrates.....	62
3.10. Phosphore total	63

3.11.Matière en suspension	64
3.12.DCO.....	65
3.13.DBO5	67
3.14.DCO/DBO4.....	69
4. Réutilisation des eaux épurées dans la zone de Ghardaïa	70
4.1. Culture expérimentale de l'olivier dans la STEP	70
4.2.Espèces végétales spontanées	71
4.3. Création d'une zone humide.....	72
Conclusion	
Références bibliographiques	
Annexe	

Introduction

Introduction

L'eau est un élément primordial dans la vie humaine. Elle doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégé par les autorités et les individuelles. Les ressources en eaux en Algérie sont limitées et vulnérables et mal réparties en raison de climat saharien qui caractérise la majorité du territoire. Des nombreuses villes des pays en voie de développement connaissent une croissance démographique exponentielle ; leur besoin en nourriture et en eaux croît continuellement. Ce qui engendre des problèmes multiples et complexes (KARA et AMMISAID, 2020).

L'intérêt porté par les pouvoirs publics Algériens au traitement des eaux usées s'est manifesté par l'allocation de crédits importants à la réalisation de stations d'épurations qui sont en nombre d'une centaine déjà réalisées ou en voie de réalisation (DJEDDI, 2007).

Les eaux usées, d'origine domestique, sont collectées par un réseau d'assainissement (séparatifs, unitaires) pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Dans la station, le traitement varie en fonction de la nature de ces eaux usées et de la sensibilité à la pollution du milieu récepteur. Ces stations sont dimensionnées pour traiter une certaine charge de pollution et assurer un rejet conforme d'élimination de la charge polluante des eaux usées en particulier la pollution carbonée (DCO, DBO5), les MES, la turbidité, les matières azotées, le pH et la température de l'eau. Les principales tâches effectuées sont le prétraitement (dégrillage, dessablage, déshuilage), le traitement primaire (décantation, coagulation, floculation), traitement complémentaire (filtration sur lit de sable, désinfection, élimination de l'azote et phosphore en excès), traitement des boues (déshydratation, séchage thermique ou incinération, stabilisation) (REZIG, 2012).

(BAZZA et XANTHOULIS, 2005), ont montré que les eaux usées épurées peuvent avoir des impacts défavorables, tels que la pollution du sol, des eaux souterraines et de surface, qui restent parmi les inconvénients potentiels les plus importants. De ce fait, en raison de la nature variable et de la composition de ressources hydriques, leurs réutilisations doivent être gérées soigneusement, surveillées et contrôlées par des spécialistes (CHENINI et al, 2005).

La réutilisation des eaux usées après traitement apparaît comme une alternative souhaitable afin de mobiliser les ressources en eau conventionnelles pour l'approvisionnement domestique et d'autres usages prioritaires de la population Algérienne.

Cependant, en Algérie, peu d'importance est accordée à l'épuration des eaux usées. En effet, pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85 %, seuls 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées. De plus, les ouvrages de traitement et d'épuration des eaux comprennent essentiellement une station d'épuration et des lagunes sont exclusivement destinées aux rejets dans le milieu sans objectif de réutilisation (HARTANI, 2004).

Selon TAMRABET, (2011), l'utilisation des eaux usées est une pratique très répandue dans la plupart des pays du monde et les pays méditerranéens, dont les principaux projets d'utilisation sont consacrés à l'irrigation agricole et la recharge des aquifères .La réutilisation peut être considérée comme une partie intégrante de la lutte contre la pollution de l'environnement et de la stratégie de gestion de l'eau. Ces eaux récupérées peuvent être considérées comme une source précieuse d'eau. Elle peut présenter des avantages pour la santé publique, l'environnement, le développement économique et agricole (PNUE, 2005). Selon (BERDAI et *al.*, 2004), les eaux usées épurées présentent une valeur fertilisante appréciable. Les apports en matière organique par les eaux usées épurées permettent à long terme d'augmenter la fertilité naturelle du sol sur le plan physique, chimique et biologique.

Notre travail de recherche a pour objectif d'étudier la situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles dans la vallée de M'Zab.

Afin d'atteindre notre objectif, notre approche méthodologique consiste à étudier la situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles dans la vallée de M'Zab par une enquête sur terrain et des mesures physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la station d'épuration.

Cette étude s'articule autour de trois grandes parties dont:

- La première se rapporte à une synthèse bibliographique sur la gestion des eaux non conventionnelles.
- La deuxième partie est consacrée à la présentation du site expérimental, de notre approche méthodologique de recherche et les différentes méthodes d'analyses des échantillons utilisés dans cette étude.
- La troisième partie traite des résultats et discussions, le tout est couronné par une conclusion générale, complétée par des perspectives de valorisation et recommandations.

*Chapiter I: Gestion
des eaux non
conventionnelles*

Chapitre I : Gestion des eaux non conventionnelles

Introduction

Les rejets des eaux après usage sont augmentés et multipliés avec l'accroissement démographique et l'expansion des villes qui génère des différentes catégories de déchets. Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances polluantes, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogènes, menacent la qualité de l'environnement dans sa totalité. C'est pour ça, leurs traitements avant la réutilisation est une pratique nécessaire pour la conservation des ressources en eaux et en sols.

1. Définition des eaux usées

Les eaux rejetées après leurs utilisations pour les activités domestiques, industrielles, artisanales ou agricoles et celles déversées à la suite d'évènements pluvieux constituent les eaux usées. Celles-ci sont généralement classées en 04 grandes catégories (SAWADOGO, 2018 ; BOUHANNA, 2014) :

- les eaux usées domestiques,
- les eaux usées industrielles,
- les eaux pluviales et de ruissellement,
- Les eaux agricoles.

2. Types des eaux usées

Il existe différents types d'eaux usées, en fonction de leur origine et la qualité des substances polluantes ; on distingue quatre catégories des eaux usées : les eaux usées domestiques, industrielles, pluviales et agricoles (MTAHRI, 2012).

2.1. Eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont essentiellement porteuses de pollution organique. Elles se répartissent en (NADER, 2014) :

- eaux ménagères, qui ont pour origine les salles de bains et les cuisines, et sont généralement chargées de détergents, de graisses, de solvants, de débris organiques...etc.
- en eaux vannes ; il s'agit des rejets des toilettes chargés de diverses matières organiques azotées et de germes fécaux.

2.2. Eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques azotées ou phosphorées, elles peuvent également contenir des produits toxiques, (arsenic, acide) sulfurique, du cyanure et divers métaux lourds (NEGAIS, 2015).

2.3. Eaux pluviales

Ce sont des eaux de ruissellement qui se forment après une précipitation. Elles peuvent être particulièrement polluées, surtout en début de pluie, par deux mécanismes (FRANK, 2002 ; RODRIGEZ-GRACIA, 2004):

- le lessivage des sols et des surfaces imperméabilisées. Les déchets solides ou liquides déposés, par temps sec, sur ces surfaces, sont entraînés dans le réseau d'assainissement par les premières précipitations qui se produisent ;
- la remise en suspension des dépôts des collecteurs. Par temps sec, l'écoulement des eaux usées dans les collecteurs du réseau est lent, ce qui favorise le dépôt des matières décanables. Lors d'une précipitation, le flux d'eau, le plus important permet la remise en suspension de ces dépôts.

2.4. Eaux agricoles

Engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle des pollutions diffuses. Les eaux agricoles issues de terres cultivées chargés d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantité telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues (METAHRI, 2012).

3. Assainissement

C'est un réseau public de collecte et de transport des eaux usées vers une station d'épuration (DEGREMENT, 2005 ; GUENOUI, 2019) :

3.1. Systèmes collectif

Dans ce système les eaux usées sont collectées par deux types de réseaux : unitaire ou séparatif.

3.1.1. Système unitaire

C'est un système qui reçoit dans les mêmes canalisations deux types des eaux, usées et pluviales.

3.1.2. Système séparatif

L'assainissement des eaux se fait cette fois-ci au moyen de deux collecteurs, l'un étant réservé aux eaux usées et l'autre aux eaux pluviales (GERARD, 2009). Il consiste à spécialiser chaque réseau selon la nature des effluents. Ce système présente, par ailleurs certains avantages : Il permet d'évacuer rapidement et efficacement les eaux les plus polluées, sans aucun contact avec l'extérieur, Il assure à la station d'épuration qui traite les eaux collectées un fonctionnement régulier (BECHIR, 1999).

3.2. Système autonome

Tout le monde ne peut être raccordé à un réseau de collecte à une station de l'opération. En effet, habitat est souvent dispersé et la densité de population faible, ce qui rend aberrante la réalisation d'un réseau d'assainissement (THOREZ, 2002).

De ce fait presque tous les résidents de maisons rurales dépendent d'un système à fosse septique sur place pour traiter leurs eaux usées critiques domestiques (DAVIDSON et DOWNEY, 2011).

Il s'agit d'une cuve en béton reçoit l'ensemble des eaux usées l'habitation (eau vannes et eaux ménagères, à l'exclusion de toute eau pluviale), les solides se déposent et les matériaux flottants remontent à la surface. le liquide en partie épuré s'écoule d'un exutoire à travers les quelles les eaux usées peuvent couler et se filtrer dans le sol ou elles seront oxydées en aérobie. La matière qui saunage et les solides qui se sont déposés subissent une décomposition anaérobie (THOREZ, 2002).

4. Ouvrages principaux

Elles correspondent au développement de l'ensemble du réseau jusqu'à l'entrée des effluents dans la station d'épuration.

Les ouvrages principaux sont constitués de tuyaux cylindriques ou ovoïdes, ou d'ouvrages visitables pour les grandes évacuations (SATIN et BECHIR, 1999).

4.1. Canalisations

Elles se présentent sous plusieurs formes cylindriques préfabriquées en usine. Elles sont désignées par leurs diamètres intérieurs, dit diamètres nominaux exprimés en millimètre, ou ovoïdes préfabriqués désignés par leur hauteur exprimée en centimètre et, des ouvrages visitables (TOURABI, 2015).

4.1.1. Types de canalisations

Il existe plusieurs types de conduites qui sont différents suivant leur matériau, leur forme et leur destination. On distingue (Tabl. 01) (BELARBI, 2008):

Tableau 01: Type de canalisation (BELARBI, 2008)

Types de canalisation	Figure des canalisations
Conduites en béton non armé	
Conduites en béton armé	
Conduites en amiante – ciment	
Conduites en fonte ductile	
Conduites en chlorure de polyvinyle (P.V.C) non plastifié	
Conduites en ovoïdes	

5. Techniques de traitement des eaux usées

Par le terme d'épuration des eaux usées, on entend toutes les techniques qui contribuent à diminuer la teneur en composés indésirables contenus dans les eaux usées par des procédés biologiques, chimiques et/ou mécaniques (BLIEFERT et PERRAUD, 2001). Chaque étape de traitement est précisée pour la réduction de degré de polluants (BERNE et CORDONNIE, 1991) :

- Le prétraitement pour l'élimination de la pollution en suspension (MES granuleuse, les graisses, l'huile, le sable, les argiles et les gravillons) ;
- L'épuration physico-chimique pour l'élimination de la pollution colloïdale (MES fines), hydrocarbures en émulsion mécanique et chimique ;

- L'épuration biologique pour l'élimination de la pollution dissoute et biodégradable ;
- L'épuration tertiaire pour l'amélioration de l'élimination de l'azote, phosphore, les mauvaises odeurs et de satisfaire les normes de rejets (MES, DCO, DBO, pH, l'azote et le phosphore) dans les milieux biologiques.

5.1. Etapes de traitement

5.1.1. Prétraitement

Les eaux brutes doivent généralement subir avant leur traitement proprement dit, un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constitueront une gêne pour les traitements ultérieurs. Il s'agit principalement des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage-déshuilage) (DEGREMONT, 1978).

5.1.2. Traitements primaires

Les traitements primaires (physico-chimiques) sont des procédés de traitement physico-chimique faisant appel à des procédés physiques : filtration et décantation, et éventuellement des procédés physico-chimiques, tels que la coagulation-floculation (NADER, 2014).

5.1.3. Traitements secondaires

Le traitement secondaire (biologique) consiste à l'utilisation de la flore bactérienne dans les eaux usées pour dégrader les matières organiques polluantes. Il constitue le second grand stade de l'épuration des eaux de raffinage. Ce stade est destiné initialement à éliminer la DBO₅ et la DCO qui subsiste après l'épuration physico-chimique (KOLLER, 2009).

5.1.3.1. Différents procédés d'épuration biologiques

a. Procédés intensifs

Les techniques les plus développées au niveau des stations d'épuration urbaines sont des procédés biologiques intensifs. Le principe de ces procédés est de localiser sur des surfaces réduites et d'intensifier les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques que l'on peut observer dans le milieu naturel (THOMAS, 1955).

a.1. Disques biologiques

Les disques biologiques (cultures fixées) ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation.

Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts par un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn⁻¹.

Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel (AOULMI, 2007).

a.2. Lits bactériens

Les lits bactériens, appelés aussi lits ou filtres à ruissellement ont été utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans.

Son principe de fonctionnement et de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse dématériau (naturel ou plastique) servent de support aux micro-organismes. Les micro-organismes qui sont fixés sur le support éliminent les matières organiques par absorption des constituants solubles et en suspension.

Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux) (GAID, 1984).

a.3. Boues activées

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Ce procédé (RODIER, 2005).

Le procédé de traitement par boues activées est un procédé de traitement biologique à culture en suspension. Il est constitué d'un réacteur biologique, où les micro-organismes flottent librement dans un liquide aéré sous forme de petits agglomérats de 3-5 mm.

Ces flocons de boues comprennent des microorganismes hétérotrophes et autotrophes nitrifiants lorsque le temps de séjour de la boue est suffisant pour que leur multiplication produise une biomasse active dans le traitement.

Le substrat contenu dans les eaux usées sert de nourriture pour la multiplication et le développement des microorganismes contenus dans la biomasse. Ils y trouvent leur source de carbone, d'azote, de phosphore et d'oligoéléments (Fig. 01).

Dans le bassin d'aération, la fourniture en oxygène est assurée par des organes électromécaniques: aérateurs de surface (turbine ou brosse), ou par insufflation d'air (soupleuseur + diffuseurs immergés) (AMIRI, 2012).

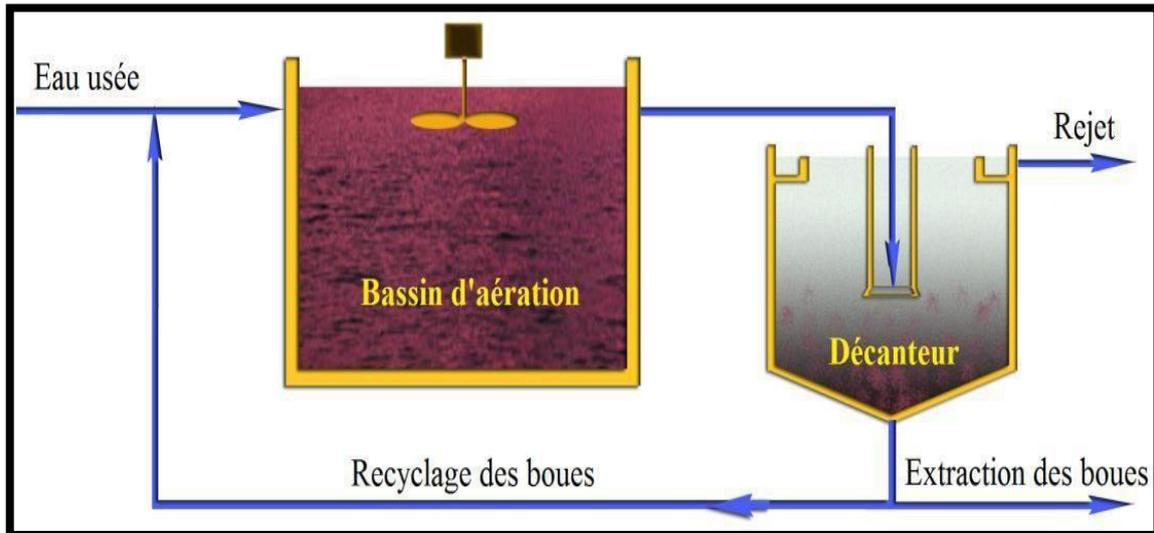


Figure 01: Schéma général d'une station d'épuration par boues activées (DINH HUAN, 2014)

b. Procédés extensifs

Ils reposent sur les phénomènes de l'autoépuration naturelle et ils demandent une faible énergie mais nécessitent, en revanche, de grandes superficies et de longs séjours des eaux usées. Du point de vue économique, ils sont moins coûteux. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc. (DRAAEL GUENDOUL et LAUNIS, 2017).

b.1. Lagunage

L'effluent prétraité séjourne pendant une durée allant de plusieurs semaines à plusieurs mois, dans des bassins peu profonds mais de grande surface. L'épuration biologique est assurée par les microorganismes se développant dans le milieu grâce à l'oxygène de la photosynthèse des algues (lagunage naturel), le fonctionnement de ce type d'installation sans électricité est possible, excepté pour le lagunage aéré pour lequel un apport d'énergie est nécessaire mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air (ZOBEIDI, 2017).

b.1.1. Différents types de lagunage

Il existe plusieurs types de lagunage: le lagunage naturel, le lagunage à microphytes, le lagunage à macrophytes et le lagunage aéré.

b.1.1.1. Lagunage naturelle

Les eaux usées admises sur un lagunage naturel sont dégradées par un écosystème constitué essentiellement d'algues microscopiques, de bactéries aérobie et anaérobie et une microfaune adaptée (Fig.01). L'oxygène dissout nécessaire à la respiration bactérienne est produit uniquement grâce aux mécanismes photosynthétiques en présence de rayonnement solaire (GREGORIO *et al.*, 2007).

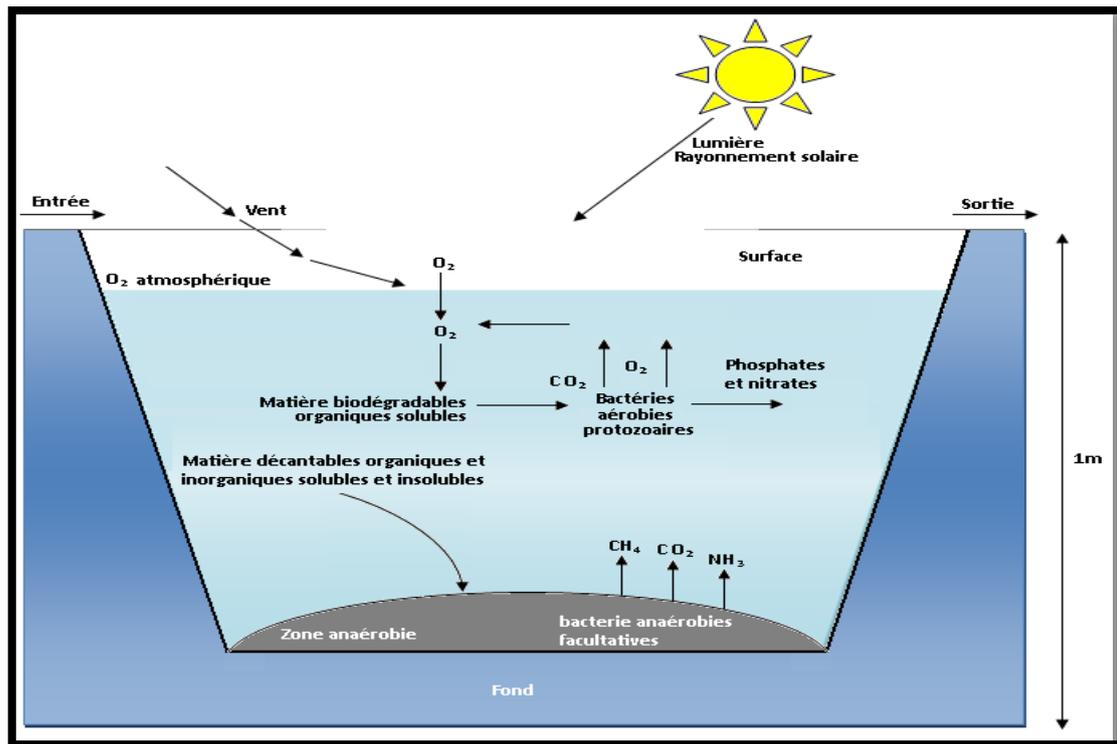


Figure 02 : Mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel (d'après Agences de l'Eau, CTGREF)(GUIDE, 1991)

Plusieurs procédés sont regroupés sous le terme lagunage naturel, dont voici les principaux :

A. Lagunage à micropyles

Le principe consiste à faire passer les eaux usées à travers des lagunes non plantées, qui sont réservées au développement du plancton. Le métabolisme algal s'accompagne d'une forte production d'oxygène qui est utilisé par les bactéries aérobies pour la minéralisation des composés organiques. Les algues utilisent le gaz carbonique libérés pour la photosynthèse (CEU, 1991 ; UNESCO, 2008).

B. Lagunage à macrophytes

Le lagunage à macrophytes est effectué dans des bassins étanches en séries dans lesquelles on cultive la laitue d'eau (*Pistiastratiotes*). Les bassins sont en général totalement couverts de plantes qui maintiennent ainsi des conditions anaérobies de dégradation de la matière organique initiée dans le décanteur-digesteur. Les boues qui remontent sont piégées par les racines des plantes où se développe une intense activité bactérienne. La fourniture d'oxygène au milieu se fait par l'intermédiaire des racines des plantes. Le retour progressif aux conditions aérobies se fait dans le dernier tiers des bassins où on maintient seulement 20 % de surface couverte par la laitue d'eau. Les deux premiers tiers sont totalement couverts et destinés à la dégradation de la matière carbonée. La profondeur optimale est de 0,7 m, et la largeur conseillée est de 3-4 m pour faciliter l'accès et l'exploitation des bassins (KONE, 2002).

b.1.1.2. Lagunage aéré

L'oxygénation est dans le cas du lagunage aéré, apportée mécaniquement par un aérateur de surface ou une insufflation d'air. Ce principe ne se différencie des boues activées que par l'absence de système de recyclage des boues ou d'extraction des boues en continu. La consommation en énergie des deux filières est, à capacité équivalente, comparable (1,8 à 2 kW/kg DBO₅ éliminée).

Dans l'étage d'aération, les eaux à traiter sont en présence de micro-organismes qui vont consommer et assimiler les nutriments constitués par la pollution à éliminer.

Dans l'étage de décantation, les matières en suspension que sont les amas de microorganismes et de particules piégées, décantent pour former les boues (AMIRI, 2012).

5.1.4. Traitement tertiaire

Appelés aussi traitements complémentaires qui visent l'élimination de la pollution azotée et phosphatée, ainsi que la pollution biologique des eaux usées, ayant déjà subi des traitements primaires et secondaires, afin d'améliorer la qualité générale de l'eau. Les traitements tertiaires s'imposent et deviennent plus que nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie (METAHRI, 2012).

5.1.5. Traitement des boues

Le fonctionnement épuratoire se traduit par l'accumulation des éléments polluants et/ou leurs produits de transformation séparés de la phase liquide par décantation ou au

cours de tout traitement d'eau, quelle qu'en soit la nature, se trouvent finalement rassemblés dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées boues (DEGREMONT, 2005).

6. Normes de rejet des eaux usées

6.1. Normes de l'OMS

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) est considérée comme la plus haute autorité dans le domaine de la santé et donne des recommandations au niveau mondial. Elle propose des normes sanitaires depuis des décennies et elle est en passe de les modifier pour les rendre plus sévères et diminuer les risques sanitaires. Ces normes (Tabl. 02) sont destinées à une utilisation internationale et sont adaptées aux pays en voie de développement (ROTBARDT, 2011).

Tableau 02 :Normes de rejet des eaux usées (OMS, 2005)

Caractéristiques	Normes	Unités
pH	6.5-8.5	-
Température	<30	°C
DBO5	<30	Mg/l
DSO	<90	Mg/l
MES	<20	Mg/l
NH+4	<0.5	Mg/l
NO2	1	Mg/l
NO3	<1	Mg/l
P2O5	<2	Mg/l
Couleur	Incolore	-
Odeur	Inodore	-

6.1.1. Normes européennes

Une directive européenne relative aux eaux urbaines résiduaires a été adoptée par le Conseil des Ministres de la Commission Economique Européenne le 21 mai 1991. Cette directive réglemente les niveaux des rejets des stations d'épuration des eaux usées urbaines (Tabl. 03).

Tableau 03 :Normes européenne de rejet des eaux usées (BENALI et THAMER, 2019)

Paramètre	Normes	Unités
pH	5.5 <pH <9.5	-
Température	<30 °C .un écart de 5°C est toléré	°C
DBO5	25	Mg/l
DCO	125	Mg/l
MES	35	Mg/l
Azote	15 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 6000 Kg/jour. 10mg/l pour une charge brute de pollution >6000 Kg/jour.	Mg/l
Phosphore	2 mg/l pour une charge brute de pollution entre 600 et 600 0Kg/jour. 1mg/l pour une charge brute de pollution >6000 Kg/jour.	Mg/l
Plomb	0.1	g/l
Hydrocarbures totaux	5	g/jour.
Composées Phénoliques	5	g/jour.

6.1.2. Norms Algériennes

Les eaux usées collectées, dans les réseaux urbains ou les eaux usées directement émises par les industries, ne doivent être rejetées dans un milieu récepteur naturel (rivière, lac, littoral marin, ou terrain d'épandage) que lorsqu'elles correspondent à des normes fixées par voie réglementaire. Le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993, du Journal Officiel de la République Algérienne réglementant les rejets d'effluents liquides, les valeurs limites de ce rejet. Ces mêmes valeurs viennent d'être renforcées par un nouveau texte réglementaire ; le Décret Exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 Avril 2006, section 1, article 3. Les valeurs limites maximales de rejet d'effluents fixées par ces deux décrets sont regroupées dans le tableau ci- dessous (Tabl. 04).

Tableau 04 : Normes européenne de rejet des eaux usées (Journal officiel algérien N°41,2012)

Paramètre	Valeurslimites	Unités
Température	30	°C
PH	6.5 a 8.5	-
MES	30	Mg/l
DBO5	30	Mg/l
DCO	90	Mg/l
Azote	30	Mg/l
Phosphore	02	Mg/l
Phosphore total	10	Mg/l
Cyanures	0.5	Mg/l
Aluminium	20	Mg/l
Cadmium	0.05	Mg/l
Fer	20	Mg/l
Manganate	10	Mg/l
Mercuré total	0.01	Mg/l

Nickel total	02	Mg/l
Plomb total	10	Mg/l
Cuivre total	05	Mg/l
Zinc total	10	Mg/l
Huiles et Grasses	20	Mg/l
Hydrocarbures totaux	20	Mg/l
Indice Phénols	0.3	Mg/l
Fluor et composés	15	Mg/l
Etain total	02	Mg/l
Composés organiques chlorés	05	Mg/l
Chrome total	01	Mg/l
(*) chrome III+	03	Mg/l
(*) chrome VI+	0.1	Mg/l
(*) Solvants organiques	20	Mg/l
(*) Chlore actif	1.0	Mg/l
(*) PCB	0.001	Mg/l
(*) Détergent	2	Mg/l
(*) Tensioactifs anioniques	10	Mg/l

7. Principales voies de réutilisation des eaux usées

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau (annexe.03), mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques. En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de réutilisation peuvent être définies :

- Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel,
- Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriels et urbains (Ecosse, 2001).

Tableau 05 : Normes de réutilisation des eaux usées épurées (JORA, 2012)

	Paramètres	Unité	Concentration maximale admissible
Physiques	PH	-	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	Mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR	ds/m	0.2
	= 0 - 3 CE		0.3
	3 - 6		0.5
	6 - 12		1.3
	12 - 20		3
20 - 40			
Chimiques	DBO5	Mg/l	30
	DCO	Mg/l	90
	CHLORURE(CI)	Meq/l	10
	AZOTE (NO3-N)	Mg/l	30
	Bicarbonate(HCO3)	Meq/l	8.5
Éléments toxiques (*)	Aluminium	Mg/l	20.0
	Arsenic	Mg/l	2.0
	Béryllium	Meq/l	0.5
	Bore	Mg/l	2.0
	Cadmium	Meq/l	0.05
	Chrome	Mg/l	1.0
	Cobalt	Mg/l	5.0
	Cuivre	Mg/l	5.0

	Cyanures	Mg/l	0.5
	Fluor	Mg/l	15.0
	Fer	Mg/l	20.0
	Phénols	Mg/l	0.002
	Plomb	Mg/l	10.0
	Lithium	Mg/l	2.5
	Manganèse	Mg/l	10.0
	Mercure	Mg/l	0.01
	Molybdène	Mg/l	0.05
	Nickel	Mg/l	2.0
	Sélénium	Mg/l	0.02
	Vanadium	Mg/l	1.0
	Zinc	Mg/l	10.0

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons arboré une petite présentation sur les eaux usées ;son origine, ces types, ces différentes étapes de traitement dans une station d'épuration, les normes de rejet des eaux usées et les normes de sa réutilisation

Chapitre II :
Matériel et méthodes

Introduction

La vallée du M’Zab est située dans la wilaya de Ghardaïa, où à partir de ce chapitre, nous avons présenté cette région à travers sa localisation géographique, sa démographie et pédologie, vallée du M’Zab, géologie, Aspect hydrogéologiques, ses caractéristiques climatiques, et la Gestion d’eaux non Conventionnelles.

1.Présentation de la zone d’étude

2.1. Localisation géographique

La ville de Ghardaïa est située dans la vallée du M’Zab, au centre du Sahara septentrional (32,5° N et 3,75° E), à environ 600 Km au Sud d’Alger, occupant une position centrale reliant le Nord au Sahara (DPSB, 2012).Elle s’étend sur une superficie de 84660,12 km², divisée en 13 communes et 7 daïras. Elle se présente essentiellement sous forme d’étendus massifs de dunes à l’Ouest (Erg El Anagueur), de plateaux crétacés découpés en petites vallées irrégulières au centre (Chebkas), de plaines caillouteuses à l’Est (Reg) et de dépressions de dimensions variables, en particulier au nord-est dans la commune de Guerrara (Dayas) (Fig.03) (OULAD-HEDDAR ET al, 2018). Elle est limitée (ANDI, 2013):

- La Wilaya de Laghouat situé à 200 Km au Nord de la ville de Ghardaïa (chef lieu),
- La Wilaya de Djelfa, 300 Km au Nord Est,
- La Wilaya d’Ouargla, 200 Km à l’Est,
- La Wilaya de Tamanrasset, 1470 Km,
- La Wilaya d’Adrar, 400 Km,
- La Wilaya d’El Bayadh, 350Km.

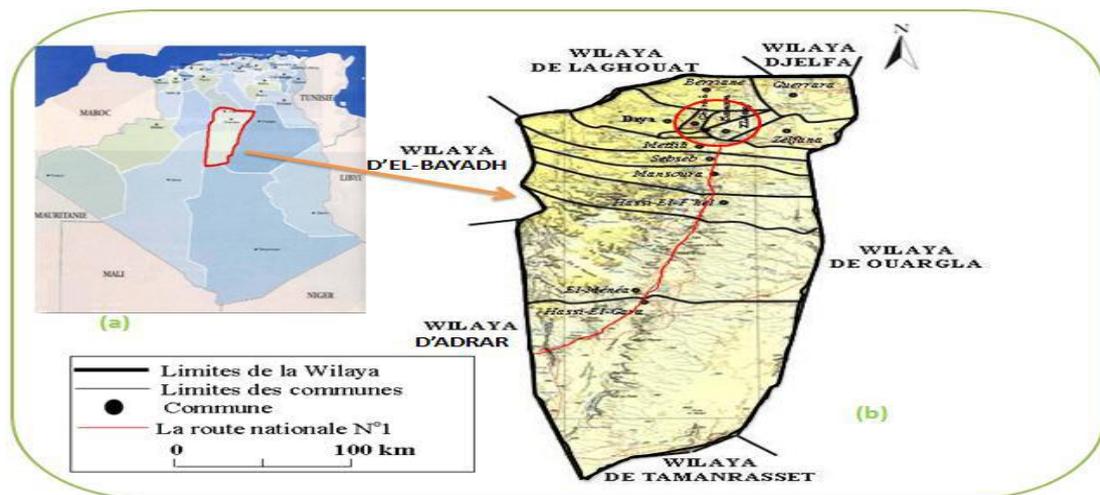
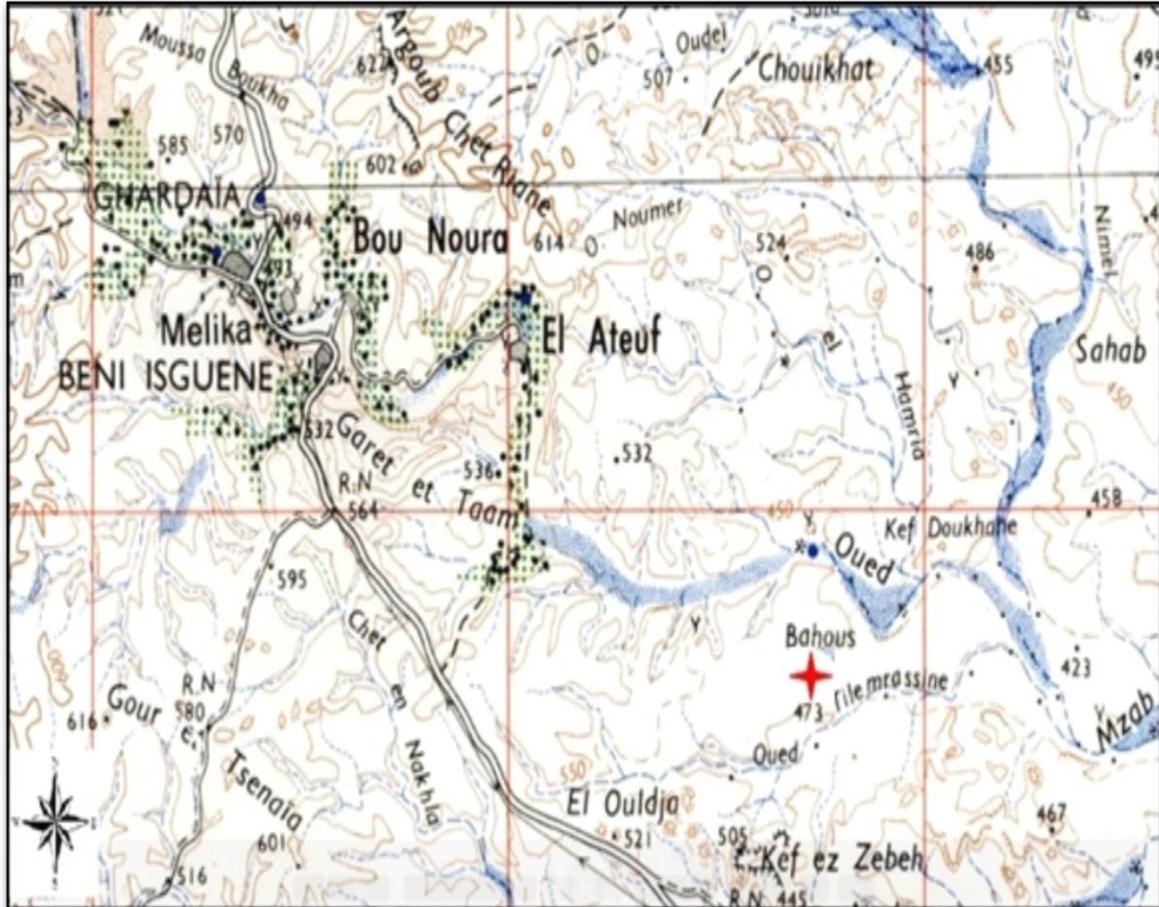


Figure03:Position géographique de la région de Ghardaïa (DJOUDI et RAFA, 2009)

Notre périmètre d'étude de Kef Doukhane est situé à environ 01 Km à l'aval (Sud-Est) de la station d'épuration d'ELAtteuf, une des communes de la wilaya Ghardaïa (Fig. 04)



(9 Km au Sud-Est de la wilaya).

Figure 04 : Situation géographique du périmètre de Kef Dokane.

2.2. Démographie

La population totale de la wilaya de Ghardaïa est estimée à 513 845 habitants, soit une densité de peuplement de 6,07 habitants/ km². Cette wilaya a connu une croissance démographique de 387,88 habitants en 2008, et 513 845 habitants en 2020 (Tabl. 06 ; Fig. 05) (DPSB, 2020).

Tableau 06: Recensement général de la population et de l'habitat 2020 dans wilaya de Ghardaïa

Communes	Population« 31.12.2020 »	Superficiem ²	Densité%
Ghardaïa	137 123	306,47	447,43
El Menia	43 476	23 920,68	1,82
Daya Ben Dahoua	19 192	2 234,94	8,59
Berriane	42 000	2 609,80	16,09
Metlili	60 860	5 010,12	12,15
Guerrara	82 000	3 382,27	24,24
El Atteuf	21 406	717,01	29,85
Zelfana	10 137	1 946,23	5,21
Sebseb	3 049	4 366,82	0,7
Bounoura	61 781	778,92	79,32
HassiF'hel	5 921	6 875,39	0,86
Hassi Gara	22 177	27 698,92	0,8
Mansoura	4 723	4 812,55	0,98
WILAYA	513 845	84 660,12	6,07

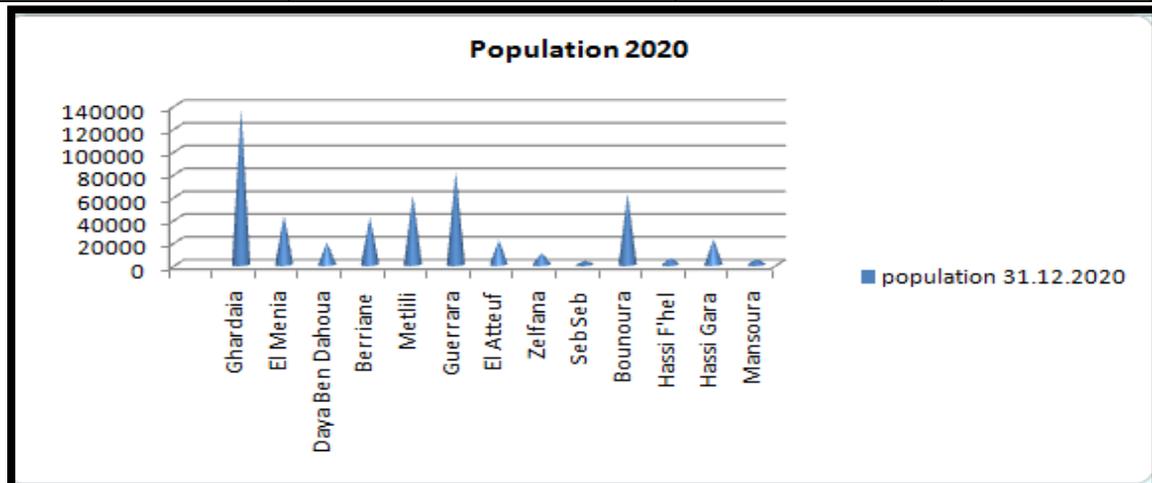


Figure 05: Recensement général de la population pour l'année 2020 dans wilaya de Ghardaïa .

2.3. Pédologie

Généralement, les sols de la région de Ghardaïa sont squelettiques suite à l'action de l'érosion éolienne. Cependant, ils sont souvent marqués par la présence en surface d'un abondant argileux de type « Hamada », alors que dans les dépressions, ils sont plus riches grâce à l'accumulation des dépôts alluviaux (KACI, 2005).

Les sols alluviaux de la vallée du M'Zab et ses affluents sont les plus favorables à l'agriculture (DADDI BOUHOUN, 1997), ils appartiennent aux sols peu évolués par contre la dorsale du M'Zab qui entoure la vallée appartient aux Regs autochtones (PAVARD, 1975). Ils sont d'apport alluvial et éolien (KHADRAOUI, 2010). Ces sols sont peu à modérément calcaires, alcalins à fortement alcalins et présentent une faible teneur en gypse. La Capacité d'Echange Cationique (CEC) est moyennement faible ainsi que la matière organique (DADDI BOUHOUN, 1997).

2.4. Hydrologie

Les eaux de surface sont rares, comme dans toutes les régions sahariennes. L'écoulement de l'oued M'Zab est intermittent, il se manifeste à la suite des averses orageuse. Les crues de l'oued M'Zab qui estime les débits décennale et centennale à 205 et 722 m³/s, leur conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables. Pour les crues de faible ampleur, un système hydraulique formé d'une série de petits barrages et des galeries souterraines a été insaturée (BENSAHA et al., 2011). La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau d'oueds dont les principaux sont : oued Sebseb, oued Metlili, oued M'Zab, oued N'sa et oued Zegrir. L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab, ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est (ANRH, 2010 ; ANRH, 2011).

Ce bassin draine en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, les écoulements sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses que connaît la région (DUBIEF, 1963).

2.5. Vallée du M'Zab

La vallée du M'Zab se situe à 600 km au sud d'Alger, dans la wilaya de Ghardaïa, sur le plateau Hamada au Sahara septentrional. Une longitude de 3°.45 Est, et latitude de 32°.50 Nord. Les cinq villes qui composent la pentapole du M'Zab (El-Atteuf, Bounoura, M'lika, BeniIsguen et Ghardaïa) (fig.06) se situent sur les

éminences rocheuses au-dessus de la Chebka (filet = oued du M'Zab) qui irriguent les palmeraies où les villes modernes se développent (ONA ,2021).



Figure 06 : Limites de la vallée de l'oued M'Zab (Google Earth2021)

2.6. Géologie

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment " la dorsale du M'Zab". L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens on recoupe une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au Cénomaniens. L'étage de l'Albien est représenté par un émiasse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres. Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféra -flux (nappes phréatiques)(Fig.07) (ANRH, 2011).

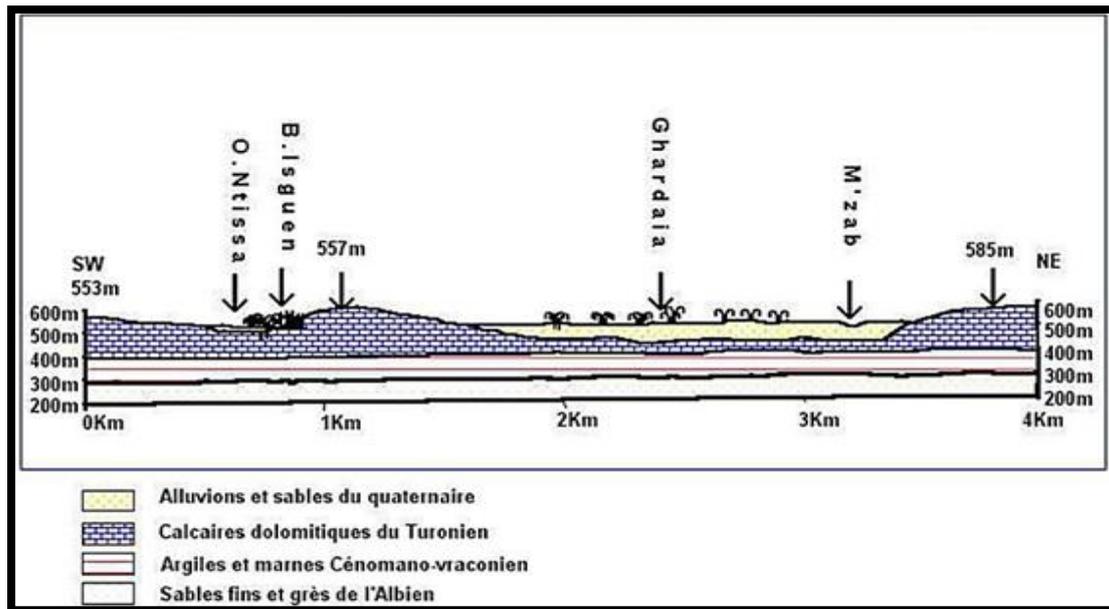


Figure 07: Coupe géologique schématisée traitée de la vallée du M'Zab (source ANRH)

2.7. Aspect hydrogéologique

Les principales ressources en eau de la wilaya sont d'origine souterraine. Elles sont contenues dans deux types d'aquifères ; les nappes phréatiques superficielles d'Infero flux (phréatique), et la nappe profonde captive du Continental Intercalaire dite albienne (ANRH, 2010).

2.7.1. Nappe phréatique

La nappe phréatique du M'Zab a une extension Nord - Sud sous forme d'une large bande occupant l'essentiel de la partie Nord de la Chebka (BNEDER, 1988). Cette nappe se trouve dans les alluvions du lit de l'Oued M'Zab, l'eau s'emmagine après les crues. Cette nappe s'épuise facilement surtout, durant les années de sécheresse. Il peut y avoir quelques fois un appoint souterrain par les fissures de la base des calcaires turoniens (KARPOFF, 1952). La profondeur de la nappe sous le sol alluvial de la vallée du M'Zab varie selon les saisons et les palmeraies. VILLE (1872), a donné les profondeurs moyennes de la nappe d'eau. Elle est de 29 m en moyenne sur l'Oued M'Zab. La profondeur de la nappe varie en fonction de la topographie dans les vallées des oueds, la profondeur oscille entre 5 et 30 m et augmente sensiblement vers le Sud -Est ; dans les zones hautes, elle peut atteindre 130 m.

L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement à la pluviométrie. La qualité chimique des eaux est comme suit :

- A l'amont, elle est bonne à la consommation ;
- A l'aval, elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines(MESSID, 2009).

2.7.2. Nappe du Continental Intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire(CI) draine, d'une façon générale, les formations gréseuses et grés-argileuses du Barrémien et de l'Albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant de 250 à 1000m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Ouest en Est.

L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud-Atlasique(Fig.08).

La nappe du CI, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara et certaines régions d'El Menia) ;
- Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia)(MESSID, 2009).

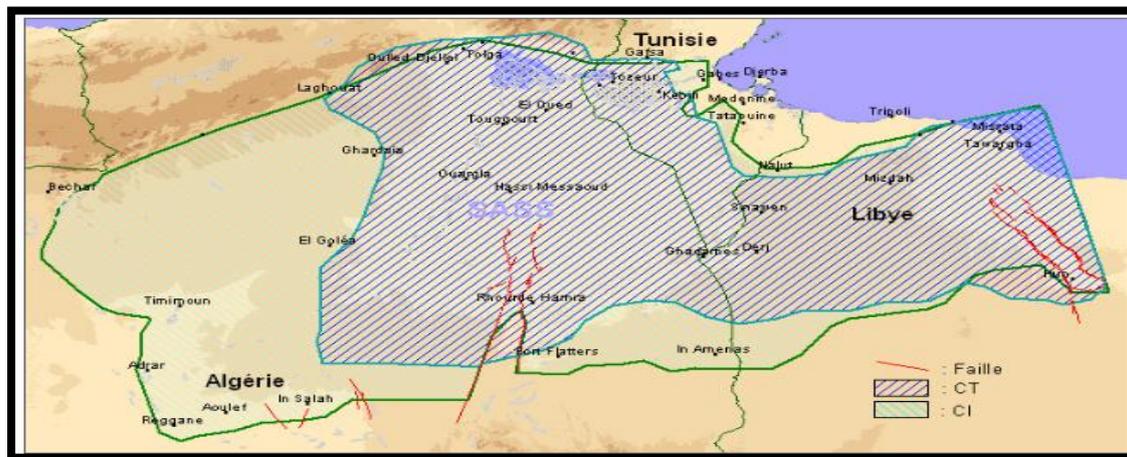


Figure 08 :Domaine du Système d'Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) (ANRH, 2010) .

3. Climat

L'étude du climat de Ghardaïa est réalisée sur la base des données moyennes (Tabl. 07) de la période comprise entre 2009 et 2020.

Tableau 07 : Données climatiques de la ville de Ghardaïa de l'année 2009 à 2020(ONM, 2019 ;TUTIEMPO, 2021)

	T.moy (C°)	T M (C°)	Tm (C°)	Hr (%)	Préc (mm)	V (m/s)
Janvier	12.51	17.53	5.9	45.45	5.98	8.45
Février	14.16	20.17	8.09	36.83	0.21	11.23
Mars	17.03	22.88	11.1	38.63	7.83	16.27
Avril	21.54	27.35	15.04	33.43	7.60	15.55
Mai	26.57	32.66	19.63	25.47	3.26	15.19
Juin	31.74	37.74	24.74	22.23	1.73	13.91
Juillet	35.35	41.21	28.15	19.88	0.84	11.61
Aout	34.51	40.55	27.51	21.26	0.29	10.45
Septembre	29.11	34.99	23.18	33.04	16.97	10.76
Octobre	22.28	28.8	16.82	34.91	5.08	9.72
Novembre	16.82	22.37	11.72	44.9	1.87	10.36
Décembre	12.89	18.11	7.95	48.8	1.45	12.91
Moyen	22.87	28.69	16.48	33.37	53.11*	12.20

*: cumul annuel

3.1. Température

La température est un élément fondamental du climat. Sa variation influe sur la l'évaporation des eaux, que ce soit à la surface ou dans le sous-sol. De ce fait, elle influe sur le degré d'évapotranspiration, et par conséquent elle agit sur le taux de salinité des eaux (BENGUELIA et HADJ BRAHIM, 2018).

La température moyenne annuelle est de 22,87 °C, avec un maximum en juillet de 41,2 1°C, et un minimum en janvier de 5,9 °C (Fig.09).

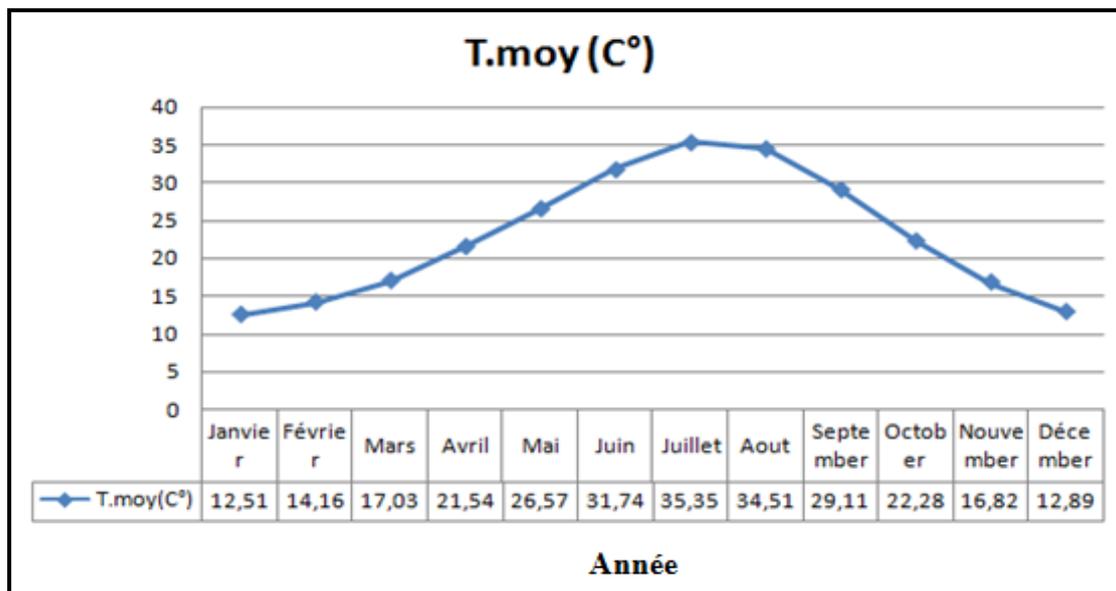


Figure09 :Température moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (2009-2020) (ONM, 2019 ;TUTTIEMPO, 2021)

3.2. Précipitation

Les précipitations de la région de Ghardaïa sont également irrégulières, d'un mois à un autre et à travers les années. Les précipitations annuelles sont de l'ordre de 53,11 mm, avec un maximum en septembre de 16,97 mm (Fig.10).

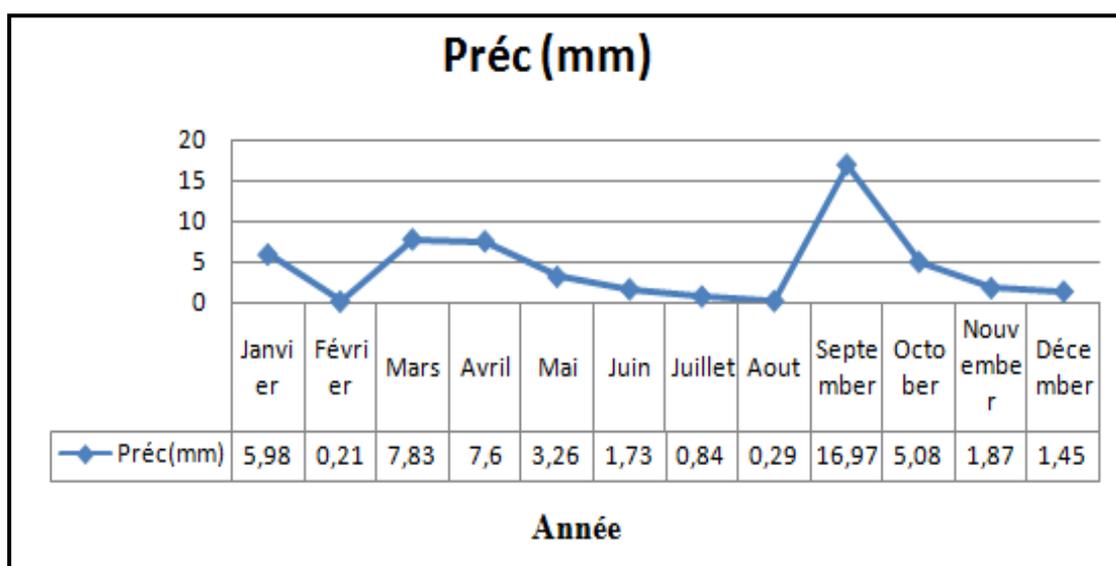


Figure 10 :Graphique des cumuls pluviométriques moyenne mensuelle annuels de la période (2009-2020) (ONM, 2019 ;TUTIEMPO, 2021)

3.3. Vents

Le vent est un élément caractéristique du climat influant directement sur le climat d’une région et cette vitesse des vents qui influe sur l’évaporation des eaux par la surface de sol et des végétaux. (BENGUELIA et HADJ BRAHIM, 2018).

La vitesse du vent moyenne annuelle est de 12.20m/s avec un maximum au 16.27mois d Mars m/s, et un minimum enregistrée au mois de Janvier 8.45Jm/s.

La direction dominante des vents est Nord-Ouest pendant l’automne, l’hiver et le printemps, et Nord-Est en été (Fig. 11).

Les tempêtes de sable constituent une des principales contraintes climatiques et un facteur de nuisance en zone aride. A Ghardaïa, 19 tempêtes de sables sont recensées en l’espace de 10 ans. Elles ont surtout lieu au mois de mai et février. La visibilité minimale peut être réduite à 100 m (KITOUS, 2012).

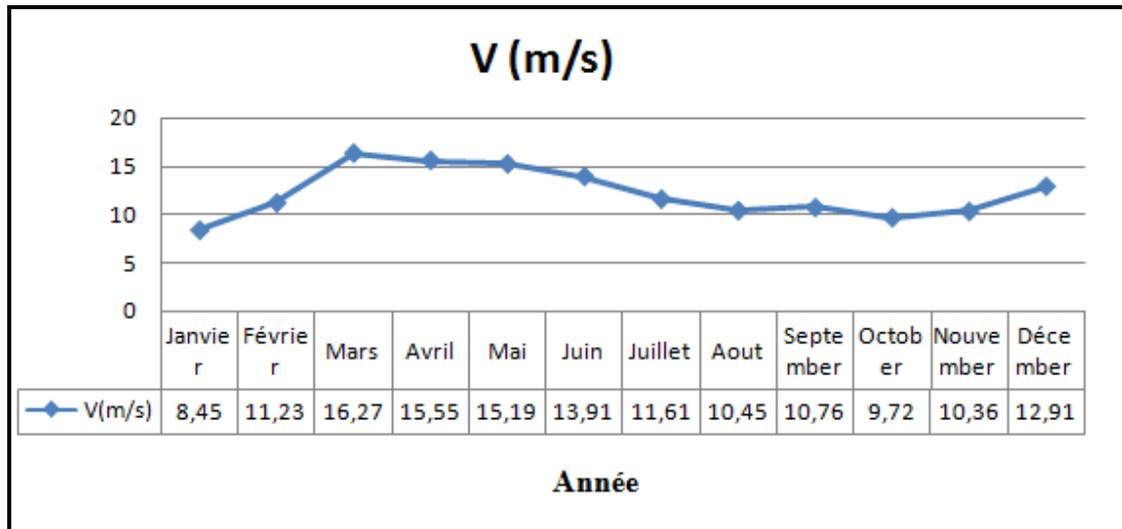


Figure11: Vitesses moyennes de vent à la station de Ghardaïa (2009-2020) (ONM, 2019 ; TUTIEMPO, 2021)

3.4. Humidité relative de l'air

A Ghardaïa, l’humidité relative de l’air(Hr) est faible, avec une moyenne annuelle de 33.37%.

Elle varie sensiblement en fonction des saisons de l’année. En effet, pendant l’été, elle diminue jusqu’à 19.88% au mois de juillet, sous l’action d’une forte

évaporation et des vents chaud. Elle s'élève en hiver et atteint une moyenne maximale de 48.8% au mois de décembre(Fig.12).

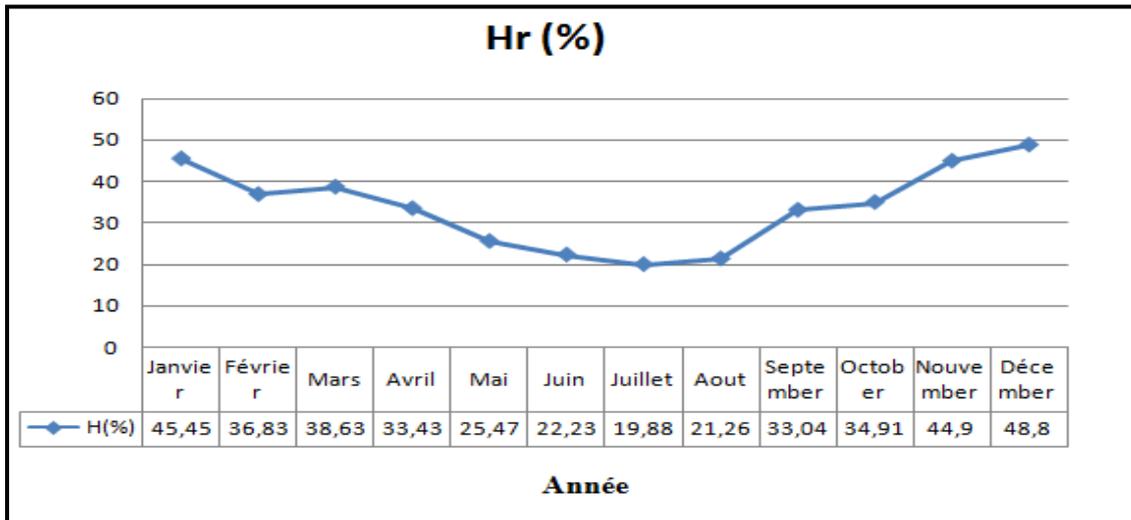


Figure 12 : Humidité moyenne mensuelle et annuelle de station de Ghardaïa (2009-2020) (ONM, 2019 ; TUTIEMPO, 2021).

2.5. Classification du climat

Nous avons classé le climat de Ghardaïa par l'utilisation le digramme ombrothermique de GAUSSEN et le climagramme d'EMBERGER sur la base des données climatique 2009-2021.

3.5.1. Diagramme Ombrothermique

Nous observons dans le digramme Ombrothermique de GAUSSEN (Fig. 13) que la période de sécheresse s'étale sur toute l'année à cause de faible précipitation et des températures élevée.

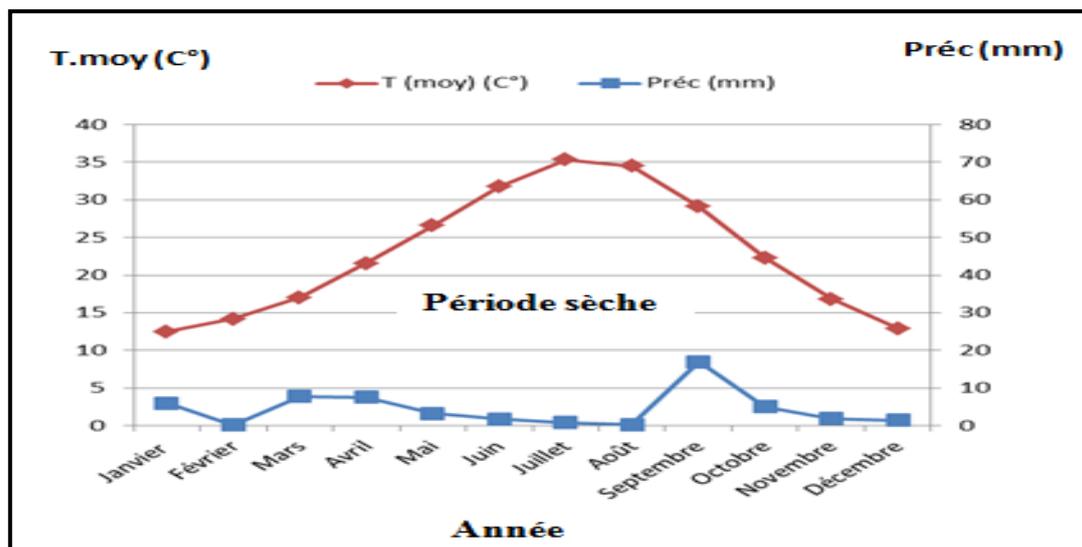


Figure 13: Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN à Ghardaïa(2009-2020)
(ONM, 2019 ; TUTIEMPO, 2021)

3.5.2. Climagramme d’EMBERGER

Pour classer le bioclimat, nous avons utilisé le quotient pluviométrique d’EMBERGER (1955 in LE HOUEROU, 1995) modifié par STEWART (1969 in DADDI BOUHOUN, 1997). La formule du quotient pluviométrique Q3 est adaptée pour l’Algérie et le Maroc (LE HOUEROU, 1995) :

Avec : $Q3 = 3,43 \times P/M-m$

P : pluviosité moyenne annuelle en mm.

M : Moyenne des températures maximales quotidiennes du mois le plus chaud en °C.

m : Moyenne des températures minimales quotidiennes du mois le plus froid en °C.

Pour la station de Ghardaïa Q3est estimée à 5.15 durant la période de 11 ans 2009-2020, ce qui montre un bioclimat saharien à hivers Deux (Fig. 14).

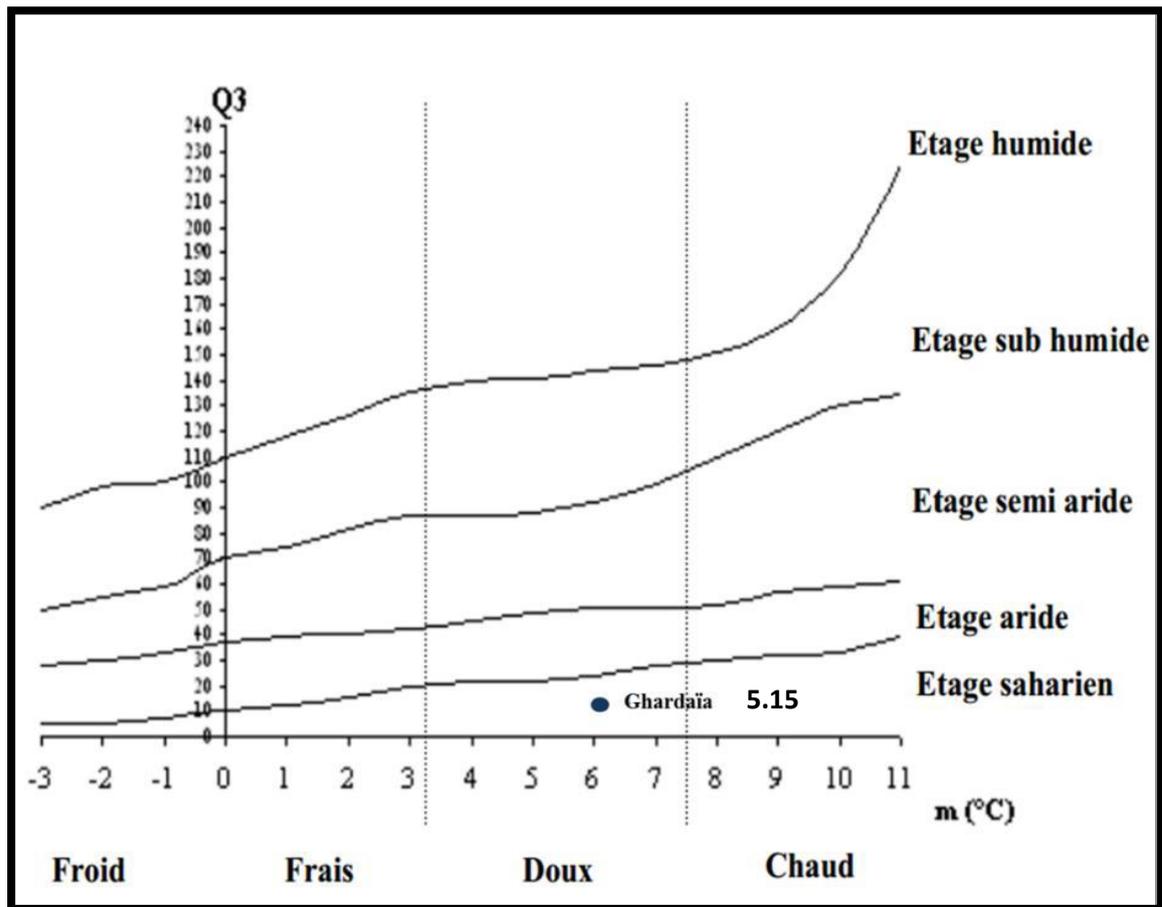


Figure 14 : Climagramme d’EMBERGER de Ghardaïa

4. Gestion des eaux non conventionnelles

La région du M'Zab a bénéficié d'un projet d'assainissement lancé en 2000. Dans ce contexte, nous allons présenter la situation de l'assainissement et les conséquences engendrées sur le milieu naturel avant et après la mise en place de ce projet.

4.1. Collecte des eaux usées

4.1.1. Situation antérieure

La collecte des eaux usées était assurée par le système autonome. La maison traditionnelle de la vallée du M'Zab comportait une fosse d'évacuation qui recevait les eaux usées celle-ci. Dès l'année 1983 où elle était connue par la mise en place d'un réseau de collecte des eaux usées, pour les Ksour de Ghardaïa, Malika, Béni Isguen et Bounoura, ainsi que pour les quartiers de Baba Saad, Mermed, Teniet El Maghezen et Dada Ali.

En 1985, pour El Atteuf et sa périphérie, ce système de collecte des eaux usées est constitué d'un ensemble ramifié des canalisations, permettant à chaque raccordement individuel d'être relié au collecteur principal, placé dans le lit de l'oued M'Zab (BONNARD et GARDEL, 1996 ; BENHEDID, 2014).

4.1.2. Situation actuelle

Le projet d'assainissement a prévu la mise en place d'un collecteur principal de 23 km de long et d'un diamètre, variant de 400mm à 21000 mm pour les eaux usées, depuis Daya Benda houa jusqu'à la digue d'El Atteuf pour collecter des eaux usées, provenant des réseaux des divers quartiers au de là de l'ensemble de la zone urbanisée pour l'horizon 2030. La mise en place de ce collecteur des eaux usées le long des agglomérations de la vallée de l'oued Mzab aura un impact positif sur la qualité des eaux de la nappe superficielle par la quasi suppression des infiltrations d'eaux usées vers cette nappe (BONNARD et GARDEL, 2000).

Actuellement la station est gérée par l'ONA, les communes raccordées à la STEP sont : Daya Benda houa, Ghardaïa, Bounoura et El Atteuf, par un réseau d'assainissement de type unitaire (Fig. 16) (ONA, 2021). L'évolution de la production d'eaux usées est présentée dans le tableau (Tabl. 08) et le graphe (Fig. 14) suivants :

Tableau 08 : Evolution de la ; production des eaux usées dans la vallée du M'Zab (BONNARD et GARDEL, 2000)

Eaux usées	Unité	1996	2000	2010	2020	2030
Taux de branchement	%	85%	85%	90%	95%	100%
EH raccordés	U	108 163	120 870	172 530	240 920	331 700
Débits moyens	m ³ /j	15 143	16 922	24 154	33 729	46 438

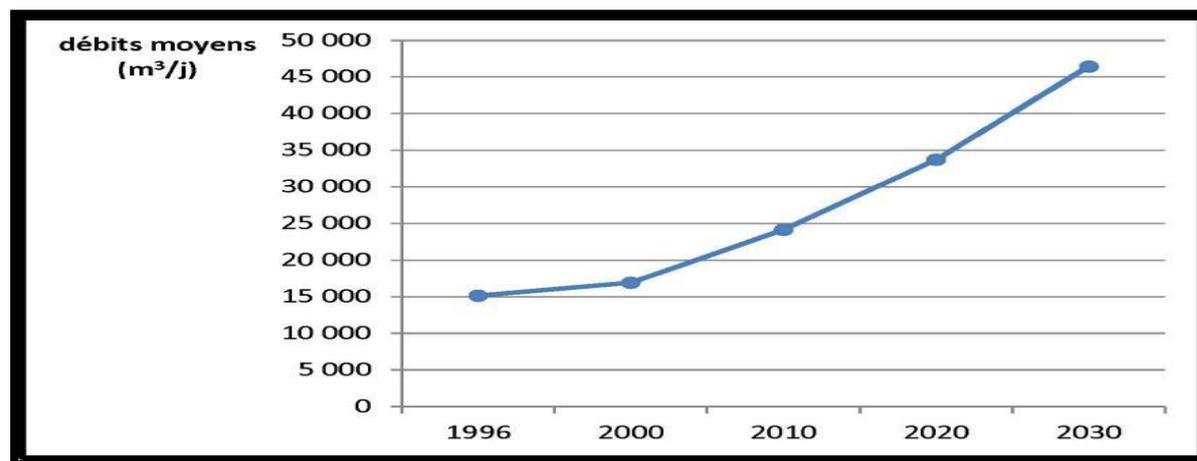


Figure 15 : Evolution de la production d'eaux usées dans la vallée du M'Zab (BONNARD et GARDEL, 2000)

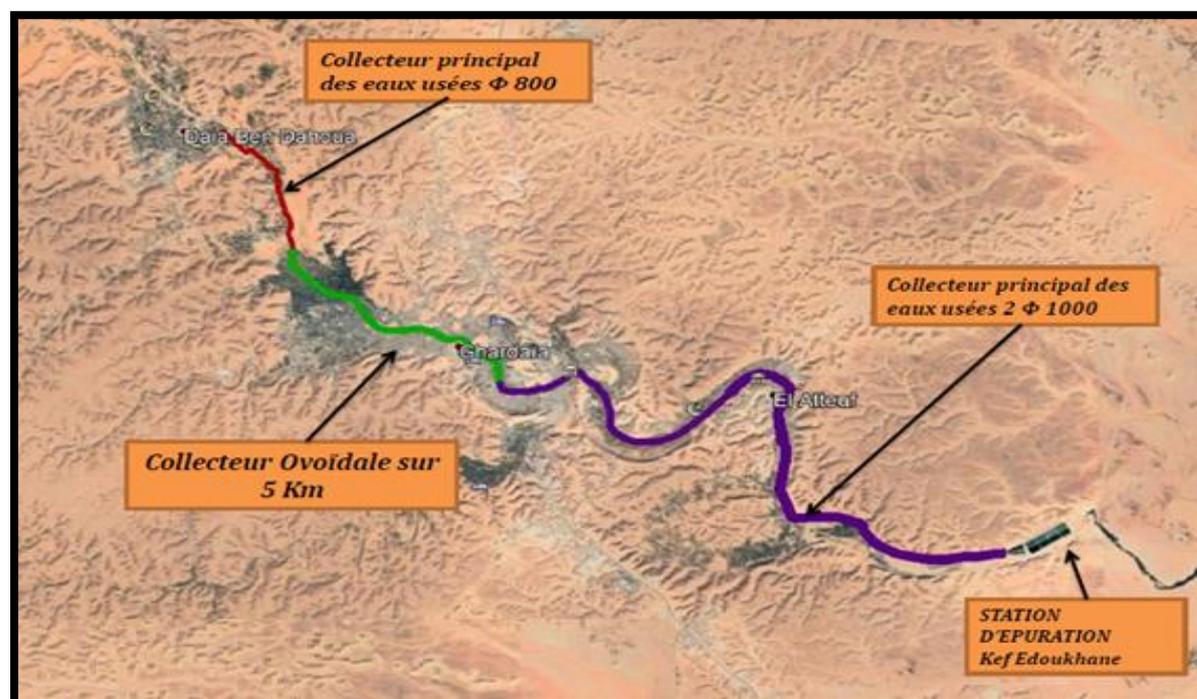


Figure 16 : Collecte principale de l’eau usée de la vallée de M’Zab (ONA, 2021)

4.2 Traitement des eaux usées

4.2.1. Situation antérieure

La station d'épuration à boue activée a été mise en service en 19987. Elle est implantée en rive droite de l'oued M'Zab, dans le lit majeur, juste à l'aval de Bounoura, pour assurer le traitement des deux communes Ghardaïa et Bounoura. Les ouvrages sont disposés de façon à permettre réalisation compacte pour 180000 habitants, mais un tiers seul (pour 60000 habitants) a été construit. Cette station n'a fonctionné en fait que quelques dizaines d'heures, suite à la défaillance rapide des pompes de relèvement à cause de la charge en sable excessive dans les eaux provenant de collecteur qui n'était pas étanche. Par la suite, cette station compte tenu de la position dans le lit de l'oued et de l'absence de protection a été irrémédiablement endommagée par les crues (BONNARD et GARDEL 1996, BONNARD et GARDEL, 2000 ; BENHEDID, 2014).

4.2.1. Situation actuelle

La station d'épuration de Kef Dokane (Fig.17) est située dans la commune d'El Atteuf qui constitue l'aval de la vallée du M'Zab. D'une superficie d'environ 79 ha, c'est la 2ème plus grande STEP par lagunage naturel dans le monde après une STEP Texas à l'étas unis (selon MR marc André DES jardin. Expert mondial dans la conception des STEP). La STEP est située à environ 21 km au sud-est de Ghardaïa, à l'aval de la digue d'El Atteuf. La Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa (Tab.09) :

Capacité : 331 700eq/hab

Surface totale : 79 ha

Nombre de lit de séchage : 10 lits

Nombre de bassins : 16 bassins devisés en 02 niveaux

Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m³/j



Figure 17 : Vue aérienne de la STEP d'El Atteuf 2021

Tableau 09 : Données de bases de la STEP (STEP Ghardaïa, 2021)

Capacité nominale		2030
Premier niveau		
Nombre de lagunes	08 lagunes	
Volume total des lagunes	174 028,50m ³	
Volume par lagune	21 753,56m ³	
Surface totale	4,97ha	
Surface par unité de lagune	0,62ha	
Profondeur des lagunes	3,6m	
Temps de séjour	3 jours	
Fréquence de curage 1 fois tous les ...	3 ans	
Charge organique résiduelle	5800 kg DBO ₅ /j	
Abattement DBO ₅ minimal	50%	
Deuxième niveau		

Nombre de lagunes	08 lagunes
Volume total des lagunes	464 000m ³
Volume par lagune	58 000 m ³
Surface totale	30,4ha
Surface par unité de lagune	3,8ha
Profondeur des lagunes	1,6 m
Temps de séjour	10 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les ...	3 ans
Charge organique résiduelle	2 320 kg DBO ₅ /j
Abattement DBO ₅ minimal	60%

4.3. Rejets des eaux usées

4.3.1. Situation intérieure

Les eaux usées, collectées par le réseau d'assainissement étaient déversées directement dans le lit de l'oued M'ZAB sans traitement (Photo. 01). Cette situation provoquait des problèmes pour le milieu naturel des risques sanitaires au niveau des agglomérations qui y a sont proche (ONA, 2013).

La majorité des rejets de la zone industrielle de Ghardaïa se font vers Cheaabat Nakhla en dehors du bassin du M'ZAB .les eaux usée de la vallée du M'ZAB sont essentiellement l'origine domestique (BONNARD et GARDEL 1999).

Les résultats des analyses des eaux usées (Tabl.10), effectuée par (ZEZZEG et BEN YAHKOUM,2005) ,sur trois points de prélèvement des eaux usée (en amont ,centre et en aval de l'oued), montrent que ces eaux sont très minéralisées et de passent les normes de rejets des eaux usées pour DBO₅ et de la DCO tableau annexe au centre et en aval de la vallée.

Tableau 10 : Résultats d'analyse des eaux usées (ZEZZEG et BEN YAHKOUM, 2005)

	Unité	Point1	Point 2	Point 3
Dates	-	10-04-2005	10-04-2005	10-04-2005
pH	-	7,48	7.14	7.26
CE	Us/cm	5390	3940	3840
O2 dissous	Mg/l	9,7	9.5	9.6
NH4+	Mg/l	0.74	0.56	0.55
NO2-	Mg/l	0.02	0.14	0.15
NO3-	Mg/l	9.8	1.7	20.7
PO43-	Mg/l	0.77	6.48	5.2
DCO	Mg/l	57.6	230.4	268.8
DBO5	Mg/l	20	205	90



Photo 01. Rejets des eaux usées dans le lit de l'oued à l'aval de Bounoura (BONNARD et GARDEL, 1999)

4.3.2. Situation actuelle

Les eaux usées des 04 communes raccordées à la STEP sont : Daya Bendahoua, Ghardaïa, Bounoura et El-Atteuf.

Sont déversées après le traitement en aval de l'oued (Kef Dokane) (Photo. 02). Dans ce tronçon de l'oued, de la nappe phréatique est très profonde (plus de 40 m) la remontée de la nappe sera sensible, et la possibilité de réutilisation de ces eaux traitées à des fins agricoles dans cette zone (BONNARD et GARDEL 2000 ; BENHEDID, 2014).

Les résultats des analyses de ces les eaux usées montrent la différence entre les valeurs de pollution des eaux traitées et des eaux brutes. Ces résultats sont bien présentés dans le chapitre IV.



Photo 02: Rejets de eaux usée dans le lit de oued M'Zab (STEP, 2017)

1. Approche méthodologique

Notre approche méthodologique consiste à étudier la situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles dans la vallée de M'Zab par une enquête sur terrain sur la gestion des eaux usées et des mesures physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la station d'épuration (Fig.18).

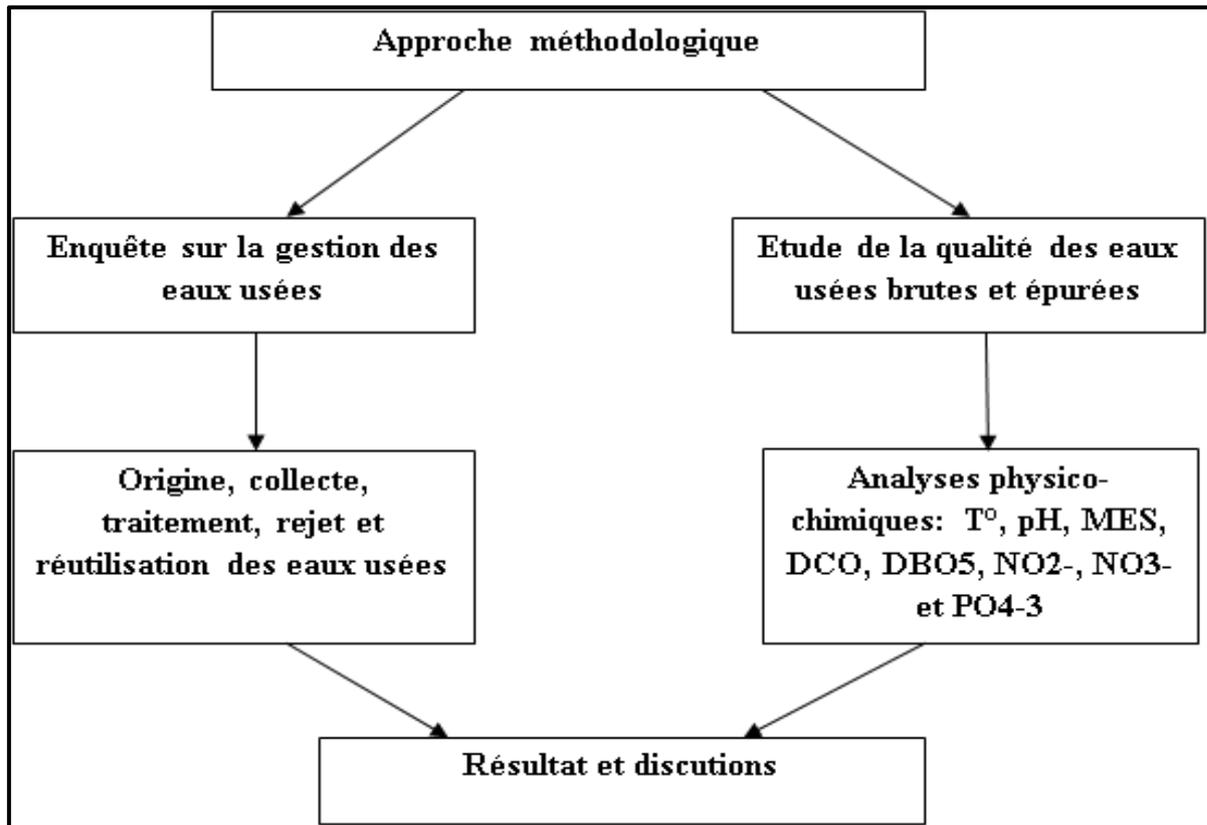


Figure18 : Approche méthodologique

1.1. Enquêtes

Les enquêtes ont pour but de collecter les renseignements sur le mode de gestion des eaux usées. Notre plan d'enquête s'articule sur les paramètres suivants :

- ✓ Origines des eaux usées de la ville de Ghardaïa ;
- ✓ Situation durées au d'assainissement ;
- ✓ Différentes étapes de traitement des eaux usées par le lagunage naturel ;
- ✓ Evacuation des eaux traitées ;
- ✓ Réutilisation des eaux usées.

1.2. Etude de la qualité des eaux usées brutes et épurées

Dans toute station d'épuration des eaux usées, il est nécessaire d'effectuer des analyses de l'eau brute (l'entrée) et de l'eau traitée (la sortie) afin de déterminer les différents paramètres physicochimiques permettant d'évaluer le niveau de pollution dans chaque phase de traitement et le rendement d'élimination des pollutions pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la STEP. Nous avons suivi les paramètres suivant : Analyses physico-chimiques (pH, EC, salinité, T° , O_2 dissous, NT, NH^4 , NO^{-2} , NO^{-3} , PO_4^{-3}) et Analyses des paramètres des pollutions (MES, DCO, DBO5).

1.3. Prélèvement et échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; les prélèvements sont réalisés au niveau des ouvrages de prétraitement (à l'entrée de la STEP), et à la sortie (bassin de finition) au matin (8:30h) pendant l'année 2020. La mesure de paramètres physico-chimiques ont été réalisées au laboratoire de la station d'épuration de Ghardaïa.

2. Méthodes d'études

2.2. Analyses physico-chimiques

2.2.1. pH

A - Appareil utilisé : pH mètre EUTECH pH 3110wtw(Photo.03) (STEP,2021).

B - Mode opératoire

- ❖ Pendre environ = 100 ml d'eau à analyser ;
 - Allumer le pH mètre ;
 - Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
 - Tremper l'électrode de pile dans la solution tampon pH=7 ;
 - Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard ;
 - Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.

C- Expression des résultats : La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil.



Photo 03: pH mètre (STEP,2021)

2.2.2. Détermination de la conductivité électrique, salinité

A- Appareil utilisé : Conductimètre(Photo.04) (STEP, 2021).

B- Mode opératoire :

- Vérifier le calibrage de l'appareil,
- Plonger l'électrode dans la solution a analysé ;
- Lire la conductivité et la salinité et la température lorsqu'il stabilise.
- Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserver l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

C- Expression des résultants : La valeur est lire directement sur l'écran de l'appareil en milli- siemens par centimètre (Ms/cm).

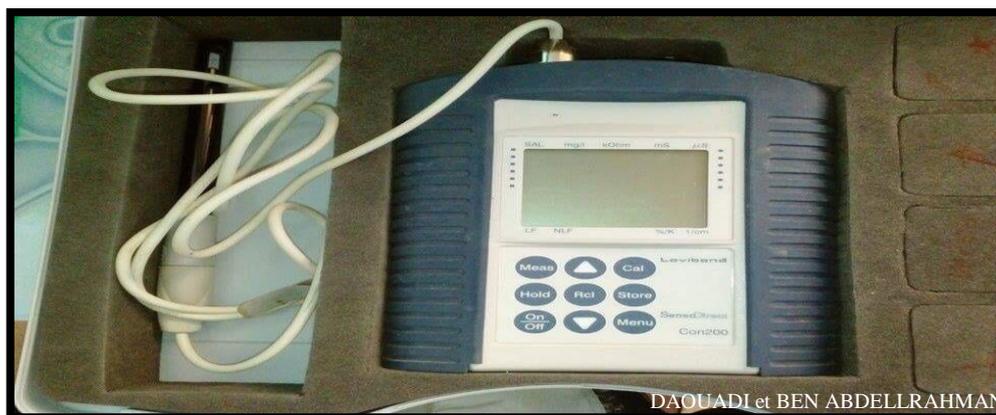


Photo 04: Photo : conductimètre (STEP, 2021)

2.2.5. Oxygène dissous

A- Appareil utilisé : Oxy-mètre(Photo.05).

B- Mode opératoire

- Allumer l'oxymétrie ;
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée ;
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser ;
- Tremper l'électrode dans le bécher ;
- Laisser stabiliser un moment ;
- Lire la concentration de l'oxygène dissous ;
- Rincer bien l'électrode après chaque usage avec l'eau distillée.

C- Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.



Photo 05 : Oxy-mètre

2.2.6. Détermination de NT, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N- NO₃⁻, PO₄-3

Ces paramètres sont mesurés à l'aide d'un spectrophotomètre (Photo.06).

Appareil

- Spectrophotomètre HACK
- Pipetes 2 + Réactifs

A- Expression des résultats : Les résultats sont donnés directement en mg/l.



Photo 06 : Spectrophotomètre

2.2.7. Matière en suspension

A- Principe

L'eau est filtrée, la vaporisation de l'échantillon à une température de 150° pendant 2 heures, et puis la détermination des matières en suspension par pesée différentielle. Dans les eaux d'une faible concentration en MES, on utilise (photo.07, 08, 09,10) (STEP,2021).

B- Matériel utilise

- Papier filtre en verre diamètre 47 mm ;
- Rampe de filtration sous vide ;
- Pompe à vide ;
- Etuve chauffé (105°C) ;
- Balance (0.001 g de précision) ;
- Le dessiccateur.

C- Mode opératoire

- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée ;
- Mettre le filtre pendant quelque minute dans l'étuve chauffée à 105°C préalablement ;
- Laisser refroidir les filtres dans dessiccateur quelque minutes après l'étape précédente;
- Peser le filtre sur la balance (soit P0 en mg) ;
- Placer le filtre dans la rampe de filtration et la connecter à pompe à vide ;
- Filtrer un volume (V ml) de l'échantillon, puis rincer l'éprouvette graduée avec environ 20 ml d'eau distillée, et rincer les parois internes de l'entonnoir avec un autre volume de 20 ml d'eau distillée ;

- Retirer avec précaution de filtre de l'entonnoir à l'aide de pinces à extrémités pltes.si nécessaire. Le filtre peut être pile ;
- Placer le filtre dans l'étuve à (105±2) °C pendant 2 heures ;
- Laisser s'équilibrer à température ambiante dans le dessiccateur sans le contaminer et le peser comme précédemment (soit Pi en mg).

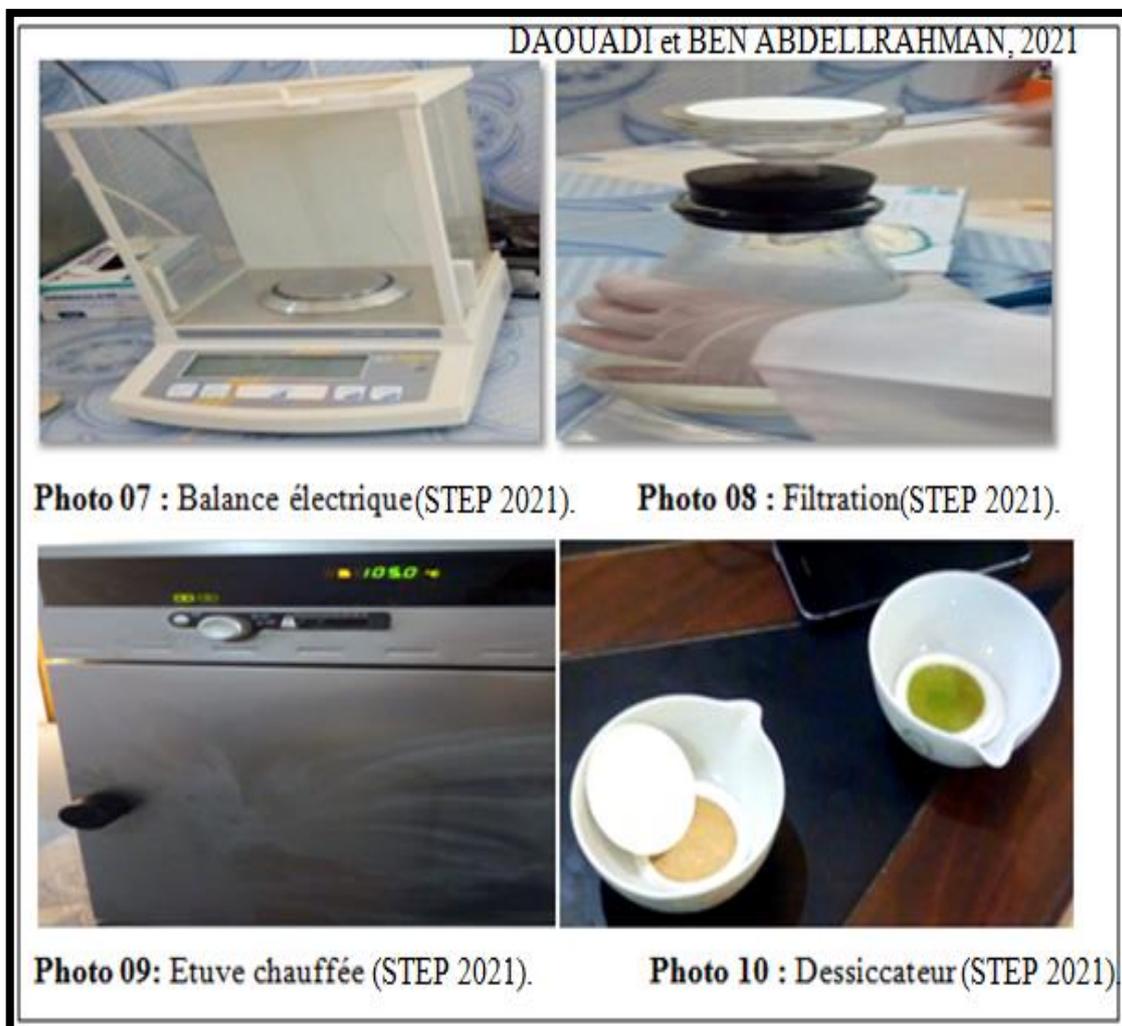
D- Expression des résultants

On calculer la teneur de la Matière En Suspension d'après l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = (\text{Pi}-\text{Po}) /$$

Pi-P0 : Poids de la matière retenue par le filtre sec.

V : Volume de la prise d'eau en (ml).



2.2.8. Demande chimique en oxygène

A- Principe

Mesure de la demande chimique en oxygène (DCO) nous renseigne sur la bonne marche des bassins d'aération et nous permettant d'estimer le volume de prise d'essai de DBO5. Il s'agit d'une oxydation chimique des matières réductrices contenues dans l'eau par excès de bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en milieu acidifié par acide sulfurique (H_2SO_4), en présence de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) et de sulfate de mercure ($HgSO_4$).

B- Matériel utilise (STEP, 2021)

- Thermo réacteur (CR 2200) ;
- Spectrophotomètre,
- Réactifs : Produit chimie de la DCO sur une bouteille (tube de réactif DCO).

C- Mode opératoire

- Agiter le tube à essai pour amener le résidu en suspension ;
- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO ;
- Boucher hermétiquement le tube avec le bouchon fileté ;
- Mélanger énergiquement le contenu de tube. Toujours saisir le tube par son bouchon ;
- Chauffer le tube pendant 120 minutes à $148^\circ C$ dans le thermo réacteur portoir;
- Retirer le tube brulant du thermo réacteur et le laisser refroidir dans un portoir;
- Au but de 10 minutes, agiter le tube et le remettre dans le portoir jusqu'à refroidissement à température ambiante (temps de refroidissement au moins 30 minutes). Ne pas refroidir à l'eau froide ;
- Mesurer l'échantillon dans le photomètre (la valeur mesurée est longtemps stable).

D- Expression des résultants : Le résultat est donné directement en Mg/l

2.2.9. Demande biochimique en oxygène

A- Principe

L'échantillon d'eau introduit dans une enceinte thermo-staée est mis sous incubation. On fait la lecture de la masse d'oxygène dissous, nécessaire aux microorganismes pour la dégradation de la matière organique biodégradable en présence d'air pendant cinq (5) jours. Les micro- organismes présents consomment d'oxygène dissous qui est remplacés en permanence par l'oxygène de l'air, contenu dans le flacon provoquant une diminution de la pression au- dessous de l'échantillon cette dépression sera enregistrée par une OXI TOP(Photo.11) (STEP, 2021).

B- Matériels utilisés

- Réfrigérateur conservant à une température de 20C° ;
- Flacons d'incubation à bouchons rodés de 510ml ;
- Barrou-magnétique
- Pastilles de KOH.

B- Mode opératoire

- Mettre le Barrou-magnétique dans la bouteille de demande biochimique en oxygène (DBO) ;
- Mettre le volume (V) dans la bouteille de DBO ;
- Mettre le support d'alcalin (caoutchoute) sur la bouteille ;
- Ajouter 3 ou 4 pastilles de KOH sur le support d'alcalin en évitant la chute d'une masse de KOH dans l'eau a analysée ;
- Fermer bien la bouteille par DBO sens or.
- Régler la DBO sens or à partir de la gamme ;
- Appuyer sur le bouton (A) et (B) au même temps pour changer le programme;
- Appuyer sur le bouton (A) pour régler la gamme ;
- Appuyer sur bouton (B) jusqu'à l'affichage de (00).



Photo11 : Réfrigérateur conservant(STEP, 2021)

Expression des résultats : Lecteur de la valeur près 5 jours. DBO_5 (mg/l) = Lecteur \times Facteur.

Chapitre III: Résultats et discussions

Chapitre III : Résultats et discussions

1. Enquêtes

1.1. Origines des eaux usées de la ville de Ghardaïa

Selon ONA (2021), les eaux usées de la ville de Ghardaïa, sont des eaux d'origine domestique soit des eaux de vanne, soit des eaux ménagères, ou note aussi la présence des eaux de lavage. Les eaux industrielles ne sont pas raccordées au réseau, elles sont traitées dans les usines et évacuées directement vers le rejet ou bien recyclées.

1.2. Situation des réseaux d'assainissement de la ville Ghardaïa

La ville de Ghardaïa est constituée de 04 communes, chacune d'entre elles est couverte par des réseaux d'assainissement avec des pourcentages différents, comme le montre le tableau (Tabl. 11).

Tableau 11 : Situation des réseaux de la ville de Ghardaïa par commune

Commune	Longueur totale du réseau d'assainissement (ml)	Taux de raccordement	Le volume des eaux usées rejetées (1000m ³)	Volume des eaux épurées (1000m ³)
Ghardaïa	283600	72	32750	32751
Daya	49800	65	1680	
El Atteuf	47500	89	32750	32751
Bounoura	76400	89	32750	32751

Le raccordement au réseau d'assainissement de la ville de Ghardaïa est intercommunal se fait avec des pourcentages différents, qui varient d'une commune à l'autre de 10 % à 97 %. Le réseau est de type unitaire (eau usée + eau de pluie) (Fig. 19 jusqu'à 22); (photo, 12), il y a des points noirs dans l'assainissement (Annexe 01)(colmatage de la conduite ,débordement d'eaux au moment de fortes pluies, mauvais branchement à l'ovoïde, les tampons de regards endommagés...etc) (Tabl.11).

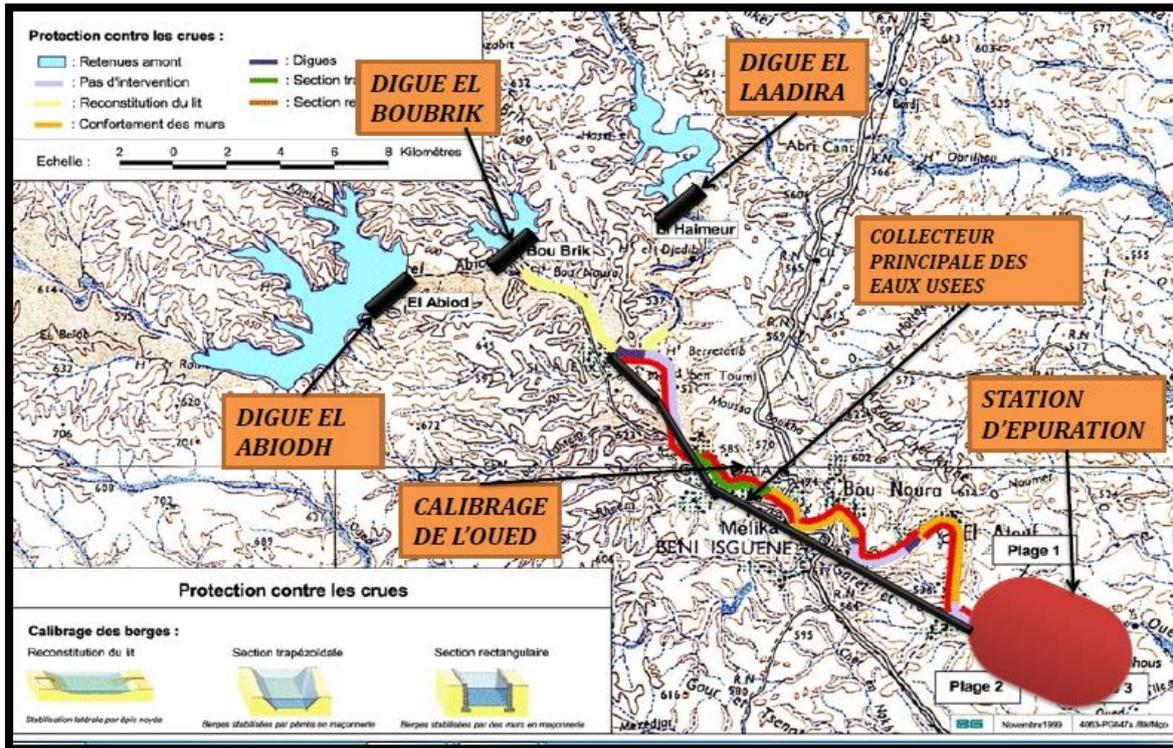


Figure 19 : Réseau d’assainissement (ONA, 2021)



Photo 12:Collecteurs d’amenée des eaux usées (STEP, 2017)

Tableau 12 :Points noirs 2020(ONA ; 2021) (Annexe. 01)

Commune		Etat existant	Etat projeté
Bounoura	cite 20 aout Sidi Abaz (le déssableur)	<ul style="list-style-type: none"> - Colmatage de la conduite de départ et absence de l'accès vers le déssableur pour le curage. - Le déssableur fonctionne en charge, vu que la conduite de départ est colmatée et la côte fil d'eau de la conduite du trop plain est supérieure à celle de la conduite d'arrivée. -Débordement d'eaux au moment de fortes pluies. 	<ul style="list-style-type: none"> - La surélévation de la dalle supérieure du déssableur. - La création de trompons afin d'assurer un accès pour les interventions de curage.
	quartier Berrich - Bounoura	<ul style="list-style-type: none"> - Conduite vétustes Ø500 en amiante ciment. -Regards dégradés et profonds (jusqu'à 4.50 m). 	<ul style="list-style-type: none"> - Rénovation du réseau en PVC 250 suivant la conception nouvelle. - Rénovation des regards en réduisant les profondeurs à 1.50 m.
Ghardaïa	rue ZoubirZoubiri (n01) Ghardaïa quartier Hadj Messaoud (n02-03-04)	<ul style="list-style-type: none"> - Dysfonctionnement du réseau en PVC Ø500 par le rejet direct des huiles industrielles. (N°:01) - Débordement des eaux usée surtout au moment de fortes pluies. (N°:02) - Mauvaise conception des caniveaux d'eaux pluviales. (N°:03) - Mauvais branchement à l'ovoïde (contrainte de côtes). (N°:04) 	<ul style="list-style-type: none"> - Réaliser le réseau d'assainissement par des conduites Ø500 en pvc, 18.00 ml . - Réalisation des déshuileurs au niveau des stations de lavage et mécaniciens. (N:01) - Rénovation de ce tronçon et correction des cotes au niveau de regard de branchement Ø 500. (N:02) - Création d'un déssableur à coté du caniveau et les regards de visite. (N:03) Création un nouveau collecteur Ø500 sur la rive gauche de Oued M'Zab qui sera raccordé au collecteur Ø1000. (N:04)
	rue 01 mai mélika bas - Ghardaïa	<ul style="list-style-type: none"> - Absence de l'accès à la grille pour le curage au niveau du regard de jonction. - Rétrécissement brusque et dysfonctionnement au moment des fortes pluies. 	<ul style="list-style-type: none"> -Elargissement du regard dégrilleur et création d'un accès libre vers la grille pour le curage.

	<p>cité 15 villa Khatala - Ghardaia</p>	<p>- Le dimensionnement actuel ne permet pas l'évacuation totale et rapide des eaux pluviales.</p>	<p>-Une étude déterminera la possibilité de créer un réseau séparatif pour un</p>
	<p>quartier Belghenem - Ghardaia</p>	<p>-Réseau vétuste en Amiante ciment Ø300. -Réseau chargé et écoulement faible. -Regards dégradés.</p>	<p>-Rénovation du réseau en PVC Ø 400, 1800 ml. -Rénovation du réseau en PVC Ø 300, 400 ml . -Rénovation des regards.</p>
	<p>ksar Melika : (01 et 02) rue 01 mai (Mélika bas) :(03)</p>	<p>-Vétusté du réseau en béton comprimé Ø 300 (01 -Conduite vétuste en Amiante Ciment Ø 250 (02) -Ecoulement faible et réseau chargé.</p>	<p>-Rénovation du réseau en PVC Ø 315. 510.00m(01) -Rénovation du réseau en PVC Ø 250. 310.00m(02) -Rénovation des regards.</p>
	<p>quartier Bensemara jusqu'a quartier Bouhraoua haut 350 logts</p>	<p>-Conduite Ø300 en pvc endommagé (R3-R4) -Regard sans couvercle. -Regard sans dalle et enterré. -Regard avec dalle endommagé.</p>	<p>-Réfectionner le réseau d'assainissement endommagé aux tronçons (R3-R4). -Réfectionner les dalles de regards -Rehausse de regard avec tampon.</p>
El Atteuf	<p>pont el Hadika -El Atteuf</p>	<p>Collecteur Ø 1000 chargé des grosses pierres et graviers</p>	<p>-Rénovation du collecteur Ø 1000. -Réalisation des regards intermédiaires.</p>
	<p>LallaOuasara ElAtteuf</p>	<p>Conduite vétustes en amiante ciment.</p>	<p>-Rénovation du réseau en PVC 315 -Rénovation des regards. -NB: en cours de réalisation</p>
	<p>Cité SmaouiEl Atteuf</p>	<p>Les tampons de regards endommagés. Existence du tufs et de graviers compacter au fond de regards</p>	<p>- Nettoyage les regards. - Rénovation des tampons du regards.</p>
	<p>El Argoube -El Atteuf</p>	<p>Les regards enterrés par le sable et d'autre sans dalles supérieur.</p>	<p>- Rénovation les dalles supérieur des regard. - La rehausse des regards.</p>

2. Différentes étapes de traitement des eaux usées

2.1. Lagunage naturel

Il consiste, à laisser l'eau se reposer dans des bassins ouverts. Il aboutit d'une part à l'abattement de la charge polluante et d'autre part à la stabilisation des boues produites, sous l'action des organismes se développant dans le milieu. Le lagunage naturel repose sur une décantation directe au fond des bassins des matières en suspension, et indirecte des substances solubles introduites ou remises en solution par les sédiments après leur absorption par les microphytes. Ce procédé est proche de l'autoépuration. Il est basé sur un cycle biologique, où les bactéries assurent l'élimination des matières organiques en présence d'O₂ fourni par les algues

L'ensemble des eaux usées de la vallée sont acheminées gravitairement (pente:0,2%) depuis la fin du collecteur projeté au niveau de la digue d'El Atteuf jusqu'à l'entrée de la station grâce à deux collecteurs en parallèle de diamètre 1000 mm (photo12). Les étapes par lesquelles passent les eaux usées dans la station sont les suivantes (STEP, 2021):

- de prétraitements,
- de traitement primaire anaérobie,
- de traitements secondaires facultatifs,
- des lits de séchage des boues.

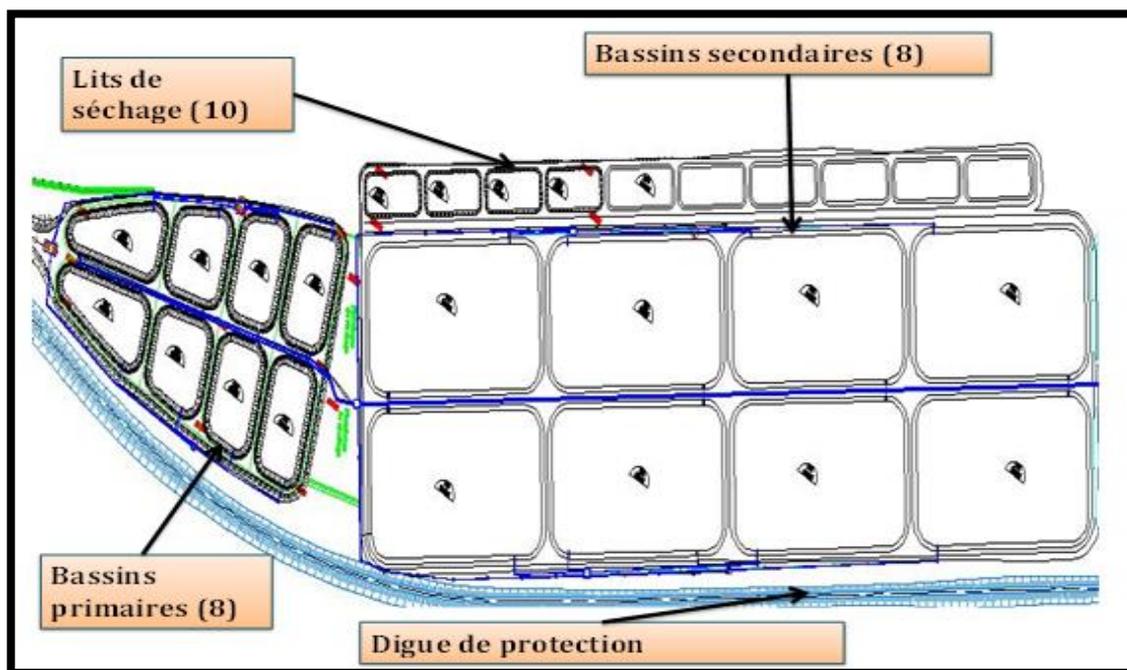


Figure 20 : Station d'épuration Kef Dokane(ONA, 2021)**2.2. Prétraitement**

Les collecteurs urbains d'eaux usées véhiculent des matières très hétérogènes et souvent volumineuses. A l'arrivée dans la station d'épuration, les eaux "brutes" doivent subir, avant leur traitement proprement dit, des traitements préalables de dégrossissage, appelés "pré traitements" et destinés à extraire des effluents la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour les traitements ultérieurs.

Le prétraitement comporte(STEP, 2021) :

2.2.1. Dégrillage/dessablage

♦ Le système comprend un ensemble de deux dégrilleurs automatiques (espace entre barreaux de 25 mm) disposés en parallèle.

En cas de mise hors service des dégrilleurs automatiques. Un système de batardeaux calés au dessus de la cote plan d'eau maximal équipé d'une grille statique (espace entre barreaux de 40 mm) disposé en parallèle permet de by passer complètement l'ensemble du prétraitement.

♦ Au niveau de la jonction avec le collecteur principal des eaux usées de l'ensemble des collecteurs des différents bassins de collecte sont prévus des dispositifs de dessablage : de ce fait, les particules non retenues à ce niveau et qui se retrouvent directement dans les lagunes sont en quantité négligeable et sont évacuées lors des opérations de curage.

-Le des sableurs et le dégrilleur sont localisés à l'intérieur du répartiteur principal du traitement primaire (photo13)(STEP, 2021).

**Photo 13** : Dégrilleur et dessableur (STEP, 2021)

-Ouvrage de répartition

◆ Répartiteurs principaux

La répartition des débits vers les huit lagunes primaires opère au niveau du répartiteur principal. Disposé en tête de chacun des deux niveaux d'épuration, cet ouvrage se compose des éléments suivants d'amont en aval (Photo. 14) (STEP, 2021) :

à l'aval immédiat des canaux de dégrillage (pour le répartiteur primaire), une cloison siphonide participe à la tranquillisation des flux,

l'élargissement de la section de l'ouvrage permet de ralentir le cheminement des eaux usées avant leur passage sur un seuil frontal décomposé en huit seuils de largeur 1m,

les eaux usées se déversent dans deux chambres d'où partent les deux conduites de diamètre 1000mm de liaison avec les répartiteurs secondaires.



Photo 14 : Répartiteurs principales vers les bassins primaires et secondaires (STEP, 2021)

◆ Répartiteurs secondaires

Ils sont destinés à répartir les eaux usées vers les lagunes d'un même étage de traitement (primaire ou secondaire), implantées sur une même plage.

2.3. Traitement primaire

Le traitement primaire proprement dit s'opère au cours du transit des eaux usées au sein des lagunes primaires dites « anaérobies », constituées de 8 bassins (Fig.21.) d'une superficie de l'ordre de 0,62 ha et d'une profondeur d'eau de 3,6 m : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceignent ces bassins est de 1m et l'étanchéité est assurée par une géo membrane bitumineuse. Des pistes d'exploitation de 5m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien (STEP, 2021).

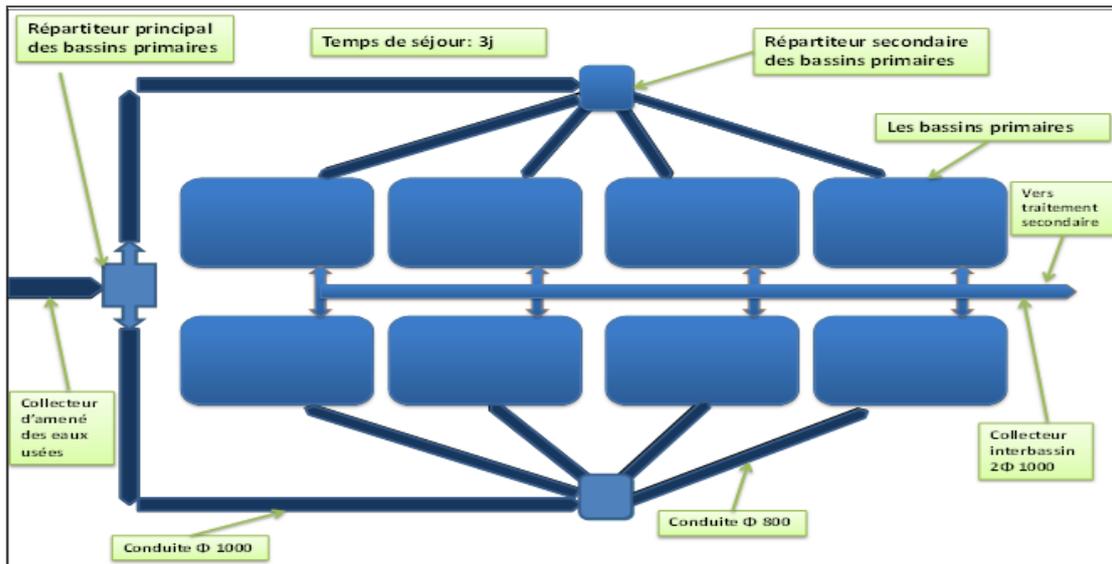


Figure 21 : Principes de fonctionnement des bassins primaires

2.4. Traitement secondaire

Le circuit hydraulique du traitement secondaire est similaire à celui du traitement primaire avec les éléments suivant:

- Deux conduites de diamètre 1000mm, qui collectent les eaux ayant subi le traitement primaire, arrive sur répartiteur principale du traitement secondaire.
- Les eaux sont ensuite réparties vers les huit lagunes secondaires.

Le traitement secondaire proprement dit s’opère au cours du transit des eaux au sein des lagunes secondaires constituées de huit bassins d'une superficie de l'ordre de 3,8 ha et d'une profondeur d'eau de 1,6 m (photo15) : la revanche par rapport à la crête des digues qui ceinturent ces bassins est de 1m et l’étanchéité est assurée par une géomembrane bitumineuse. Des pistes d’exploitation de 5m de largeur permettent de cheminer autour des lagunes pour leur entretien (Fig.22)(STEP, 2021).



Photo 15 :Lagunes primaires et secondaires (STEP, 2021)

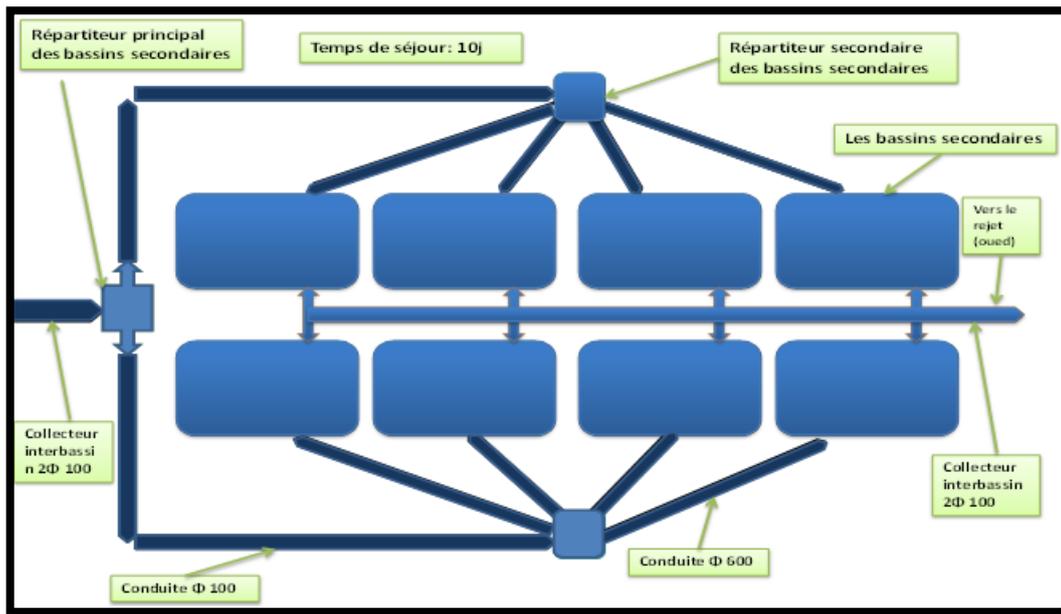


Figure 22 :Principe de fonctionnement des bassins secondaires

2.5.Traitement des boues

Le système consiste à sécher les boues décantées au fond des lagunes primaires et secondaires à l'air libre sur 10 lits de séchage.

◆ Lits de séchage

Les lits de séchage sont implantés à une cote supérieure à celle des lagunes afin de pouvoir évacuer les lixiviats drainés vers les lagunes de manière gravitaire.

En effet, les lits de séchage sont constitués d'une couche de sable lavé surmontant des couches de granulométrie plus importante incluant le réseau de drainage (photo,16). De ce fait, on assiste dans un premier temps à un ressuyage de l'eau interstitielle qui donc est renvoyée vers les lagunes, et dans un second temps l'évaporation permet l'obtention de siccités élevées (STEP, 2021).



Photo 16:Lits de séchage (STEP, 2021)

2.6. Evacuation des eaux traitées

Après le traitement dans les bassins secondaires, et à travers les ouvrages de sortie des lagunes, les eaux traitées sont évacuées gravitaire ment vers le rejet final par deux collecteurs de diamètre 1000mm.

Les eaux épurées sont rejetées directement à l'oued M'Zab (Photo.17)(STEP, 2021)



Photo 17:Rejet final vers Oued M'Zab (STEP, 2017)

3. Analyses physico-chimiques

3.1. Température

C'est un facteur environnemental important dans les lagunes car elle a une grande importance quant à la composition des espèces d'algues. La température minimale des eaux traitées a été enregistrée durant le mois de d'avril, elle est de l'ordre de 09.76 °C, et la température maximale est environ 30.02°C marquée dans le mois d'Aout. On remarque que les valeurs de températures des eaux traitées sont moins que les eaux brutes de 10.62 C°, à 30.88 C°, cette diminution est due à la stagnation des eaux traitées dans les bassins par contre les eaux brutes peuvent être devenus d'un usage d'eau chaude ainsi que le

mouvement d'eaux usées dans les canalisations de réseau d'égout peut augmenter sa température.

D'après la figure ci-dessous (Fig.23) on trouve généralement une augmentation de la température dans le temps, cette augmentation peut être expliquée par l'augmentation de la température de l'air au cours du changement des saisons, et en fonction des conditions climatiques de la zone d'implantation.

La température influe sur l'activité métabolique des organismes aquatiques, elle est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît, ça ce qui est remarquable pour l'activité algale qui s'accroît d'une façon rapide.

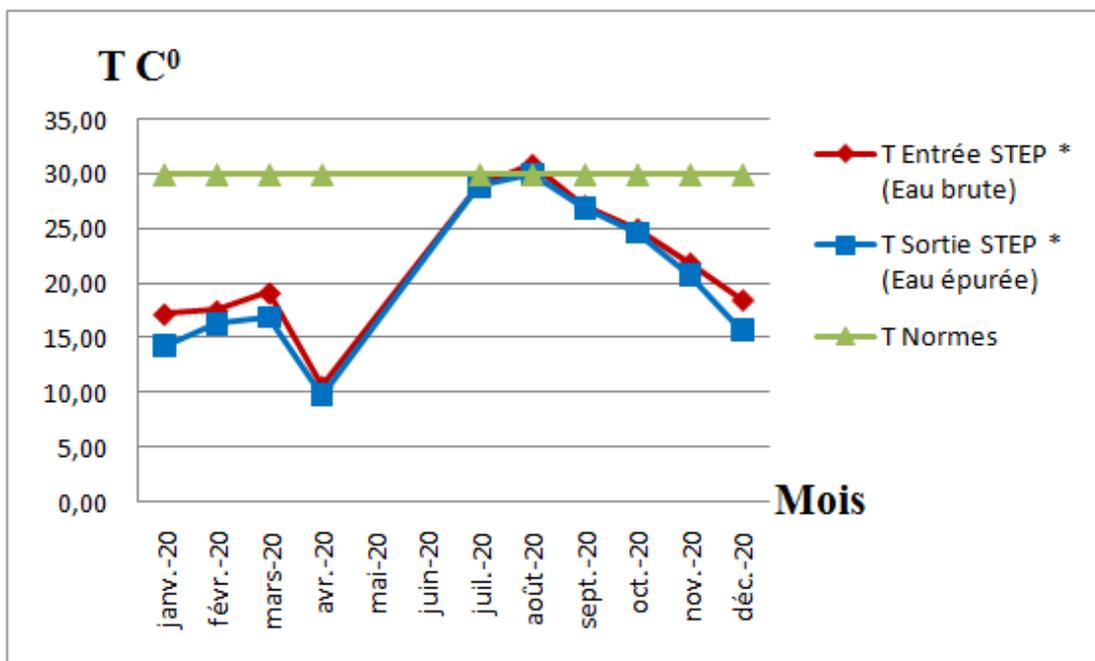


Figure 23 : Variations des T° dans les eaux usées de la STEP

3.2. pH

Le pH détermine l'acidité et l'alcalinité du milieu naturelle, est le paramètre environnemental qui influence fortement la croissance bactérienne. L'optimum de croissance des bactéries aquatiques se situe entre 6,05 et 8,5 (MONELLO, 2009).

Le pH des eaux usées brutes et épurées est généralement alcalin (Fig.24). Les valeurs du pH des eaux brutes varient entre 7.82 et 8.37 et celles des eaux traitées oscillent entre 7.95 et 8.53. Ces valeurs du pH enregistrées sont conformes aux normes de rejet appliquées en Algérie $6,5 < \text{pH} < 8,5$.

Ces résultats sont comparables celle du STEP par lagunages naturel aéré du Ouargla qui sont déclarés par (GUENOUAI, 2019) Par La valeur moyenne de le pH à l'entrée est de 7.34. Cette valeur à la sortie est devient 7.71.Cette valeur est conforme aux normes de rejet des eaux usées Algériens (6.5-8.5).

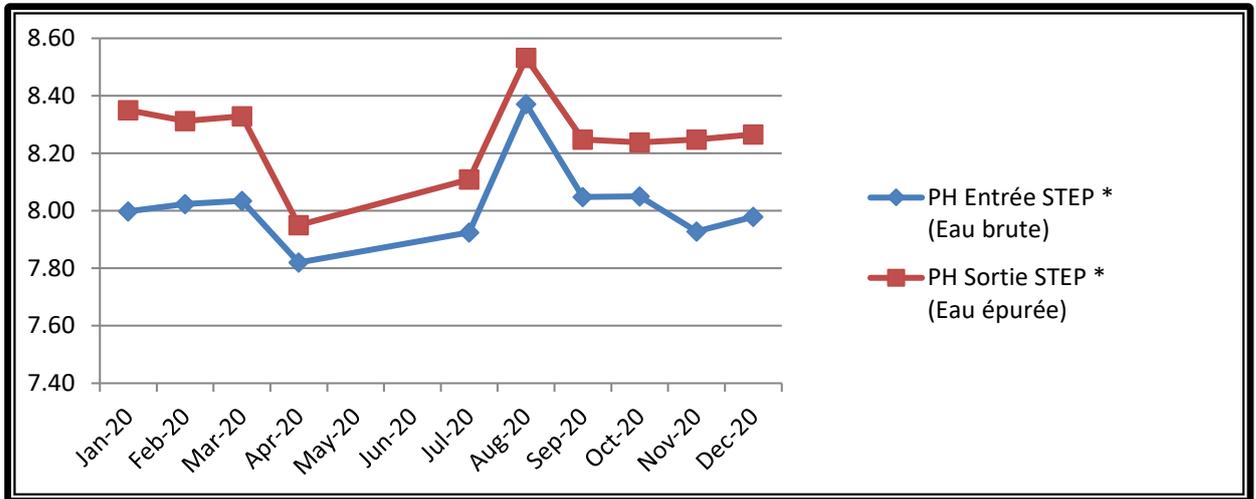


Figure 24: Variations des pH dans les eaux usées de la STEP

3.3. Salinité

La salinité d'une eau désigne la quantité des sels dissous contenues dans cette eau, en d'habitude exprimée par la conductivité électrique (CE) en $\mu\text{mhos/cm}$ ou dS/m à 25C° , D'après les figures (Fig. 25) on a trouvé que la salinité est presque stables (les eaux brutes

0.95 g/l à 2.12 g/l et pour les eaux traitées 0.94g/l et 2.09 g/l ;cette stabilité due à leur homogénéités dans les grandes superficies des lagunes (BENHEDID et HARROUZ,2011).

On ne constate qu'une forte teneur en sel dans l'entrée et aussi la sortie de la station d'épuration Ouargla avec une valeur moyenne est (2.37 -3.42g/l).

L'élévation de la salinité des eaux usées engendre une diminution de l'abattement de rendement des paramètres de pollution.

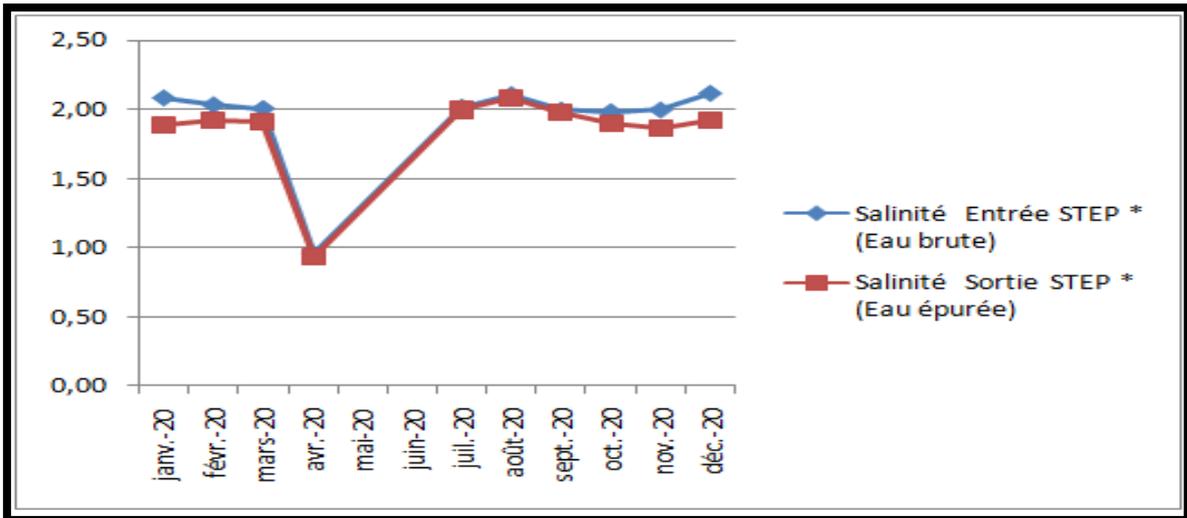


Figure 25: Variations de la salinité dans les eaux usées de la STEP

3.4. Conductivité électrique

La figure 26 montre la variation des mesures de conductivité électrique pour les eaux brute entre 3.25 et 4.26 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Et les eaux épurées varient entre 1.53 et 4.15 $\mu\text{s}/\text{cm}$. On remarque une augmentation CE dans les mois : juillet et août et septembre est due peut-être à la suractivité bactérienne qui fait minéraliser la matière organique en eau et sel minéraux sous le fait de la température optimal

La diminution de CE pendant les reste les mois de l'année est expliqué par la décantation des sels minéraux au niveau des bassins.

Ces mesures sont au-dessus les normes de rejet.

Par contre elle varie mesures de conductivité électrique pour les eaux brute entre (2.2-2.6 $\mu\text{s}/\text{cm}$) relevée en (Janvier –Mai) avec une valeur moyenne (3.55 $\mu\text{s}/\text{cm}$) de Ouargla. Et les eaux épurées varient entre (4.87-4.19) relevée (Décembre-Novembre) avec une valeur moyenne (6.19 $\mu\text{s}/\text{cm}$). On remarque cette valeur très élevée à cause de : la salinité des eaux potable surtout dans station d'Ouargla et les stations de dessalement.

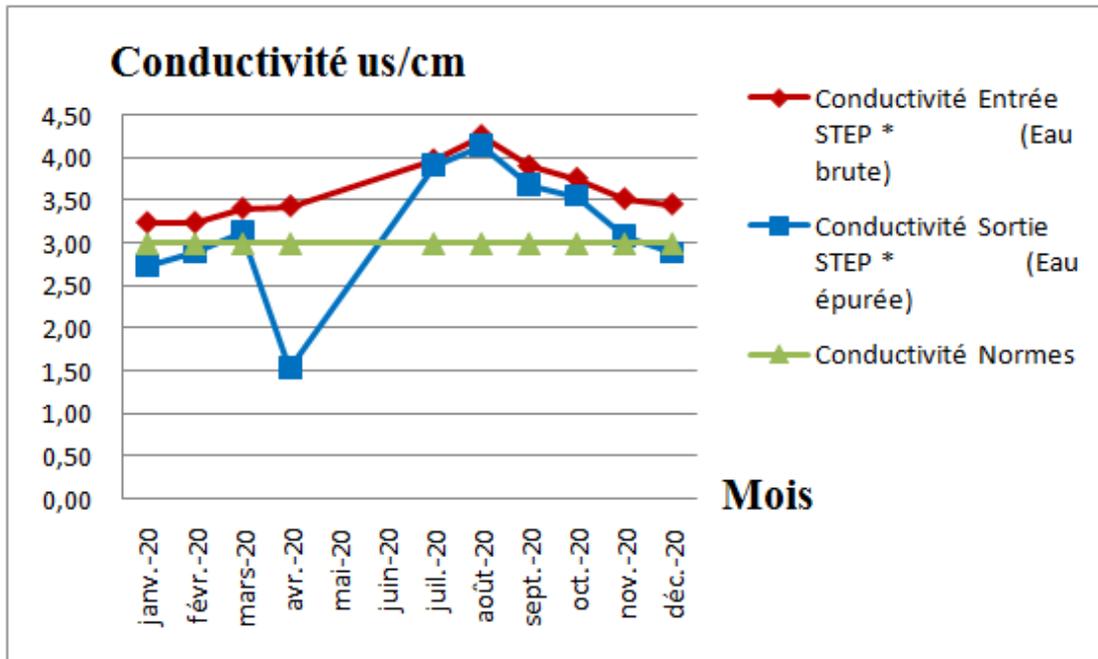


Figure 26: Variations des CE dans les eaux usées de la STEP

3.5. Oxygène dissous

La concentration en oxygène détermine la concentration en bactéries anaérobies et aérobies ce qui conditionne le traitement biologique de la matière organique (RODIER, 2005).

D'après les résultats obtenus (Fig.27), l'O₂ dissous pour l'eau brute varie entre 0.14 et 5.68 mg/l et pour l'O₂ dissous des eaux épurées varie entre 0.14 et 6.54 mg/l.

La station Ghardaïa qui procède au lagunage naturel qui est liée directe à la condition climatique de milieu ; température et pression atmosphérique qui ont un impact direct sur le processus de solubilité de l'oxygène. et aussi l'action du vent qui entraîne un brassage d'eau. La faible concentration en oxygène des eaux brutes (0.14mg/l), peuvent être expliquée par les canalisations fermées du réseau d'égout et ne sont pas au contact à l'air. L'augmentation des teneurs d'oxygène dissous, à la sortie de la station revient probablement à la permettant le développement des algues qui libèrent de l'oxygène par photosynthèse et l'exposition d'eau à l'air dans les bassins.

Ces résultats sont comparables celle du STEP par lagunages naturel aéré du Ouargla qui sont déclarés par (GUENOUI, 2019), 2.26mg/l. Cette valeur ne dépasse la norme de rejet 05 mg/l établie par l'OMS

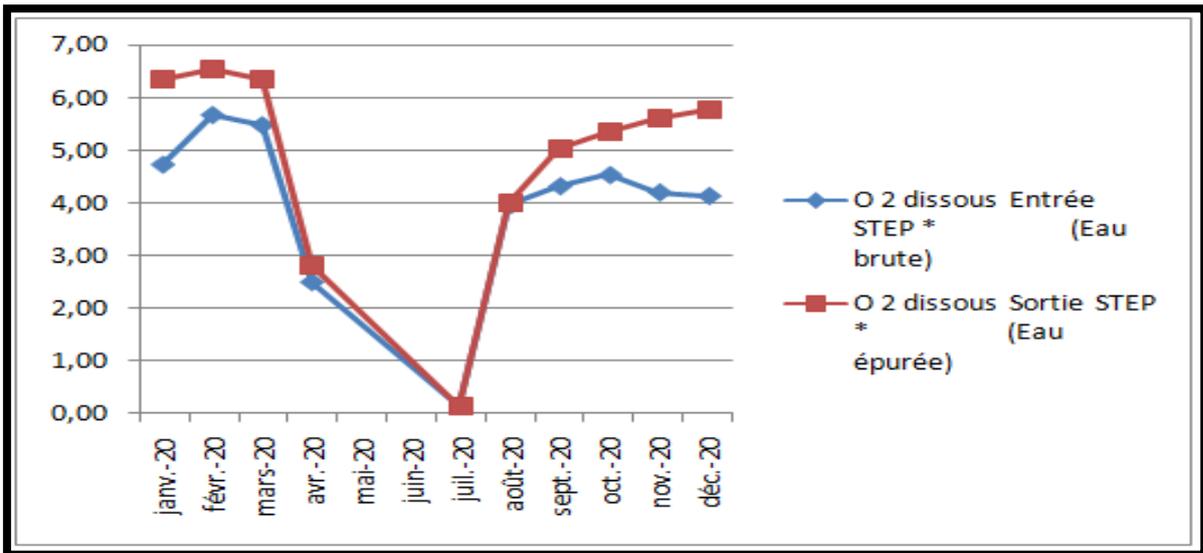


Figure 27 : Variations des O2dissous dans les eaux usées de la STEP

3.6. Azote total

Azote totale correspondant à l'azote organique (N org) et ammoniacal NH_4 et aux formes minérales oxydées de l'azote nitrates (NO_3) et nitrites (NO_2).

Les eaux usées domestique dont quelle contienne la principale source d'azote qui est urinaire. La STEP Ghardaïa montre un graphe (Fig.28) de NT Entrant qui variée entre 22.78-82.46mg/l et sortant qui varie entre 12.19 -75.49mg/l qui ne correspond pas aux normes de rejet. On constate une augmentation des valeurs sortant. Cela est due à l'augmentation de la pollution azotée qui entraîne d'une manière générale une croissance excessive des algues et plantes dans le milieu récepteur et une consommation supplémentaire de l'oxygène dissous, d'où une dégradation du milieu aquatique (Phénomène d'eutrophisation).

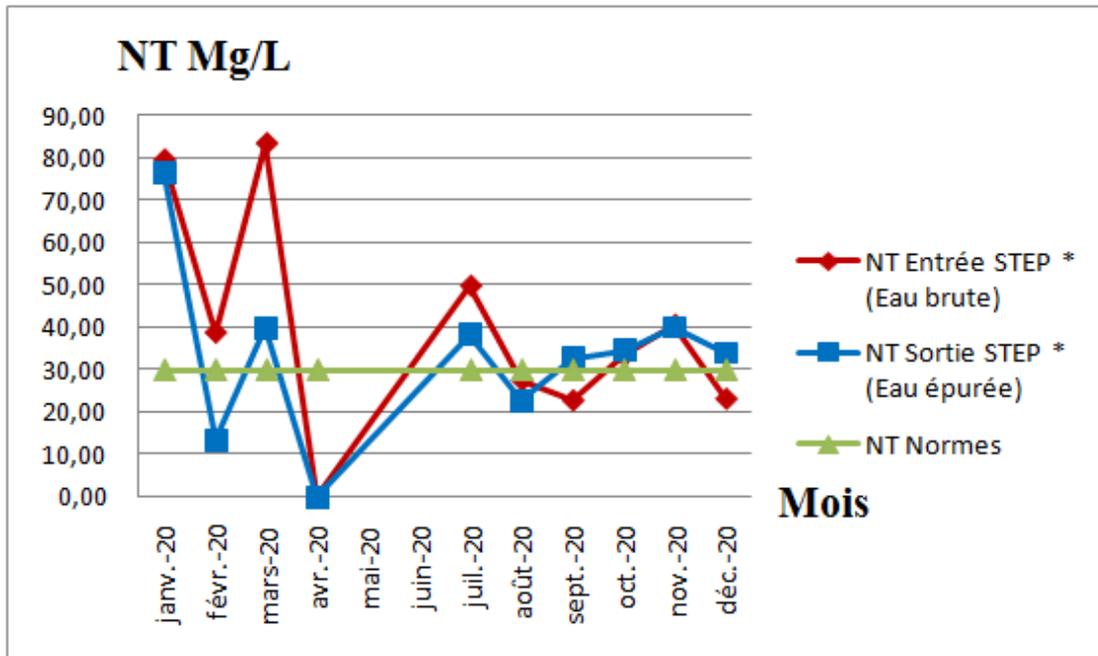


Figure 28 : Variations des NT dans les eaux usées de la STEP

3.7. Azote ammoniacal

Selon les résultats obtenus, la valeur de l'azote ammoniacal pour les eaux brutes est de l'ordre de (19.20 -76.40) mg/l, et pour les eaux traitées est (23.60-65.60) mg/l. Cette dernière est supérieure aux normes internationales des eaux d'irrigation selon FAO ($\text{NH}_4^+ < 0.2 \text{ mg/l}$).

D'après Nisbet et Vernaux (1970), l'azote ammoniacal rencontré dans les eaux usées, et dont la présence est anormale, traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa transformation. Cela explique l'élévation des teneurs en NH_4^+ de l'eau usée avant le traitement.

La baisse des teneurs en azote ammoniacal au niveau de la station d'épuration de la sortie est le fait du processus d'épuration biologique par boues activées qui permet de diminuer la charge polluante en NH_4^+ . Cette baisse est mise en oeuvre par une réaction chimique dite nitrification autotrophique qui fait appel à des bactéries nitrifiantes (ex : *Nitrosomonas europaea*; *Nitrobacter*), et cette nitrification présente un grand intérêt en raison de la moindre toxicité de la forme nitrique par rapport aux formes ammoniacales et nitreuses.

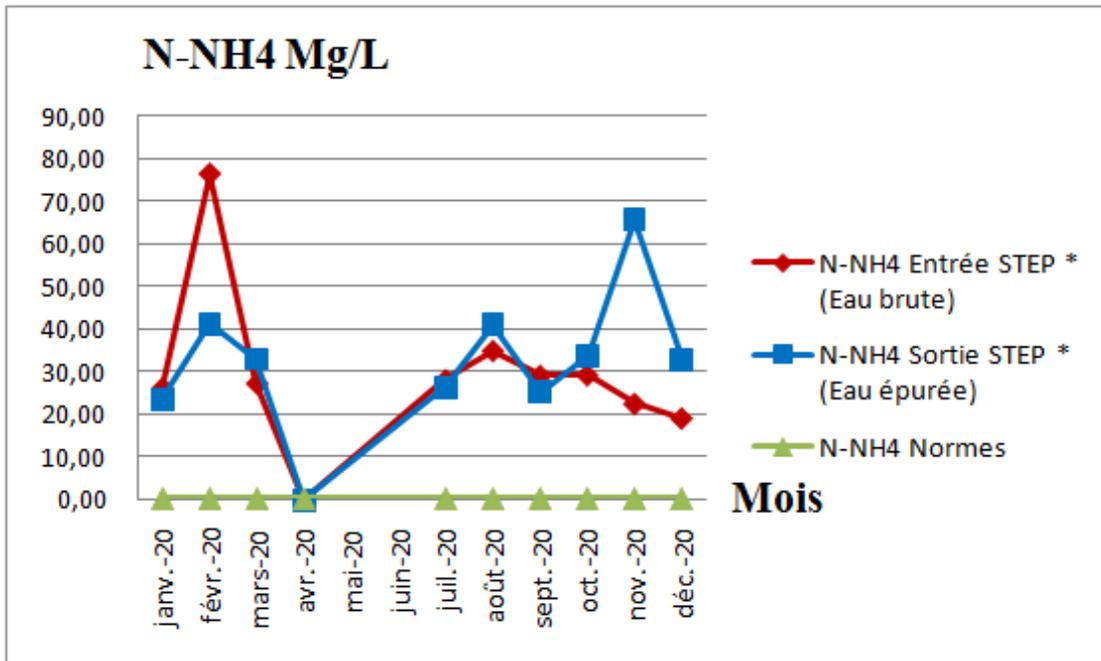


Figure 29 : Variations des dans NH_4^+ les eaux usées de la STEP

3.8. Nitrites

Pour l'interprétation des résultats de nitrites, il est nécessaire de tenir en compte les teneurs de nitrates, d'azote ammoniacale et de matière organique. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante (RODIER, 2005).

Les résultats des eaux traitées obtenues en nitrites sont très faibles avec une moyenne de 0,5 mg/l, qui répond aux normes internationales des eaux d'irrigation selon l'OMS ($\text{NO}_2^- < 0,1 \text{ mg/l}$).

En remarquant les figures ci-dessous (Fig.30), nous trouvons la même allure de variation pour les deux graphes, avec une légère augmentation enregistrée dans le cas des eaux traitées. Cela a d'origine, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Les nitrites ne représentent qu'un stade intermédiaire entre l'ammoniaque et les nitrates dans le cycle de l'azote, et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans l'eau est donc rare et en faible quantité.

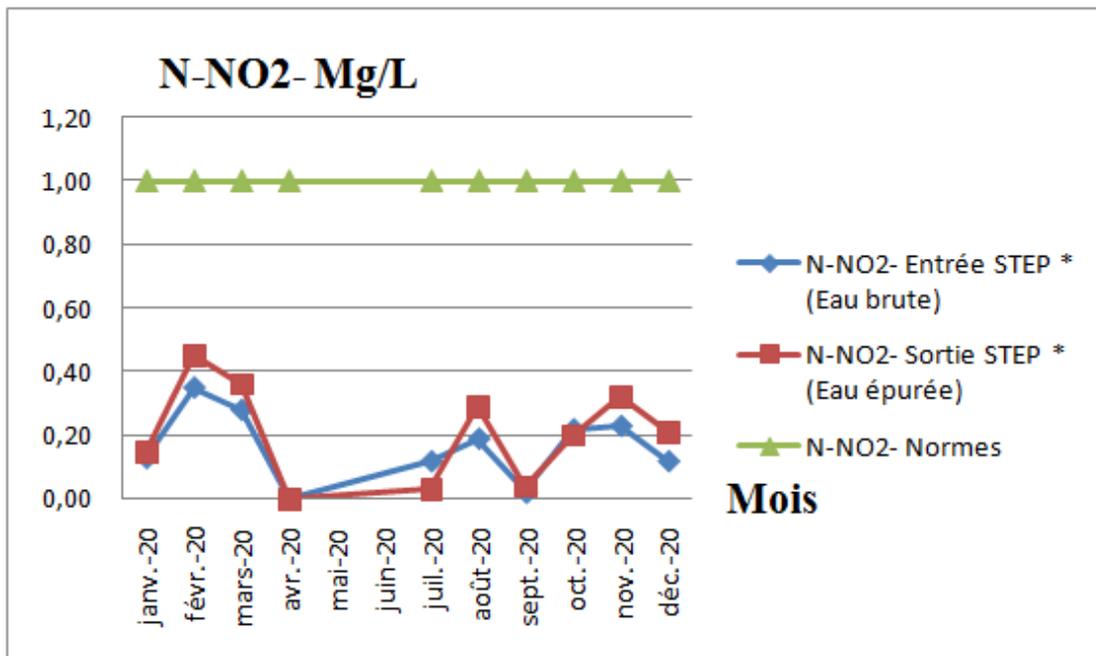


Figure 30 : Variations des dans N-NO2 les eaux usées de la STEP

3.9. Nitrates

Les nitrates sont le résultat direct de l'oxydation de l'ammoniac en passant par les nitrites qui est un élément peu stable sauf en cas d'insuffisance d'oxydant où on note une accumulation de ce dernier.

A partir des résultats obtenus, nous enregistrons des valeurs oscillent entre 0.28 et 1.21mg/l) pour les eaux brutes, et entre 0.42 et 0.86mg/l pour les eaux traitées. Ces valeurs sont compatibles aux normes internationales selon OMS ($\text{NO}_3^- < 50\text{mg/l}$).

La présence des nitrates dans les eaux polluées atteste le bon fonctionnement du processus de l'autoépuration. La présence des nitrates dans l'eau usée à l'entrée de la station d'épuration indique que le processus de nitrification est déjà présent, alors que l'augmentation des teneurs en nitrates vers la sortie de celle-là prouve que la nitrification est encore plus poussée au cours de l'épuration biologique où l'utilisation de bactéries nitrifiantes en grande masse (boues activée) à côté d'une oxygénation importante fait que les quantités d'azote ammoniacal sont transformées en azote nitrique.

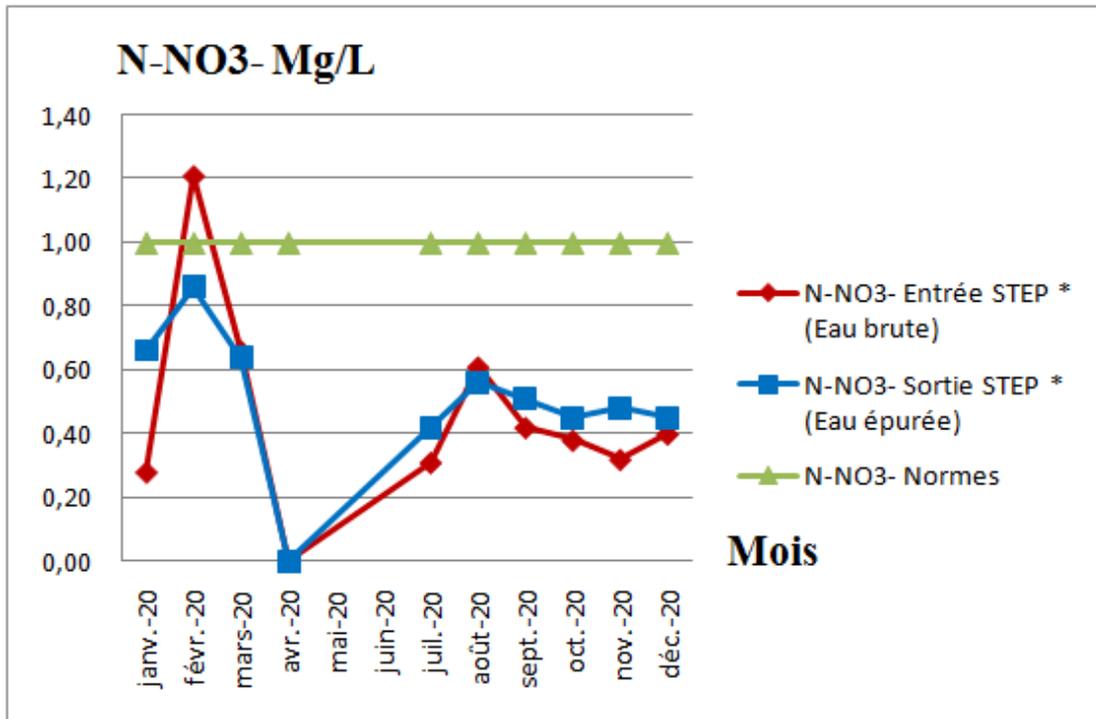


Figure 31 : Variations des NO₃⁻ dans les eaux usées de la STEP

3.10. Phosphore total

L'apport journalier de phosphore est d'environ 1.5g par habitant. Il est dû essentiellement au métabolisme de l'individu et Les additifs contenus dans les détergents du commerce constituent pour les eaux usées domestiques la principale source de phosphore. La STEP Ghardaïa montre un graphe de PT Entrant qui variée entre 1.47 - 1.71 mg/l et sortant qui varie entre 0.33- 1.99 mg/l avec PT qui conforme aux normes de rejet. On constate des valeurs sortant diminution .cela peut être explique par La déphosphoration biologique est basée sur la capacité de certains microorganismes à accumuler le phosphore au- delà de leur besoin métabolique.

Ce métabolisme est connu sous le nom d'EBPR « Enhanced Biological Phosphate Removal». Les microorganismes assurant la dégradation du carbone et de l'azote intègrent du phosphore à leur matériel cellulaire (structure membranaire, ATP et ARN – Acide Ribonucléique).

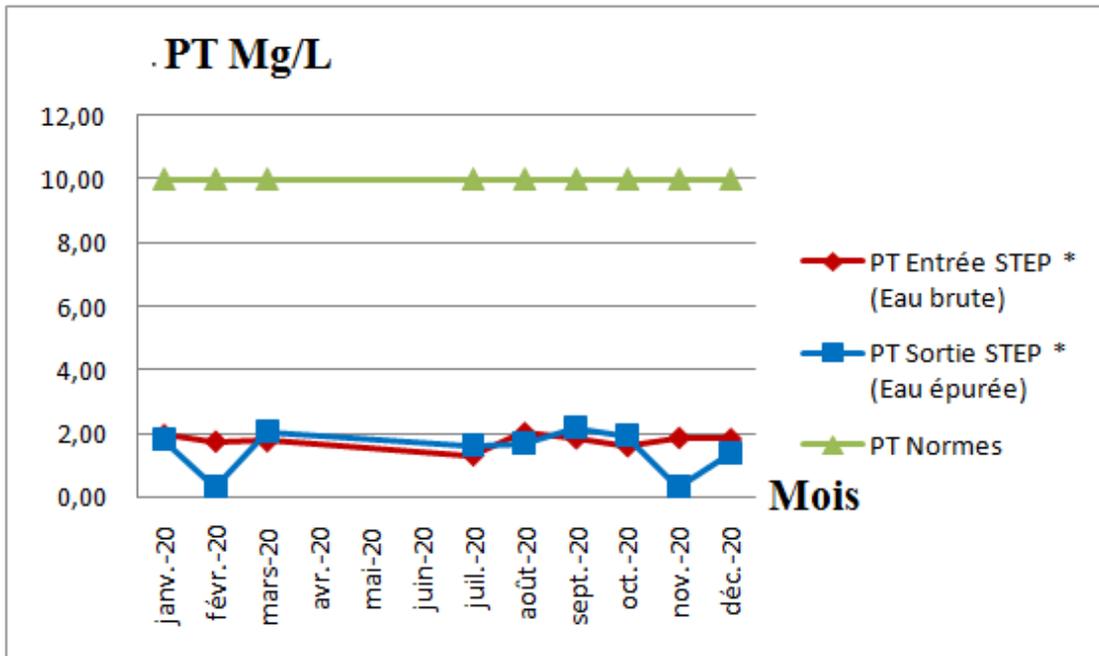


Figure 32 : Variations des PT dans les eaux usées de la STEP

3.11. Matière en suspension

Vairée entre 140 (mg/l) valeur max et 18.67 mg/l valeur minimum. Les valeurs MES sortie variée entre 23.33 et 74 mg/l ce qui donne un moyen rendement annuelle de 3.27%mg/l (Fig.34). Ces chiffres sont au-dessus de Norme de rejet (Fig. 33).

D'après le graphe les valeurs légèrement augmenter à la sortie de la station est due à la prolifération d'algues qui se sont développées dans les bassins .Par contre la station de Ouargla La valeur moyenne de la MES à l'entrée est de 267.85 mg/l cette valeur est beaucoup plus élevée aux Normes requissent des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation (150mg/l). Cette valeur est beaucoup réduite à la sortie est devient 108.56 mg/l qui est supérieure aux Normes (aux normes requise). Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JORA, 2006).Le rendement de la MES d'épuration de la station Ouargla (53,45%).

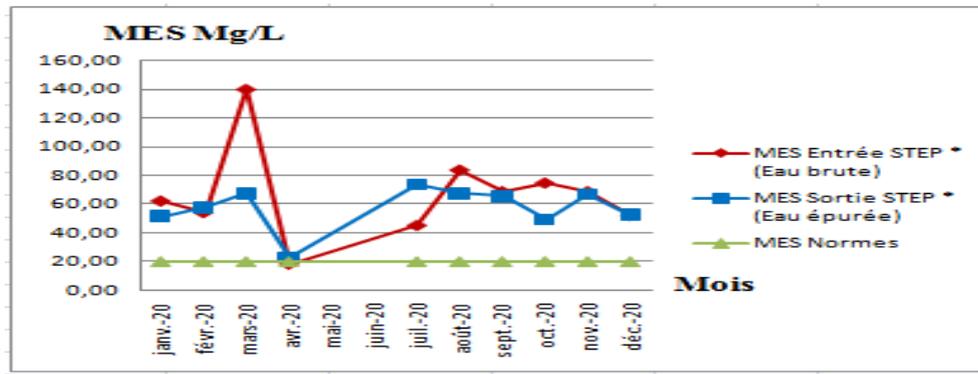


Figure 33 : Variations des MES dans les eaux usées de la STEP

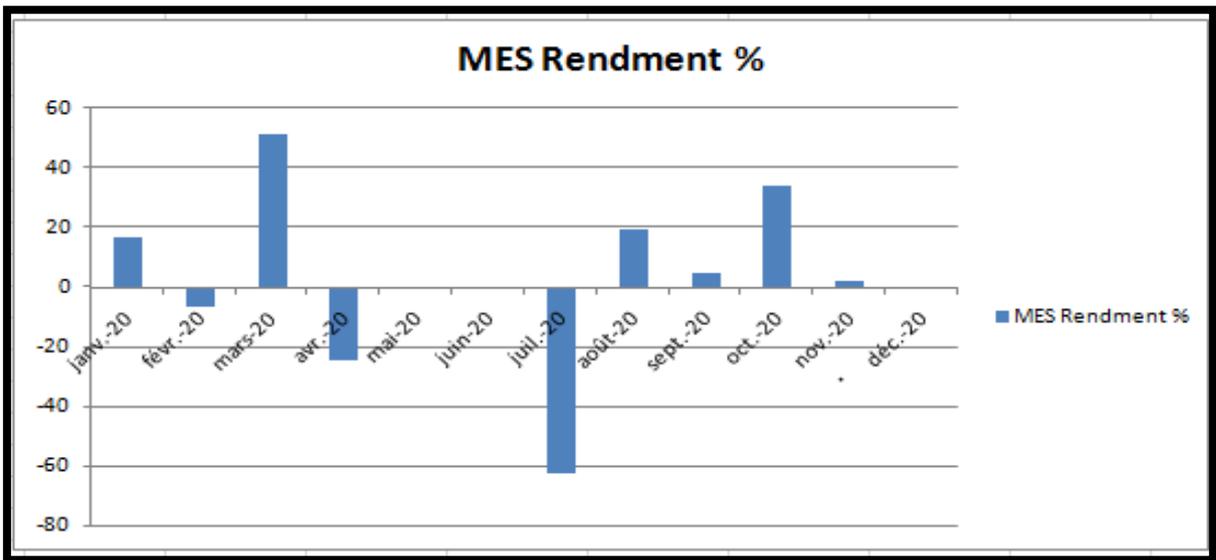


Figure 34 : Histogramme des rendements MES de station d'opération Ghardaïa

3.12.DCO

La STEP Ghardaïa montre un graphe de DCO Entrant qui variée entre (96 -239.00 mg/l) et sortant qui varie entre 44.80 et 126 mg/l) avec DCO sortant moy de 78mg/l qui conforme à la norme de rejet. On constate des valeurs DCO entrant et sortant très proche indique une faible diminution. Cela peut être explique par L'absence de la quantité suffisante d'oxygène dans le milieu qui entraine une mauvaise oxydation.

La valeur moyenne de la DCO a l'entrée est de 389,11mg/l et avec un rendement 52.34%(Fig.36),cette valeur et beaucoup plus élevée aux normes requise Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JORA, 2006) (Fig. 35)

Cette valeur est beaucoup réduite à la sortie est devient (128,90mg/l)qui est supérieure au norme .le rendement de la DBO5 d'épuration de la station Ouargla (GUENOUI, 2019)69,93%.

On observe un intervalle très important entre les valeurs de DCO de l'entrée et de la sortie de la station (Fig.35). Cette diminution est causée par l'intervention des aérateurs mécaniques qui fournit de l'oxygène au milieu. Provoquant une forte oxydation.

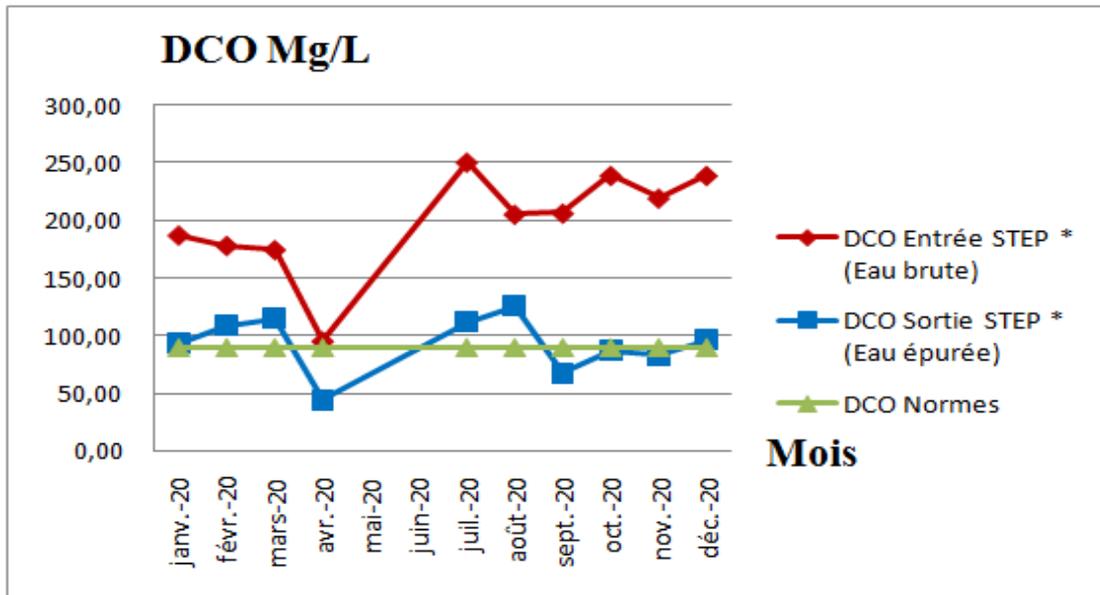


Figure 35 : Variations des DCO dans les eaux usées de la STEP

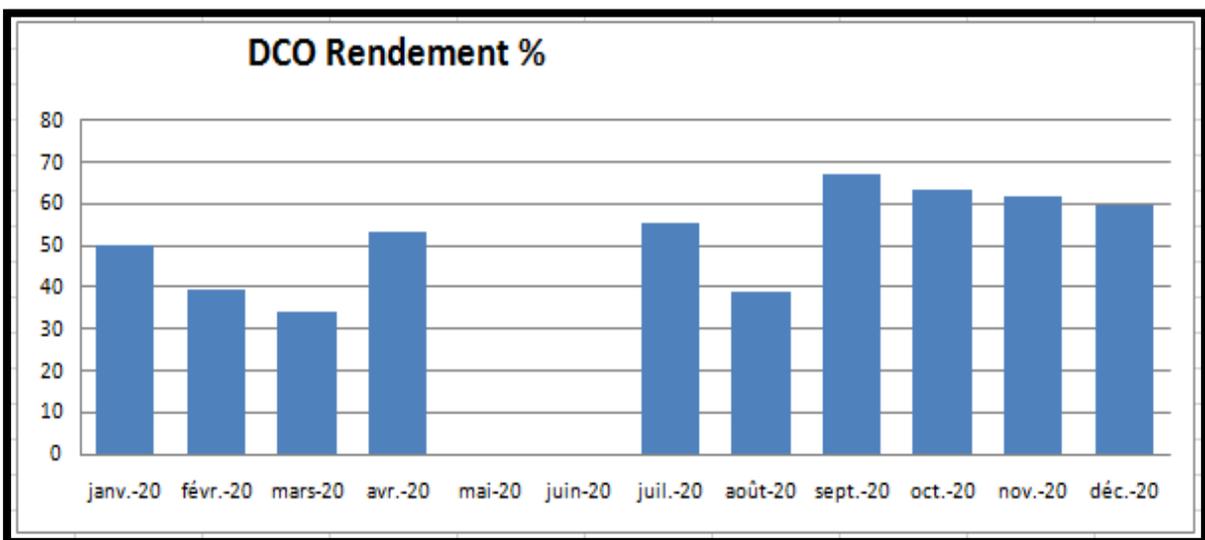


Figure 36 : Histogramme des rendements DCO de station d'opération Ghardaïa

3.13. DBO₅

On remarque que la station de Ghardaïa montre un graphe DBO₅ Entrant qui variée entre 63.50 et 173.50 mg/l qui sont relativement des charges faibles concentration, Et un graphe DBO₅ sortant qui variée entre 19.5 et 72 mg/l Cette valeur ne répond pas aux normes de rejets recommandées par l'OMS (30 mg/l).

Nous notons une élimination de cette pollution organique, avec un rendement moyen de 53.40%(Fig.38). Ces résultats sont comparables celle du STEP par lagunages naturel aéré du Ouargla qui sont déclarés par (GUENOUAI, 2019) 85.71%.

La figure ci-dessous (Fig.37),montre une diminution des valeurs de DBO₅ dans les eaux épurée par rapport aux eaux brutes, suite a la présence des algues et d'autres micro-organismes qui interviennent dans le processus de la dégradation ou la minéralisation de la matière Nous remarquons une faible rendement moyen de DBO₅ a cause de L'insuffisance de l'aération dans les bassins et la Présence des huiles à la surface des eaux dans les bassins ce qui diminue la pénétration de l'oxygène.

Il faut se retenir que dans un milieu nettement pollué, de faibles valeurs de DBO₅ peuvent être liées à la présence d'éléments toxique inhibiteurs, d'ou l'intérêt de ne pas considérer la DBO₅ comme unique critère d'estimation de la qualité d'une eau (RODIER, 2005).Nous remarquons une diminution des valeurs pour les eaux traitées par rapport aux eaux brutes. La réduction de la demande chimique en oxygène peut être expliquée par la diminution de la matière organique complète par oxydation chimique des molécules oxydables contenues dans l'eau et l'augmentation de CE entre les mois janvier et avril a cause augmentation le débit des eaux usées

On remarque que la station de Ghardaïa montre un graphe DBO₅ Entrant qui varie entre 63.50 et 173.50 mg/l qui sont relativement des charges faibles concentration

Et un graphe DBO₅ sortant qui varie entre 19.5 et 72 mg/l qui confirment les normes de rejet Par contre la station de Ouargla, La valeur moyenne de la DBO₅ à l'entrée est de (1690.44mg/l) cette valeur est beaucoup plus élevée aux Normes requise Les valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (JORA, 2006).Cette valeur est beaucoup réduit à la sortie est devient (38.17mg/l) qui est supérieure aux normes.

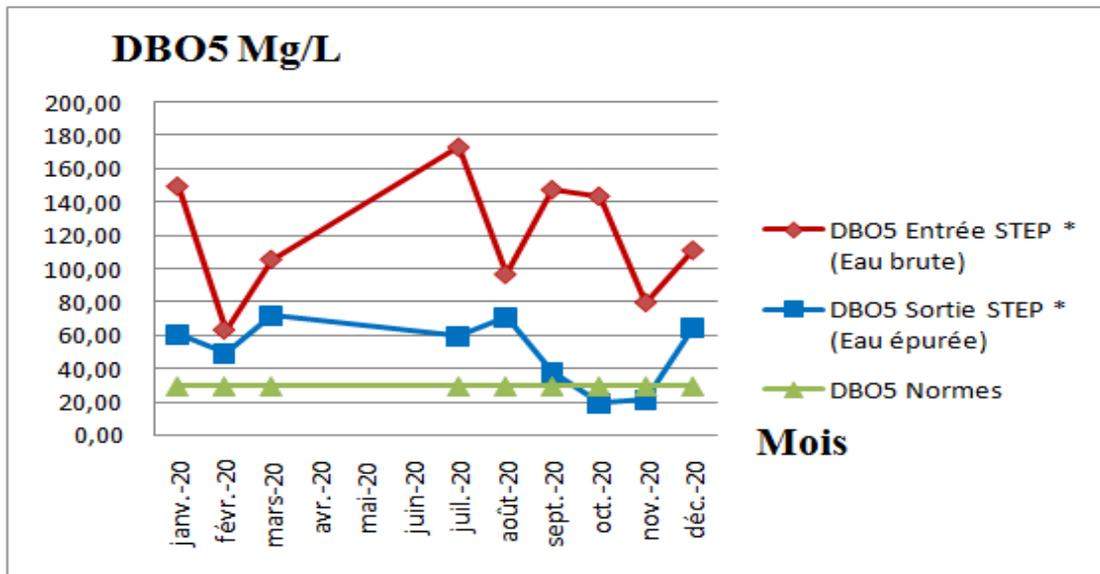


Figure 37: Variations des DBO5 dans les eaux usées de la STEP

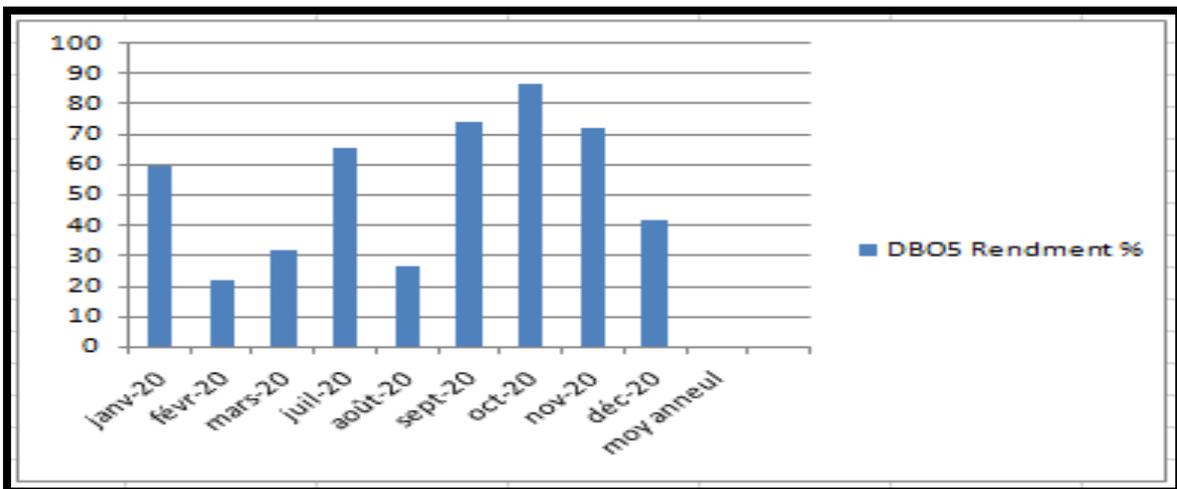


Figure 38 : Histogramme des rendements DBO5 de station d'opération Ghardaïa

3.14. DCO/DBO5

Les eaux résiduaires urbaines contiennent dans sa majorité des composés organiques biodégradables, le rapport DCO/DBO5 constitue une indication de l'importance des matières polluantes peu ou pas biodégradables. Si l'indice de biodégradabilité c-t-dire $DCO/DBO5 < 3$ les effluents de la station d'épuration sont considérés comme facilement biodégradables. (RODIER et al., 2009). Les résultats varient entre un minimum de 1.48 et un maximum de 4.47 avec un moyen de 2.04 (Fig.39), qui signifie que la matière qui contient les eaux usées dans notre STEP est biodégradable.

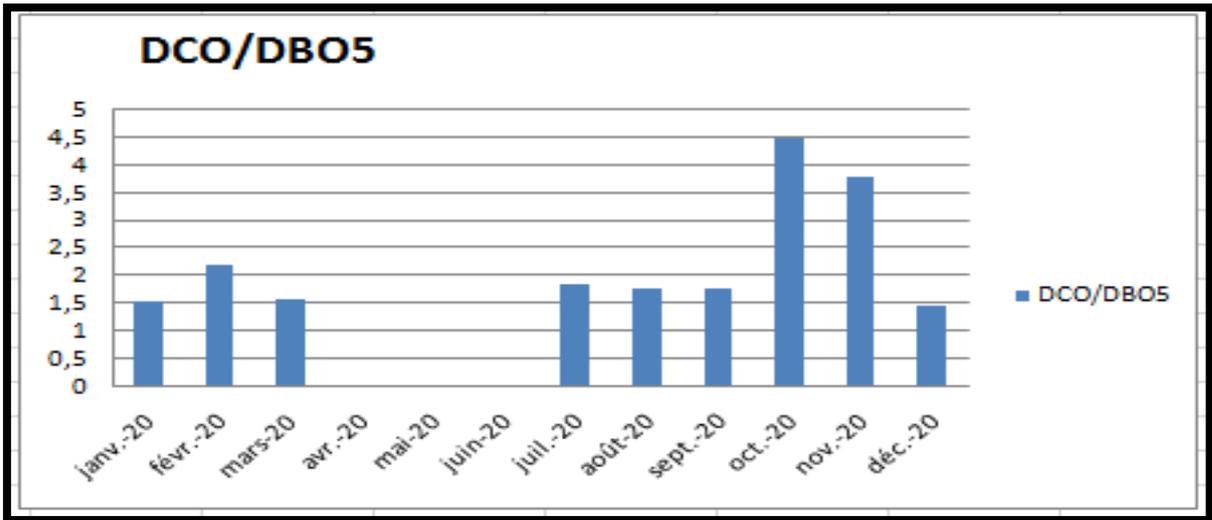


Figure 39 : Histogramme des rendements DCO/DBO₅ de station d'opération Ghardaïa

4. Réutilisation des eaux épurées dans la zone de Ghardaïa

La station d'épuration de la ville de Ghardaïa par lagunage naturel permettra d'obtenir une qualité de rejet compatible avec la valorisation des eaux épurées pour l'irrigation de cultures de céréales, fourrages et vergers, soit la catégorie B (Annexe. 02) de la directive de l'Organisation Mondiale de la santé (OMS) concernant la réutilisation en agriculture des eaux usées traitées (Annexe03), et on peut faire la réutilisation dans le domaine de la recharge des nappes.

4.1. Culture expérimentale de l'olivier dans la STEP

Parmi les cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées selon l'arrêté interministériel Algérienne du 8 Safar 1433 correspondant au 02 janvier 2012.

On remarquant dans notre STEP un champ d'olivier présentée comme une culture expérimentale qui sont cultivés depuis la mis en service de STEP (08 ans) (Photo. 21).



Photo21 : Olivier (STEP, 2021)

4.2. Espèces végétales spontanées

Les espèces végétales installées au voisinage du point de rejet sont : roseaux, tamaris et *Halocnemums*' (Photos18-19).



Photo18: Tamaris (STEP, 2021)



Photo19 : *Halocnemums*(STEP, 2021)

La végétation générée est occupant les deux côtés du canal de point de rejet final est composée de trois espèces dominants (Photo. 20) :

- la première espèce (*Halocnemumstrobilaceum*)
- la deuxième espèce (*Phragmites communis*)

- la troisième quelques individus de tamarix aphylla et des individus isolés d'*Halocnemum*.



Photo 20: Espèces végétales dominant dans le milieu récepteur (STEP, 2021)

4.3.Création d'une zone humide

Lerejet des eaux usées épurées a engendré des effets avantageux en point de vue environnemental, par la création d'une zone humide qui aggloméré oiseaux migrateurs venant des autres lieux.comportant plusieurs espèces vient de s'installer au niveau des bassins du lagunage et de milieu récepteur (Ta **Photo 02:** Rejets de eaux usée dans le lit de oued M'Zabbl. 13) (Photo. 22).

Tableau 13: Liste non exhaustive des espèces d'oiseaux inventoriées au niveau des bassins du lagunage et de milieu récepteur (CFG, 2017)

Famille	Espèces	Nom Français
Anatidae	Aythya nyroca	Fuligule nyroca
	Tadorna ferruginea	Tadornecasarca
	Tadorna tadorna	Tadorne de belon
Rallidae	Gallinula chloropus	Pouled'eau
Recurvirostridae	Himantopus himantopus	Echasse blanche
Podicipedidae	Tachybaptus ruficollis	Grebecastagneux
Scolopacidae	Tringa spp.	. Chevalier non identifié
Phénoptéridés	Flamant rose	Phoenicoptère rose



Photos 22 : Quelques espèces observées au sein du milieu récepteur au niveau des Bassins du lagunage

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre travail sur l'étude de la situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles dans la vallée de M'Zab, nous ramène à faire plusieurs constatations et recommandations.

A travers les enquêtes, l'origine des eaux usées de la ville de Ghardaïa sont des eaux domestiques, on note aussi la présence des eaux de lavage. Le réseau d'assainissement est de type unitaire (eau usée + eau de pluie), il raccorde les 04 communes (Daya, Ghardaïa, Bonoura et ElAtteuf), il existe des points noirs liés au réseau d'assainissement (colmatage de la conduite, débordement d'eaux au moment de fortes pluies, mauvais branchement à l'ovoïde, les tampons de regards endommagés...etc).

Nous avons présenté les différents procédés comportent la station d'épuration de Ghardaïa, nous avons constaté que l'eau épurée doit passer par plusieurs étapes successives la première est constaté par les prétraitements, la deuxième étape est liée à l'épuration biologique et la décantation et enfin aux lit de séchages.

Le suivi de la performance de la STEP de kef Dokhane a permis de conclure que les valeurs de pH et de la température de l'eau épurée sont conformes aux normes de rejet direct et ne perturbent pas le traitement biologique.

Selon les résultats obtenus, nous distinguons la vénielle différence entre les valeurs de pollution des eaux traitées et celles des eaux brutes, ceci dénote que le procédé de lagunage naturel est déficient pour l'épuration des eaux usées, dont l'abattement de la charge organique s'effectue avec des rendements 53.40% pour DBO₅ et 52.34% pour DCO, et 2.04 pour le rapport DCO/DBO₅ et de 3.270% des MES, ce problème de faible réduction est causé par le de développement rapide des algues pendant la période estivale et l'accumulation des boues au niveau des bassins de lagunage.

Pour la pollution azotée on a constaté une faible élimination de l'ammonium, de nitrites et denitrates, ainsi qu'au phosphore.

D'après les analyses effectuées sur des échantillons d'eaux usées épurées de la STEP de Ghardaïa, il ressort que les concentrations des paramètres physico-chimiques dépassent les valeurs limites exigées par l'arrêté interministériel de 2012 de la réutilisation des eaux épurées (Annexe. 03) et ils ne sont pas conformes aux données de conception de la STEP. Les teneurs moyennes ne respectent ni les exigences de la réglementation en vigueur de la réutilisation, ni les valeurs limites du rejet dans le milieu naturel (décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006) (Annexe. 03).

Néanmoins, il a été enregistré une amélioration durant l'année de 2020 tout en étant non conforme pour les paramètres de pollution, grâce à la maîtrise de l'exploitation de cette station. Un suivi rigoureux doit être effectué afin d'assurer une maîtrise totale de l'exploitation, sans oublier la charge hydraulique qui dépasse la capacité nominale qu'il faut prendre au sérieux pour respecter le temps de séjours dans les bassins. Il faut améliorer le traitement par approvisionnement de la station d'épuration en déshuileur et analyses et bactériologiques afin d'éliminer définitivement les huiles et la charge polluante contenue dans les eaux usées.

Cependant, d'autres règles et recommandations doivent être rappelées et strictement respectées, à savoir :

- D'approfondir les études sur les performances épuratoires du lagunage aéré sous un climat aride.
- Ajouter un traitement primaire pour fournir une bonne élimination des matières colloïdales et en suspension pour faciliter les traitements ultérieurs.
- Résoudre le problème de prolifération intensive des algues et des boues pour augmenter les rendements d'abattement des MES.
- Au niveau des sites de réutilisation et en vue d'éliminer les impacts négatifs engendrés et les risques potentiels, la réutilisation doit être gérée conformément à la réglementation algérienne.
-

*Références
bibliographiques*

Références Bibliographiques

1. **ANRH (Agence National des Ressources Hydrique), (2010).** Note de synthèse sur les premières mesures piézométriques en utilisant les nouveaux piézomètres captant la nappe du Continental Intercalaire dans la wilaya de Ghardaïa, Rapport de l'Agence nati. res. hyd. Ouargla, 10P.
2. **ANRH, (2011).** Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la
3. **Agence Nationale de Développement de L'Investissement (ANDI), (2013).** Investissement in Alegria .
4. **AMIRI K., (2012).** Evaluation du fonctionnement de trois stations d'épuration à boues activées de la wilaya de Boumer des dans le cadre d'une gestion intégrée des ressources en eau.
5. **AOULMI S., (2007).** Conception de la station d'épuration dans la ville d'Eddine (W. Ain Defla), thèse de l'école nationale supérieure de l'hydraulique.
6. **BAZZA1 M., XANTHOULIS D., (2005).** Irrigation avec les eaux usées traitées : Présentation du manuel d'utilisation, réutilisation des eaux usées traitées et des sous-produits : Optimisation, Valorisation & Durabilité. Séminaire Inter. Tunis 24-25 septembre 2003. pp 9.
7. **BECHIR S ., (1999).** Guide Technique de l'assainissement 2eme Edition.
8. **BELARBI H., (2008).** Étude du réseau d'assainissement de la ville de Sidi Hamad (W. Blida ». Mémoire d'ingénieur en hydraulique, école nationale supérieure.
9. **BENALI A et THAMER O ., (2019).** Diagnostic de Fonctionnement de la station D'épuration de Kouinine: Solutions Proposées.
10. **BENGUELIA R et HADJ BRAHIM A., (2017).** Etude hydrogéologique de continental intercalaire dans la région de Ghardaïa .
11. **BENHEDID H., (2014).** Etude de l'impact des eaux usées sur la variabilité de la pollution des aquifères superficiels à Oued M'Zab .
12. **BENSAHA H., BENSAHA L., ACHOUR M., (2011).** Réflexions pour préserver l'environnement : cas de la vallée du M'Zab (Algérie)
13. **BERDAI H., BENCHOKROUN T., El HAMOURI B., (2004).** Epuration et réutilisation des eaux usées à des fins agricoles (Expérience OUARZAZATE) .Revue H.T.E. N° 129 - Juin 2004. pp 30-41.

14. **BERNE, F., CORDONNIER, J.,(1991).** Traitement des eaux, Edition Technique, Paris, 295 p.
15. **BLIEFERT C et PERRAUD R .,(2001).** Chimie de l'environnement Air, Eau, Sols, Déchets. Edition De BoeckuniversitéBruxelles. Belgique.
16. **BNEDER.,(1988).** Etude des ressources du milieu pour la mise en valeur dans la Wilaya de Ghardaïa : Analyse de la situation actuelle, Alger, BNEDER, 164p
17. **BONNARD et GARDE.,(1996).**Etude l'assainissement et la protection contre les crues de la vallée de l'oued M Zab . rapport de synthèse des données concernant l'assainissement association BG-ENHPC,41p.
18. **BONNARD et GARDE.,(1999).**Etude l'assainissement et la protection contre les crues de la vallée de l'oued M Zab . rapport de synthèse des données de base . association BG-ENHPC,116p.
19. **BONNARD et GARDEL.,(2000).**Etude l'assainissement et la protection contre les crues de la vallée de l'oued M Zab . étude d'impact association BG-ENHPC,80p.
20. **BOUHANNA A.,(2014).**Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne .
21. **CEU,Commission européenne avec la collaboration de l'Agence de l'Eau Française.,(1991).**Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées petites et moyennes collectivités(500-5000 eq-hab.). Mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91/271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. 44p.
22. **CHENINI F., AGODZO S K., HUIBERS FP., MALDONADO P., (2005).** Use of Treated Wastewater for Irrigated Agriculture: Proposals for a Comparative Study of Bolivia, Ghana and Tunisia. Sémi. Inter. Réutilisation des eaux usées traitées et des sous-produits : Optimisation, Valorisation & Durabilité. Tunisie 24-25 septembre 2003. pp 26-31.
23. **DPSB,(2020).**Annuaire statistique de la wilaya de Ghardaïa, la Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaires.
24. **DADDI BOUHOUN M.,(1997).** Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : cas du M'Zab. Thèse de Magister. El-Harrach. I.N.A. 180p,
25. **DAVIDSON et DOWNEY.,(2011).**Les systèmes à fosses sceptique , les systèmes traitement avancé- Solutions de rechange au système traditionnels Livret numéro - AF147 .de Canada.12p.

26. **DEGREMONT.,(1978).**Mémento technique de l'eau : 8ème édition. Edition Technique etDocumentation Lavoisier.
27. **DEGREMONT.S.,(2005).**Mémento technique de l'eau. Tome 1. 10ème édition.
28. **DINH HUAN NGUYEN .,(2014).**Optimisation de la conception et du fonctionnement des stations de traitement des eaux usées thèse doctorat université de lorraen .
29. **DJOUDI H., RAFA A.,(2009).**Fonctionnement du système hydraulique de partage Est de système de la palmeraie Est Ghardaïa, ENSP, 64 pages.
30. **DRAA EL GUENDOUL NAWEL -LOUNIS NADJIMA.,(2017).**Etude d'amélioration des performances de la station d'épuration de zemmouri.
31. **DUBIEF J.,(1963).**Le climat de Sahara. Institut de recherches Sahariennes, tome II, fasciculeI, Alger, 264p.
32. **ECOSSE D.,(2001).**Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mémé. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens, 62 pages.
33. **FRANK R.,(2002).** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP AQUITAINE. Bordeaux. 171p.
34. **GAID A.,(1984).** « Épuration biologique des eaux usées urbaines tome I », Edition OPU, Alger.
35. **GERARD C.,(2009) .** Les réseaux et l'assainissement.
36. **GREGORIO, C., PIERRE, M-B, CRINI, N-M., TORRI, G.,(2007).** Traitement et épuration des eaux industrielles polluées, édition presses universitaires de Franche-Comté, 352p.
37. **GUENOUAI R .,(2019) .** Suivi et Etude des procédés d'épurations des eaux usées urbaines au niveau de l'ONA Touggourt /Ouargla et caractérisation par méthode physico-chimiques.
38. **GUIDE.,(1991).** Procède extensif d'épuration des eaux usées adaptes aux petites et moyennes collectivités .
39. **HARTANI T.,(2004).** La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie Thème 2 Vers une gestion durable de l'irrigation : conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 avril 2004. 11p.
40. **JORA.,(2012).** Journal Officiel De La République Algérienne. ANNEXE, spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. N° 41, 18-21.

- 41. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE.,(2006).**
- 42. KACI S.,(2005).**Contribution à l'étude des potentialités de l'apiculture en milieu oasien : cas de la wilaya de Ghardaïa Mém. d'Ing. d'Etat. en Agr. Saha., Dpt des Science Agronomiques, U.K.M. - Ouargla, 144 p.
- 43. KARPOFF R.,(1952).**Observation préliminaire sur l'hydrologie du Bas-Sahara.Congrès Géol. Intern. Session d'Alger, n.19, p.201-231.
- 44. KHADRAOUI, A.,(2010).**Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériens. Office des publications universitaires. Algérie. 311p
- 45. KITOUS S.,(2012).**Forme urbaine et environnement thermo-aéraulique en climat chaud et sec : Cas du ksar de Ghardaïa dans le Sahara algérien, Thèse Doc. EPAU, 319 p.
- 46. KOLLER, E.,(2009).**Traitement des pollutions industrielles, Eau, Air, Déchets, Sols, Boues,2ème édition, Dunod, 569p.
- 47. KONE D.,(2002).**Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'ouest et du centre: état des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement, Thèse de doctorat, LAUSANNE, 170 P.
- 48. LE HOUEROU H.N.,(1995).** Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertification. OPTIONS méditerranéennes, Série B : Etude et recherche N°10. ED. CIHEAM, Montpellier, 396 p.
- 49.MESSID I.,(2009).**« Conception du réseau pluvial de la commune de Ghardaïa », Mém. Ingénieur. En Hydraulique, Ecole National e Supérieure de Polytechnique .
- 50. METAHRI M. S.,(2012).** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse De Doctorat, Université Mouloud Mammri, TiziOuzou, 148p.
- 51. MONELLO ,D., (2009).** Étude de performances épuratoires d'un lagunage a macrophytes.54p.
- 52. NADER A .,(2014).** Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla gestion et risques environnementaux .

- 53. NEGAIS H., (2015).** La réutilisation des effluents urbains traités par lagunage dans la cuvette de Ouargla. Etats des lieux, enjeux et perspectives Mémoire de Magister, Université de Ouargla 171p.
- 54. ONA, (2021).** Office Nationale de l'Assainissement.
- 55. ONA, (2013).**Office Nationale de l'Assainissement.
- 56. ONA, (2019).**Office Nationale de l'Assainissement.
- 57. OMS, Etude parasitologie médicale.,(2005)** technique de base pour le laboratoire. opérationnelles et recommandations pour l'action, Février 2011.
- 58. OULAD HEDDAR M., HALILAT., KRAIMAT M.,(2018).** Evaluation de la sensibilité à l'ensablement par l'approche medalus dans la région de Ghardaïa (Algérie). 51-25p.
- 59. PAVARD C.,(1975).** Lumière du M'Zab. Delroisse. Paris. 67p
- 60. Programme des Nation Unies pour l'environnement (PNUE) en coopération avec l'OMS., (2005).** Lignes directrices pour l'utilisation des eaux usées municipales dans la région méditerranéenne. Plan d'action pour la méditerranée. Réunion des coordonnateurs nationaux pour le MED POL Barcelone, Espagne, 24 – 27 mai 2005. 73p
- 61. REZIG C., (2012).**Suivi du Fonctionnement de la STEP du Complexe GP1/Z par l'Etude de décantation & Coagulation-Floculation .
- 62. RODIER J., BAZIN C., BOURTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., (2005).**L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed. Dunod, Paris.8eme Édition, 1383p.
- 63. RODIER J.,(2005) .**L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, 8ème Edition DUNOD technique, Paris, pp 1008-1043.
- 64. ROTBARDT A.,(2011)** Rapport final: Réutilisation des eaux usées traitées. Perspectives .
- 65. SATIN M., BECHIR S., (1999) .**Evacuation des eaux usées domestiques et pluviales-Conception et composants des réseaux- Epuration des eaux et protection de l'environnement- Exploitation et gestion des systèmes d'Assainissement. Moniteur référence technique. Guide technique de l'assainissement, Paris (France) pp 231240
- 66. SAWADOGO BOUKARY., (2018).**Traitement des eaux usées industrielles par des procédés membranaires sous climat sahélien : cas des eaux usées de brasserie au Burkina Faso .

- 67. TAMRABET L.,(2011).** Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraichage. Th. Doc. Sciences Hydrauliques. Inst. Génie Civil Hydr. Archi. Univ. Hadj Lakhdar. Batna. 147p.
- 68. THOMAS O., (1955).** Météorologie des eaux résiduaires, Tec et Doc, Ed Lavoisier, Cedeboc, 135-192p.
- 69. THOREZ J.P.,(2002).** Connaitre pour agir, l'assainissement non collectif. AREHN (agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie, cloître des pénitents, 8, allée Daniel-la vallée ,76000 Rouen.4p.
- 70. TOURABI R.,(2015).** « Etude d'un réseau d'assainissement de l'UC 08 flanc nord Chetouane –Tlemcen ». Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme master en Hydraulique, Université de Tlemcen.
- 71. TUTIEMPO.,(2021).** Site internet, donnée climatique Algérie _ Ghardaïa.
- 72. UNESCO (Organisation des Nation Unies pour l'Education, la Science et la Culture),, (2008).** Traitement des eaux usées par lagunage fiche technique. Bureau de l'UNESCO à Rabat,Bureau Multi-pays pour le Maghreb. 8p.Universite, 2001.
wilaya de Ghardaïa.
- 73. ZEZEG K ET BEN YAHKOUM R.,(2005).**Influence de l'eau usées sur la nappe phréatique (cas de la vallée du MZAB) . mémoire ing , Ouargla , Université de Ouargla.
- 74. ZOBEIDI A.,(2017) .**épuration des eaux usées urbaines par lagunage aéré en zone aride – cas de la région d'el-oued. paramètres influents et choix des conditions optimales.

Références électroniques

1. Google earth 2021
2. <https://fr.tutiempo.net/climat/algerie.html>

Annexe

Annex 01 : point noire 2020(ONA.2021).



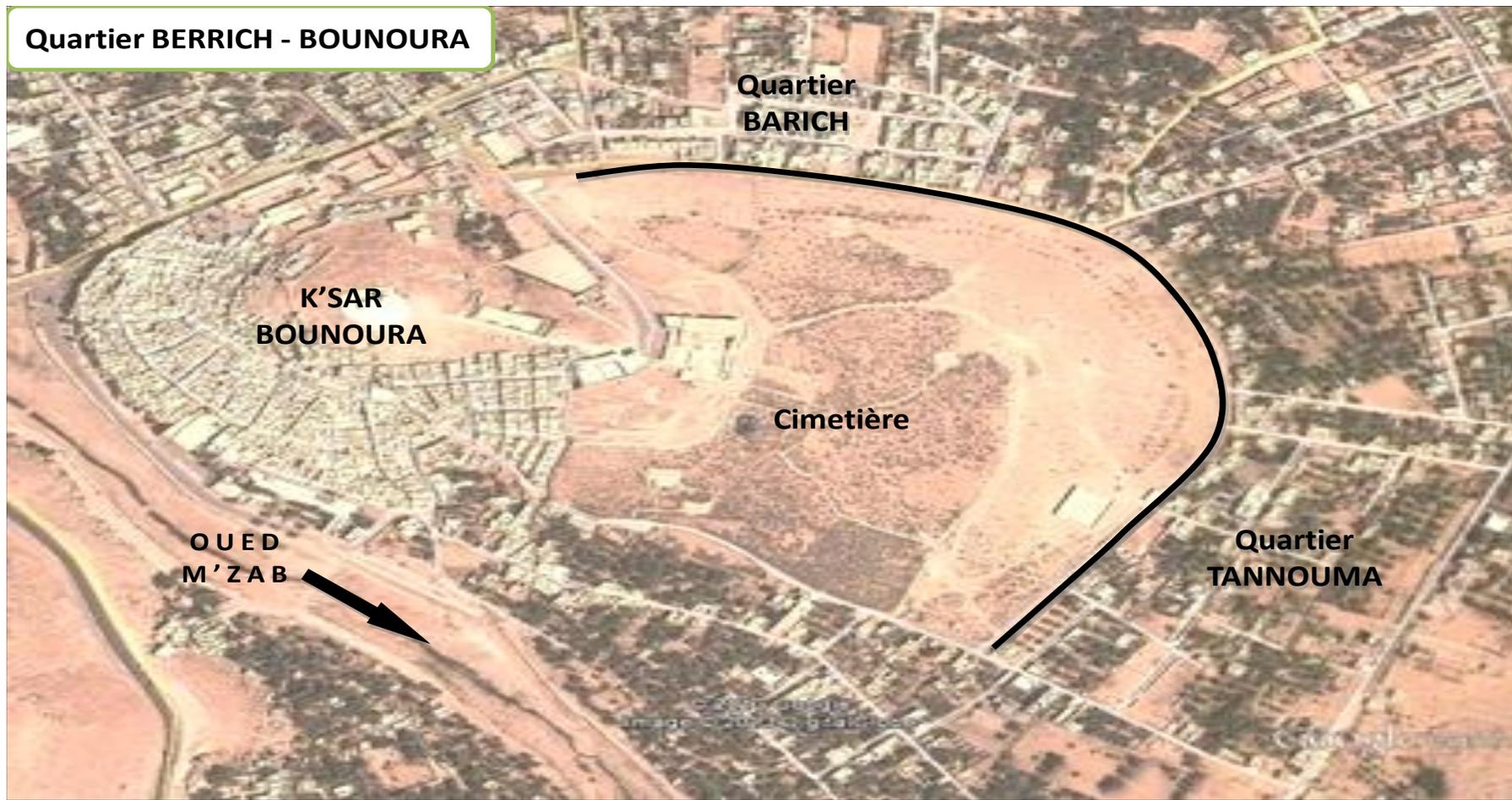
Etat existant :

- Colmatage de la conduite de départ et absence de l'accès vers le dégabreur pour le curage.
- Le dégabreur fonctionne en charge, vu que la conduite de départ est colmatée et la cote fil d'eau de la conduite du trop plain est supérieure à celle de la conduite d'arrivée.
- Débordement d'eaux au moment de fortes pluies.

Etat projeté:

- La surélévation de la dalle supérieure du dégabreur.
- La création de trompons afin d'assurer un accès pour les interventions de curage.

Quartier BERRICH - BOUNOURA

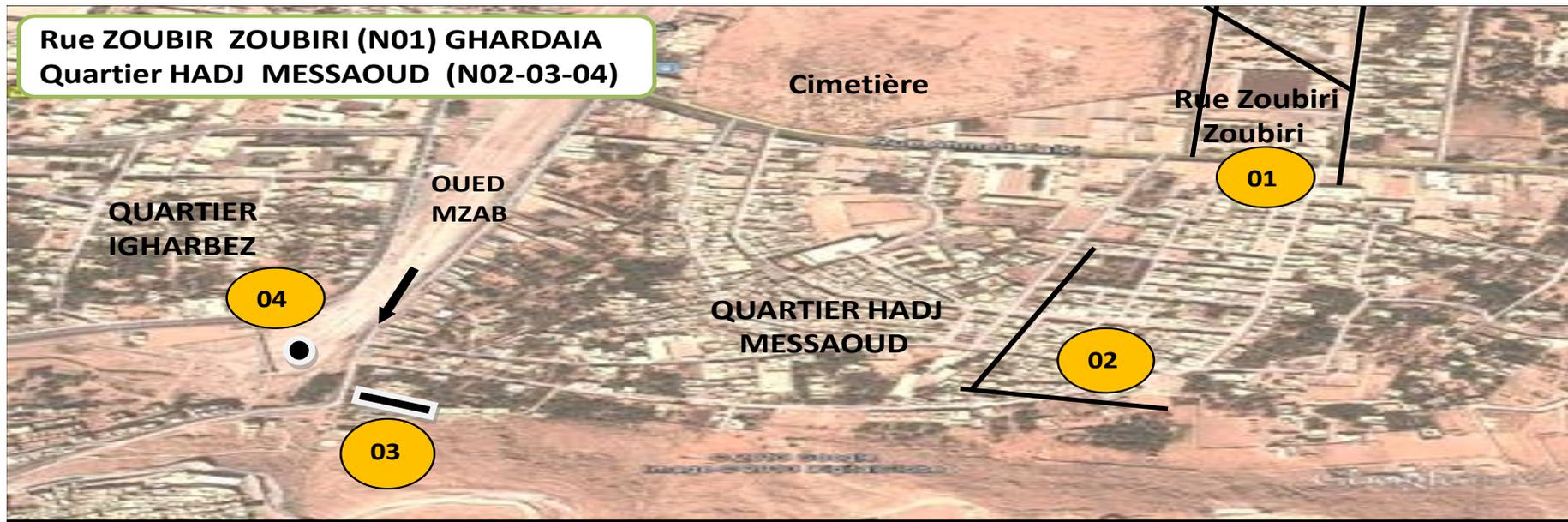


Etat existant :

- Conduite vétustes Ø500 en amiante ciment.
- Regards dégradés et profonds (jusqu'à 4.50 m).

Etat projeté:

- Rénovation du réseau en PVC 250 suivant la conception nouvelle.
- Rénovation des regards en réduisant les profondeurs à 1.50 m.

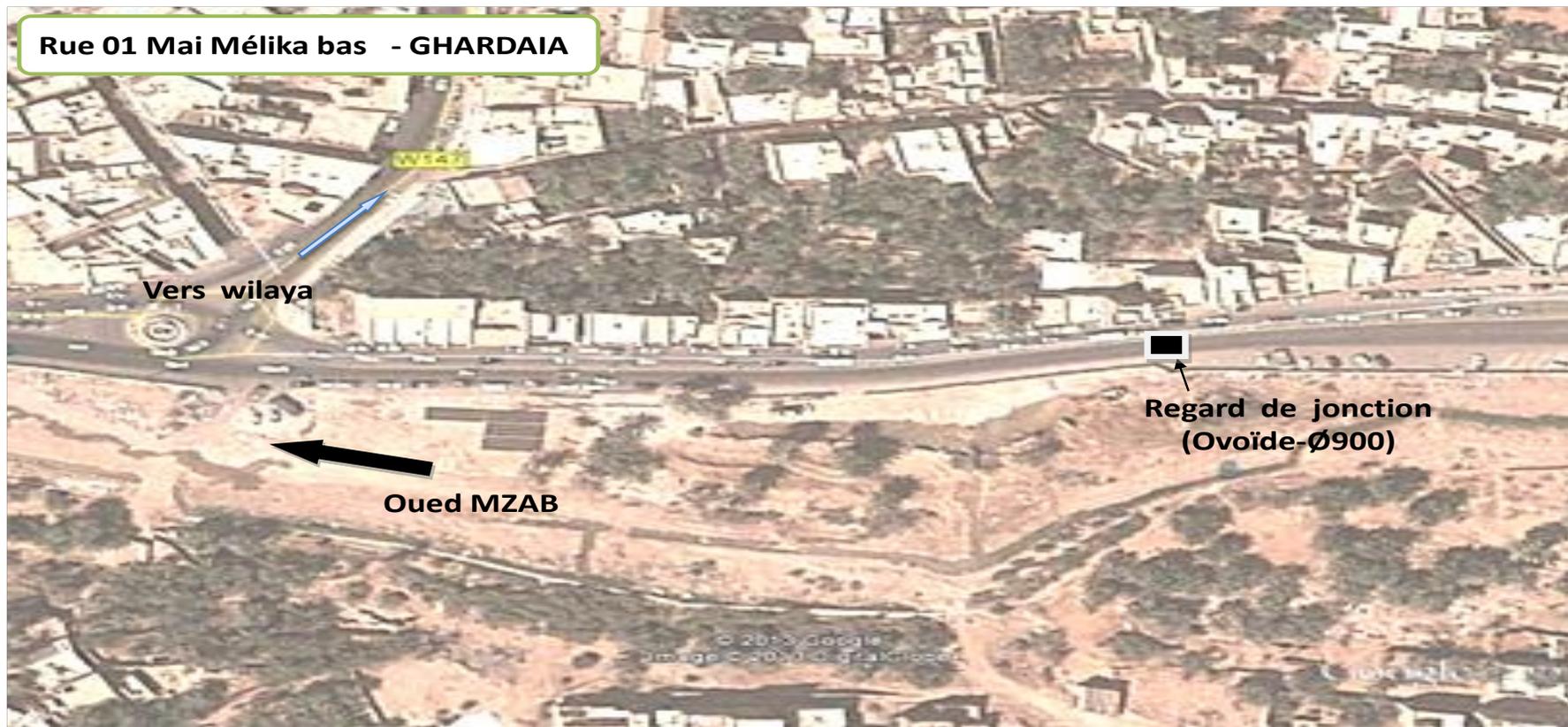


Etat existant :

- Dysfonctionnement du réseau en PVC Ø500 par le rejet direct des huiles industrielles. **(N°:01)**
- Débordement des eaux usées surtout au moment de fortes pluies. **(N°:02)**
- Mauvaise conception des caniveaux d'eaux pluviales. **(N°:03)**
- Mauvais branchement à l'ovoïde (contrainte de côtes). **(N°:04)**

Etat projeté:

- Réaliser le réseau d'assainissement par des conduites Ø500 en pvc, 18.00 ml .
- Réalisation des déshuileurs au niveau des stations de lavage et mécaniciens. **(N:01)**
- Rénovation de ce tronçon et correction des cotes au niveau de regard de branchement Ø 500. **(N:02)**
- Création d'un déssableur à coté du caniveau et les regards de visite. **(N:03)**
- Création un nouveau collecteur Ø500 sur la rive gauche de Oued M'Zab qui sera raccordé au collecteur Ø1000. **(N:04)**



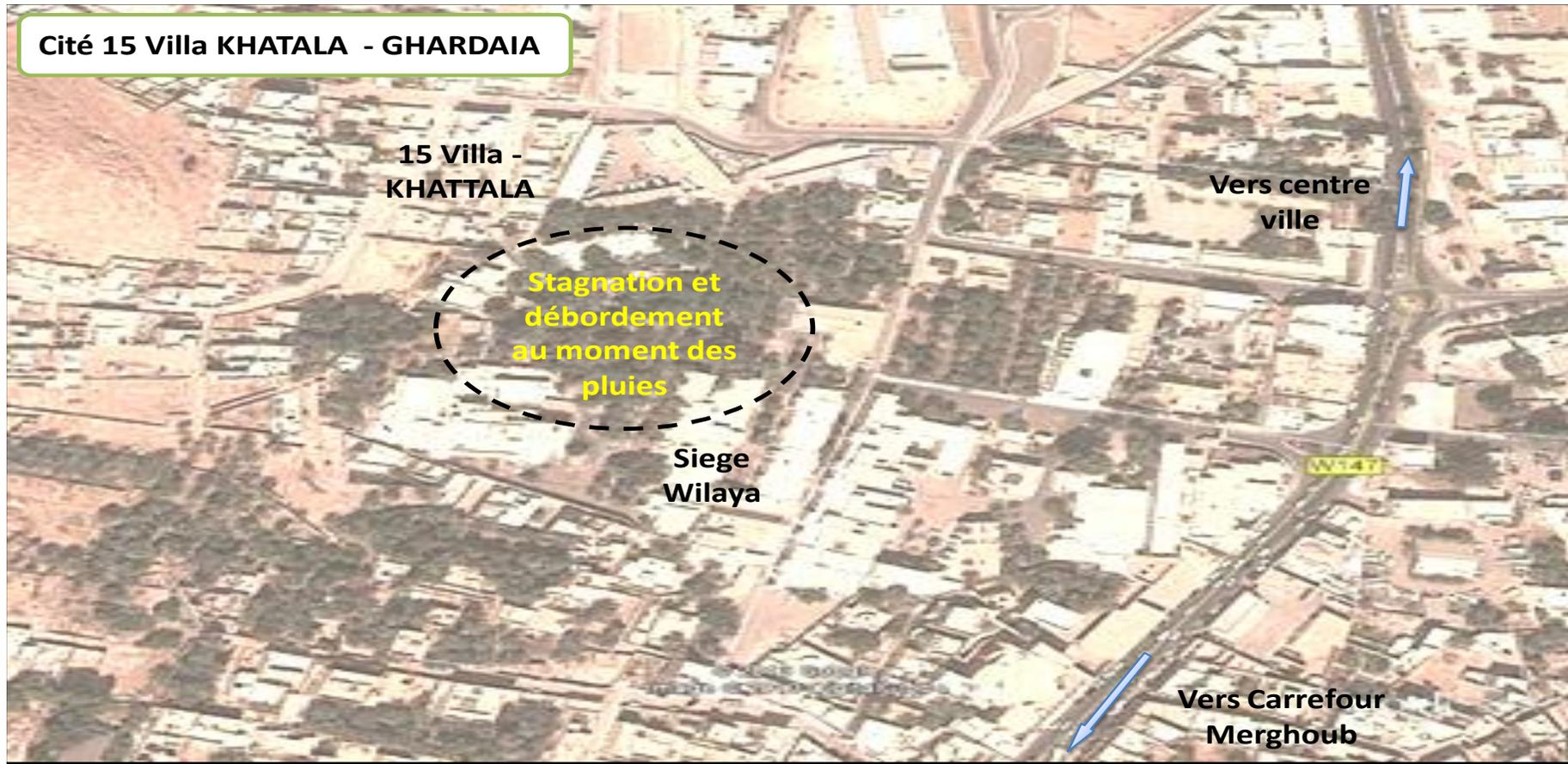
Etat existant :

- Absence de l'accès à la grille pour le curage au niveau du regard de jonction.
- Rétrécissement brusque et dysfonctionnement au moment des fortes pluies.

Etat projeté:

- Elargissement du regard dégrilleur et création d'un accès libre vers la grille pour le curage.

Cité 15 Villa KHATALA - GHARDAIA

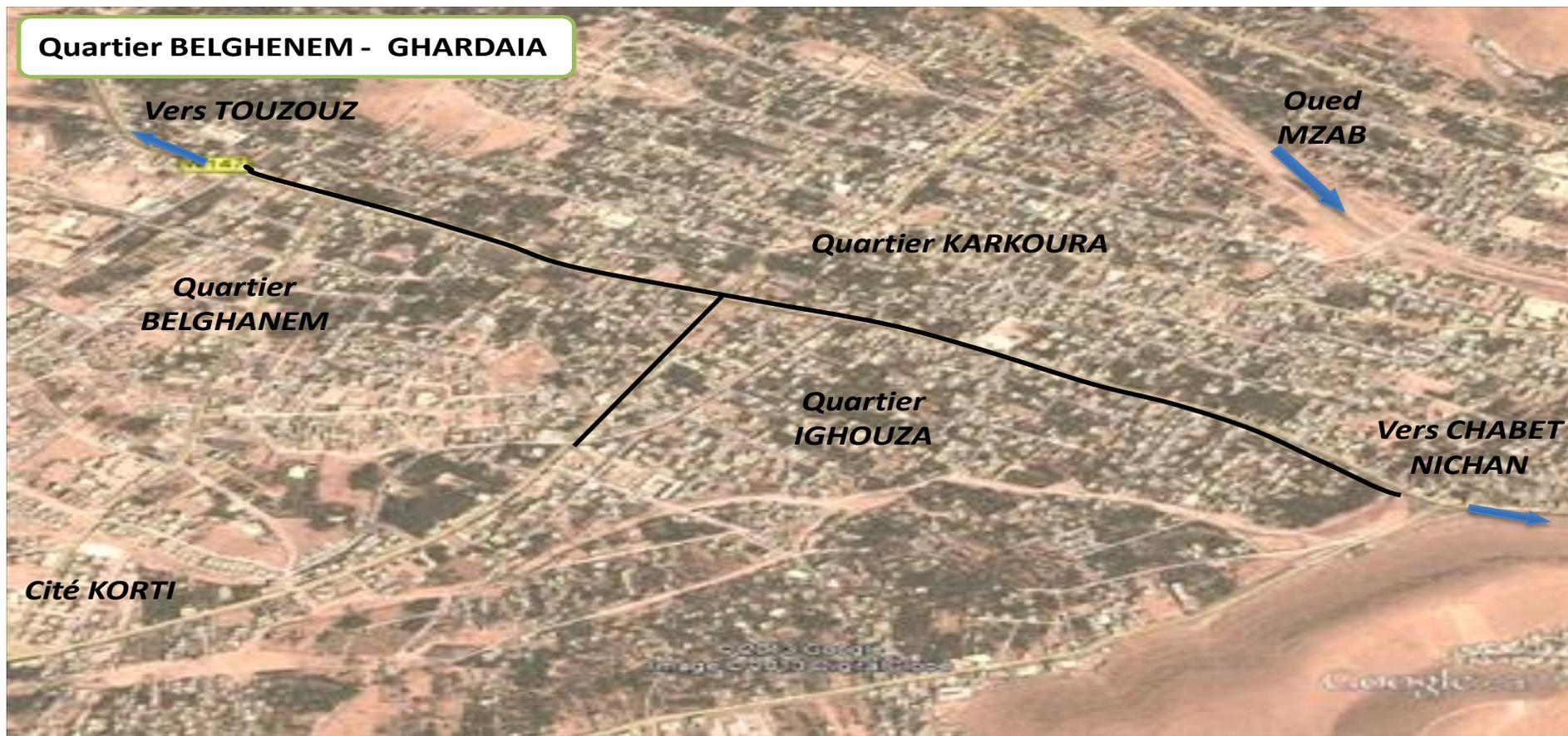


Etat existant :

- Le dimensionnement actuel ne permet pas l'évacuation totale et rapide des eaux pluviales.

Etat projeté:

- Une étude déterminera la possibilité de créer un réseau séparatif pour un rejet direct vers Oued M'Zab.

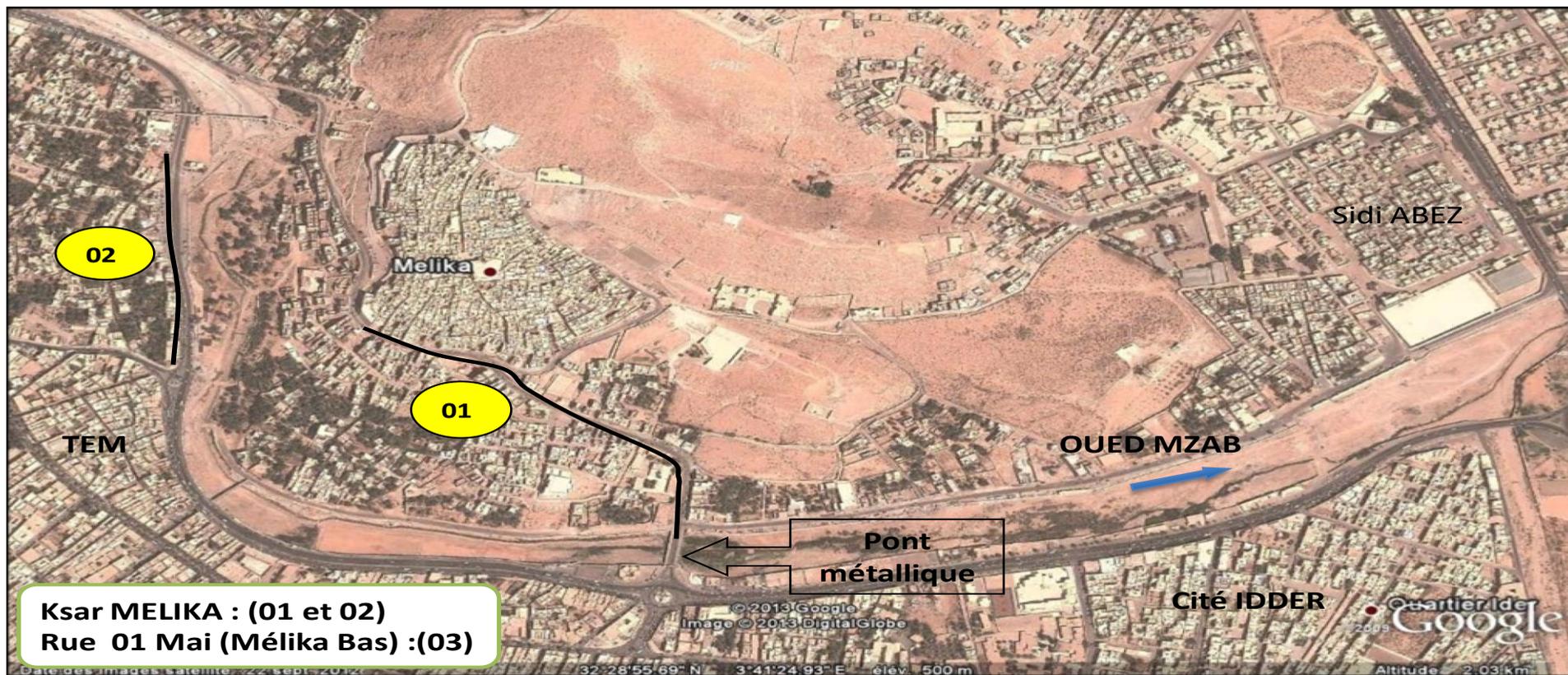


Etat existant :

- Réseau vétuste en Amiante ciment $\varnothing 300$.
- Réseau chargé et écoulement faible.
- Regards dégradés.

Etat projeté:

- Rénovation du réseau en PVC $\varnothing 400$, 1800 ml.
- Rénovation du réseau en PVC $\varnothing 300$, 400 ml.
- Rénovation des regards.



Ksar MELIKA : (01 et 02)
Rue 01 Mai (Mélika Bas) :(03)

Etat existant :

- Vétusté du réseau en béton comprimé Ø 300 (01)
- Conduite vétuste en Amiante Ciment Ø 250 (02)
- Ecoulement faible et réseau chargé.

Etat projeté:

- Rénovation du réseau en PVC Ø 315. 510.00m(01)
- Rénovation du réseau en PVC Ø 250. 310.00m(02)
- Rénovation des regards.

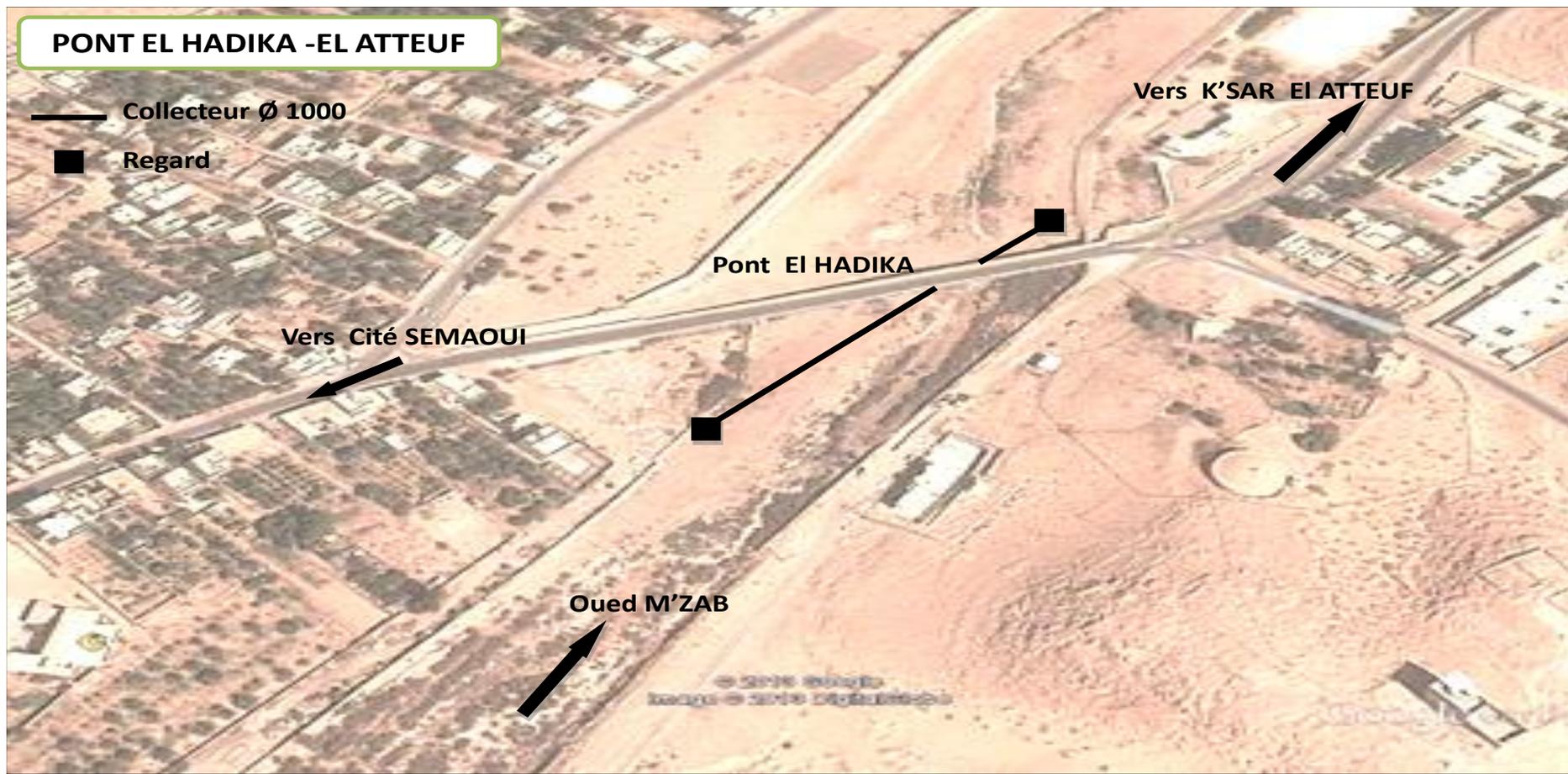


Etat existant :

- Conduite Ø300 en pvc endommagé (R3-R4)
- Regard sans couvercle .
- Regard sans dalle et enterré.
- Regard avec dalle endommagé.

Etat projeté:

- Réfectionner le réseau d'assainissement endommagé au tronçons (R3-R4).
- Réfectionner les dalles de regards
- Rehausse de regard avec tampon.



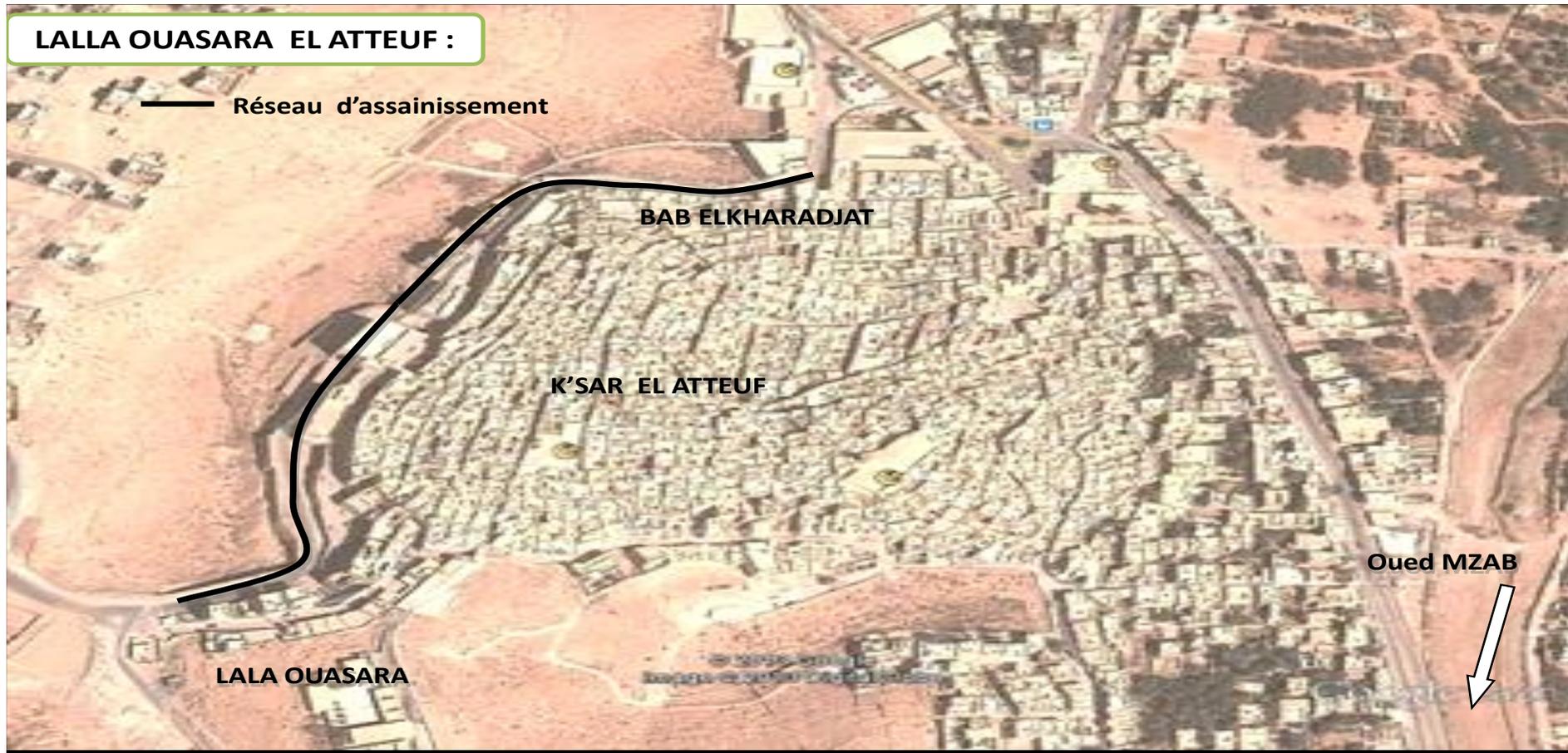
Etat existant :

- Collecteur Ø 1000 chargé des grosses pierres et graviers.

Etat projeté:

- Rénovation du collecteur Ø 1000.
- Réalisation des regards intermédiaires.

LALLA OUASARA EL ATTEUF :



Etat existant :
Conduite vétustes en amiante ciment.

Etat projeté:

- Rénovation du réseau en PVC 315
- Rénovation des regards.

-NB: en cours de réalisation

Cité SMAOUI EL ATTEUF :



Etat existant :

Les tampons de regards endommagés.
Existence du tufs et de graviers compacter au fond de regards.

Etat projeté:

- Nettoyage les regards.
- Rénovation des tampons du regards.

EL ARGOUBE -EL ATTEUF :



Etat existant :

Les regards enterrés par le sable et d'autres sans dalles supérieures.

Etat projeté:

- Rénovation des dalles supérieures des regards.
- La rehausse des regards.

Annex 03 :les catégories irrigation de cultures

<i>Catégories</i>	<i>Condition de réutilisation</i>	<i>Groupe exposés</i>	<i>Techniques d'irrigation</i>	<i>Nématodes intestinaux^b</i>	<i>Coliformes fécaux^c</i>	<i>Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique</i>
A	<i>Irrigation sans restrictions A1 Pour les cultures maraîchères consommées crues, les terrains de sport, les parcs publics.^d</i>	<i>Travailleurs, consommateur, public.</i>	<i>Toutes</i>	$\leq 0,1^e$	$\leq 10^3$	<i>Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection).</i>
		<i>B1 travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), populations alentour</i>	<i>Par aspersion</i>	≤ 1	$\leq 10^5$	<i>Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou traitement équivalent (p. ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunages tertiaires, soit une filtration).</i>
B	<i>Irrigation restreinte. Céréales, cultures industrielles, fourragères et forêt^f</i>	<i>B2 comme B1</i>	<i>Par rigole d'infiltration ou par gravité</i>	≤ 1	$\leq 10^3$	<i>Comme pour le catégorie A</i>
		<i>B3 travailleur dont les enfants < 15 ans, population alentour</i>	<i>Toutes</i>	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	<i>Comme pour le catégorie A</i>
C	<i>Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s'il n'y a pas d'exposition des travailleurs ou du public</i>	<i>Aucun</i>	<i>Goutte-à-goutte, micro-jet, etc.</i>	<i>Pas de norme</i>	<i>Pas de norme</i>	<i>Prétraitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire</i>

- (a) Dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socioculturels et environnementaux devront être pris en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.
- (b) Moyenne arithmétique du nombre d'œufs/l, les espèces considérées sont Ascaris, Trichuris et l'ankylostome ; la recommandation correspond aussi à une protection contre les protozoaires parasites.
- (c) Moyenne géométrique^e du nombre /100ml. La moyenne géométrique (G) est définie comme étant la racine Nième du produit des N termes d'une série statistique.
- (d) Une limite plus restrictive (≤ 200 coliformes fécaux/100 ml) est appropriée pour les pelouses publiques, comme les pelouses d'hôtels, avec lesquelles le public peut avoir un contact direct.
- (e) Cette limite peut être augmentée à ≤ 1 œuf/l si (i) il fait chaud et sec et que l'irrigation de surface n'est pas pratiquée ou (ii) le traitement de l'eau contient aussi des traitements chimiothérapeutiques anti-helminthes.
- (f) Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la récolte, et aucun fruit ne doit être récolté au sol. L'irrigation par aspersion ne doit pas être utilisée.

Annexe 3: Arrêtés interministériels du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et la liste de cultures pouvant être irriguées par ces eaux.

MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU

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

Le ministre de l'intérieur et des collectivités locales,
Le ministre des finances,
Le ministre des ressources en eau,

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

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

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

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

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

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

Arrêtent :

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

Art. 2. — La superficie globale des biens à exproprier devant servir d'assiette à la réalisation de ce projet est de 28 266 m² répartis comme suit :

- commune de Ain Etine (wilaya de Mila) : 2681 m²,
- commune de Sidi Khelifa (wilaya de Mila) : 6244 m²,

— commune de Ibn Ziade (Wilaya de Constantine) : 19341 m².

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

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

- réalisation de deux (2) stations de pompage,
- pose de conduites sur un linéaire de 5 250 ml.

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

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

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

Le ministre de l'intérieur
et des collectivités locales
Daho OULD KABLIA

Le ministre
des ressources en eau
Abdelmalek SELLAL

Pour le ministre des finances

Le secrétaire général

Miloud BOUTEBBA

-----★-----

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

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

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

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

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

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

Arrêtent :

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

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

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

Le ministre
des ressources en eau

Abdelmalek SELLAL

Le ministre de l'agriculture
et du développement rural

Rachid BENAÏSSA

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

Djamel OULD ABBES

Résumé

Situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles dans la vallée du M'Zab - wilaya de Ghardaïa-

Notre étude a pour objectif d'étudier la situation actuelle de la gestion des eaux non conventionnelles dans la vallée de M'Zab.

Notre approche méthodologique optée consiste de faire une enquête sur terrain sur la gestion des eaux usées et des mesures physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées pour donner une bonne appréciation des performances épuratoires de la station d'épuration.

Les résultats obtenus montrent une efficacité relativement importante pour l'élimination de la charge organique s'effectue avec des rendements 53.40% pour DBO5 et 52.34% pour DCO, 2.04 pour le rapport DCO/DBO5 et de 3.270% des MES, ce problème de faible réduction est causé par le développement rapide des algues pendant la période estivale et l'accumulation des boues au niveau des bassins de lagunage. Pour la pollution azotée on a constaté une faible élimination de l'ammonium, de nitrites et de nitrates, ainsi qu'au phosphore. cette résultats non conformes aux normes de rejet et la qualité de eau dépasse les valeurs limites exigées par l'arrêté interministériel de 2012 de la réutilisation des eaux épurées

Mots clés : gestion, eau non conventionnel, eaux épurées, M'Zab.

Summary

Current situation of unconventional water management in the M'Zab -wilaya de Ghardaïa- valley

Our study aims to study the current situation of unconventional water management in the M'Zab valley.

Our chosen methodological approach consists of carrying out a field survey on wastewater management and physicochemical measurements of raw and purified wastewater to give a good appreciation of the purification performance of the purification station.

The results obtained show a relatively high efficiency for the elimination of the organic load carried out with yields of 53.40% for BOD₅ and 52.34% for DCO, 2.04 for the COD / BOD5 ratio and of 3.270% of suspended solids, this problem of low reduction is caused by the rapid development of algae during the summer period and the accumulation of sludge in the lagoon basins. For nitrogen pollution there was little removal of ammonium, nitrites and nitrates, as well as phosphorus. this results do not comply with discharge standards and the water quality exceeds the limit values required by the interministerial decree of 2012 on the reuse of treated water.

Keywords: management, unconventional water, treated water, M'Zab.

ملخص

الوضع الحالي للإدارة غير التقليدية للمياه في وادي مزاب - ولاية غرداية

تهدف دراستنا إلى دراسة الوضع الحالي للإدارة غير التقليدية للمياه في وادي مزاب.

يتكون منهجنا من إجراء القياسات الفيزيائية والكيميائية و المسح ميداني لمياه الصرف الصحي الخام والمنقى لإعطاء تقدير جيد لأداء محطة التنقية.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها كفاءة عالية نسبياً للتخلص من الحمل العضوي الذي تم تحقيقه بحصيلة 53.40% لـ BOD₅ و 52.34% لـ DCO و 2.04 لنسبة COD / BOD5 و 3.270% من المواد الصلبة العالقة ، وهذه مشكلة لانخفاض. ناتجة عن التطور السريع للطحالب خلال فترة الصيف وتراكم الحمأة في أحواض البحيرة. بالنسبة للتلوث بالنيتروجين ، كان هناك القليل من إزالة الأمونيوم والنترات ، وكذلك الفوسفور. هذه النتائج لا تتوافق مع معايير الصرف ونوعية المياه تتجاوز القيم الحدية المطلوبة بموجب المرسوم الوزاري لعام 2012 بشأن إعادة استخدام المياه النقية.

كلمات مفتاحية : إدارة ، مياه غير تقليدية ، مياه معالجة ، مزاب.

