--UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA -

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

Département des Sciences Biologiques

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En Vue De L'obtention Du Diplôme de Magister en Ecologie et Environnement

Option : Ecosystèmes Sahariens et environnement

THEME

La problématique de gestion des excédents hydriques dans la ville d'El-Oued, Impacts environnementaux et recommandations

Soutenu publiquement par :

M^{elle} : Serraye Aicha

Devant le jury

Président	HACINI Messaoud	Professeur	U.K.M. Ouargla
Promoteur	IDDER Mohammed Tahar	M.C.A	U.K.M. Ouargla
Co- promoteur	CHELOUFI Hamid	Professeur	U.K.M. Ouargla
Examinateur	HAMDI AISSA Belhadj	Professeur	U.K.M. Ouargla
Examinateur	DADDI BOUHOUN Mustapha	M.C.A	U.K.M. Ouargla

Année universitaire : 2013/2014

Dédicaces

A celle qui n'a fait venir au monde, qui m 'a donnée l'honneur, la tendresse et l 'affection,

A toi mama Hafida

A mon cher père Mohammed Said

A mon cher père Lakhdar beredjel et a mon cher grand père khalifa et a Mamma Zhouri

A ma sœur qui m'avait encouragé et restait prés de moi : kalthoum et sa famille Bari

Aux bougies qui rayonnent ma vie :

Zoubir, Othmen et Atef

Sarah et sa Famille

Mama warda et Mama Ocha

A mes chers oncles surtout Mostapha

A toute ma famille

A qui m 'ont apporté leurs aides : Mr Olouan Oulouan, Mr Touihrat Ab.fattah, Mr Mezouar Ab.Rrahmen, Chikh Moussa, Chikh Aboubakr Salah , Mr Gousmi, Mr Yousfi.

A mes chères amis : Fatma, Nesrine, Nacira, Soumia, Manel, Amel, Selma.et promotion de magi. Aridoculture (2012/2013)

A toute ma promotion d'écologie

Et a tous ceux que j'aime et qui m'aiment

Remerciement

Avant tout nous remercions Dieu tout puissant de m'avoir accorder la patience, le courage et les moyens afin de pouvoir réaliser ce modeste travail.

Au préambule de ce modeste travail, je tiens à remercier mon promoteur de thèse Mr Idder Tahar, sans le soutien duquel ce travail n'aurait pas abouti.

Je remercie également mon co-promoteur Mr Chelloufi Abdelhamid pour ces aides afin de corriger ce travail, ainsi pour ces orientations très bénéfiques.

Je remercie Mr Hacini Messaoud professeur à l'université Kasdi Merbah de me faire l'honneur de présider le jury et d'apporter sa contribution scientifique souhaité à ce présent mémoire.

Je tien a remercier Mr Hamdi Aissa Belhadj professeur à l'université Kasdi Merbah et Mr Dadi Bouhoun M.C.A et Mr Boutoutaou Djamel M.C.A, d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je voudrais aussi remercier Mr Khechana salim chef de département d'Hydraulique à l'université Hamma Lakhdar à El- Oued pour leur support technique et scientifique.

Je voudrais aussi remercier Mr Hannachi Slimen chef de département sol et eau CDARS- Ouargla, Mr Samir Ingénieur ABH- Ouargla pour avoir consacré de leurs temps pour l'amélioration de la qualité de ce travail.

Je voudrais aussi témoigner ma gratitude au laboratoire et ingénieurs de l'ONA d'El- Oued, service parasitologie - CHU-Batna, DAHS- Batna, laboratoire d'ADE d'El- Oued, Mr El Aich Bakari Chef laboratoires pédagogiques à université Kasdi Merbah, Mr Hmied chef laboratoire àl'Hôpital d'El- Oued de m'avoir permis réaliser mes analyses.

La liste des figures

N°	Titres	Page
1	Situation géographique de la région d'EL Oued	07
2	Découpage administratif des communes de la wilaya d'El- Oued	09
3	Carte géologique de la région d'El-Oued (extrait de la carte du Sahara septentrional	11
4	Carte topographique de vallée d'El-Oued	13
5	Carte des ressources en eaux : aquifères du CT et du CI	16
6	Technique de culture 'ghouts' dans la région d'El-Oued	21
7	Série des Ghouts à El Oued en 1987	23
8	Série des Ghouts à El Oued en 2007	23
9	Répartition moyenne mensuelle interannuelle des précipitations	26
10	Répartition moyenne annuelle des précipitations (2000/01 à 2013/14)	27
11	Répartition moyenne mensuelle interannuelle de la température	28
12	Répartition moyenne mensuelle d'humidité (2000/01-2013/14)	29
13	Evolution de la durée moyenne d'insolation (2000/01-2013/14)	30
14	Evolution de la durée moyenne mensuelle de l'évaporation (2000/01-2013/14)	31
15	Diagramme Ombrothermique entre 2000/01-2012/13	31
16	Climagramme d'Emberger de la zone d'étude 2000/01-2012/13	33
17	Niveau de la nappe phréatique Avant 1956	36
18	La nappe phréatique entre 1956 et 1986	37

19	La nappe phréatiqueaprès 1986	37
20	État des ghouts dans la région d'El Oued en 1980	38
21	Etat des ghouts	39
22	État des ghouts dans la région d'El Oued 1986	40
23	(A): Conduite d'amiante ciment utilisée dans le réseau drainage, (**B**): Station de pompage des eaux de drainage	52
24	Profil schématique de drainage horizontal	53
25	Zone de rejet actuel d'El Oued	54
26	Réseau d'assainissement collectif dans la ville d'El-Oued	59
27	Schéma de la station d'épuration de la ville d'El-Oued	64
28	Localisation des 58 forages de drainage à El Oued	70
29	Schéma de système de drainage vertical de la ville d'El Oued	72
30	Situation géographique du lieu de rejet final	73
31	Schéma général d'assainissement actuel	75
32	Localisation de la nouvelle station d'épuration **(2014)**	79
33	Localisation de la Station de refoulement des eaux de drainage **(2014)**	80
34	Situation géographique du lieu de rejet final **(2014)**	80
35	Evolution du pH au cours du traitement	95
36	Evolution de la température au cours du traitement	96
37	Evolution des teneurs d'oxygène dissous au cours du traitement	98
38	Evolution de la conductivité électrique au cours du traitement	99
39	Evolution de la DCO au cours du traitement	100

40	Evolution des MES au cours du traitement	102
41	Evolution de la DBO_5 au cours du traitement	104
42	Evolution de l'azote ammoniacal au cours du traitement	105
43	Evolution des nitrates au cours du traitement	106
44	Evolution des nitritesau cours du traitement	107
45	Evolution de l'azote total au cours du traitement	108
46	Evolution des orthophosphates au cours du traitement	109
47	Evolution du phosphore total au cours du traitement	110
48	Evolution du plomb total au cours du traitement	111
49	Evolution du cadmium au cours du traitement	112
50	Evolution du chrome au cours du traitement	113
51	Evolution du cuivre au cours du traitement	114
52	Evolution du cyanure au cours du traitement	115
53	Evolution du Nickel au cours du traitement	116
54	Analyse en composante principale. **A :** Cercle de corrélations des paramètres physicochimiques dans le plan factoriel, **B :** carte factorielle des semaines	133
55	Analyse en composante principale. **A :** Cercle de corrélations des métaux dans le plan factoriel, **B :** Représentation des variables et des individus dans le plan des deux premières composantes principales	135
56	Analyse en composante principale. **A :** Cercle de corrélations des bactéries dans le plan factoriel, **B :** Représentation des variables et des individus dans le plan des deux premières composantes principales.	137

La liste des tableaux

N°	Titres	Page
01	Communes et Daïras de la wilaya d'El-Oued	08
02	Augmentation de la population dans la vallée d'Oued Souf (1998-2013),au recensement de 2008	20
03	Caractéristiques géographiques de la station climatique de la ville d'El-Oued	25
04	Répartition moyenne mensuelle de la vitesse du vent à El-Oued au cours de la période (2000/01-2013/14)	29
05	Dégâts de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région d'El-Oued	41
06	Répartition des maladies à transmission hydrique par commune dans la wilaya d'El-Oued (période allant du 2007 à 2013)	43
07	Répartition des fosses perdues par commune	49
08	Nombre de fosses septiques par commune dans la willaya d'El-Oued	58
09	Infrastructure d'assainissement par centre d'agglomération de la région d'El-Oued	62
10	caractéristiques de la station d'épuration STEP1 de la ville d'El Oued	65
11	Localisation et altitude des ouvrages de captage des eaux à drainées	67
12	Localisation et coordonnées géographiques des piézomètres (D) étudiés dans la ville d'El-Oued	90
13	Résultats des analyses bactériologiques des eaux usées de la STEP1	121
14	Nombre d'espèces indicatrices de pollution parasitaire (œufs d'helminthes) dans les eaux usées brutes de la STEP1	122
15	Inventaire taxinomique du phytoplancton recensé dans la station de traitement des eaux usées traitées de la STEP1 d' El-Oued	124
16	Volumes d'eau usée d'entrée et de sortie de la STEP1	126
17	Caractéristiques des eaux de drainage 20/05/2013	128
18	Caractéristiques des eaux de rejet prélevées à chott Halloufa le17/12/2013	130

19	Variation de la profondeur d'eau de la nappe phréatique entre deux compagnes (Décembre 2006 et Janvier 2013)	131

La liste des photos

N°	Titres	Page
1	Création des ‘ghouts’ dans la région d’El-Oued	21
2	Nouveau système d’agriculture adoptée dans la willaya d’El-Oued	23
3	Ghout poubelledans la ville d’El-Oued	46
4	Compartiment de prétraitement	66
5	Répartiteur de prétraitement	66
6	Dégrilleur	66
7	Dessableur	66
8	Lagune aérée	66
9	Lagune de finition	66
10	Lits de séchage des boues	66
11	Puisard de collecte	71
12	Conduites d'aspiration	71
13	Conduites d’eau de drainage vertical	71
14	Cheminées d'équilibre (MC3) dans la commune d’El-Oued	74
15	Cheminées d'équilibre(CH03) près de l’exutoire final	74
16	Rejet final dans chott Halloufa	74
17	Arrivée des eaux usées traitées et des eaux de drainage (mélange) à chott Halloufa	74
18	Différentes espèces d’oiseaux dans chott Halloufa	74
19	Poissons et insectes dans chott chott Halloufa	74

20	Ouvrages de piquage	76
21	réutilisation des eaux usées dans l'irrigation des arbres forestiers	76
22	l'irrigation d'olivier par les eaux usées traitées	76
23	Prélèvement des échantillons d'eaux drainées aboutissant à la station de pompage (ST10) a El-Oued	86
24	Taeniahumenolepisnana sousmicroscope **(G ×40)**	123
25	Ascarisl'ambriocoidetricocephale sousmicroscope **(G ×40)**	123
26	Enterobiusvermicularis sousmicroscope **(G ×40)**	123
27	*Closterium* sousmicroscope **(G ×40)**	125
28	*Scenedesmus* sousmicroscope **(G ×40)**	125
29	*Synedra* sousmicroscope **(G ×40)**	125
30	*Spirulina* sousmicroscope **(G ×40)**	125
31	*Euglena* sousmicroscope **(G ×100)**	125
32	*Oocystis* sousmicroscope **(G ×40)**	125
33	*Synura* sousmicroscope **(G ×40)**	125

Sommaire

		Page
Introduction		01
	Partie1: Synthèse bibliographique	
Chapitre I	Caractéristiques de la région d'étude	05
CHAPITRE II	Société et environnent	18
Chapitre III	Hydroclimatologie	24
CHAPITRE IV	Historique et mécanisme de la remonté de la nappe phréatique	35
CHAPITRE V	Gestion des excédents hydriques	47
	Partie2: Matériel et méthodes	78
	Partie3: Résultats et discussion	92
Conclusion générale		139
Références bibliographique		
Annexes		
Tables des matières		

Table des matières

N°	Titres	Page
	Introduction générale	01
Première partie		
Chapitre I : caractéristique de la région d'étude		
I.-	Caractéristiques géographiques	06
I.1.	Situation Géographique	06
I.2.	Découpage administratif	07
I.3.	Cadre géologique	10
I.4.	Géomorphologie	10
I.5.	Relief	12
I.6.	Topographie	12
I.7.	Sol	14
I.8.	Resources hydriques	14
1.8.1.	Continental Intercalaire (CI)	15
1.8.2	Complexe Terminal (CT)	15
I.8.3.	Nappe phréatique	16
	Conclusion	17
Chapitre II: Société et environnent		
II.1.	Population et tissu urbain	19
II.2.	L'agro-système soufi et ses implications	20
	Conclusion	23
Chapitre III: Hydroclimatologie		
III.1.	Parameters climatiques	25
III.1.1.	Précipitations	25

III.1.1.1.	Répartition moyenne mensuelle des pluies	25
III.1.1.2.	Répartition moyenne annuelles des pluies	26
III.1.2.	Température	27
III.1.2.1.	Température moyenne mensuelle interannuelle	27
III.1.3.	Humidité	28
III.1.4.	Vent	29
III.1.5.	Insolation	30
III.1.6.	Evaporation	30
III.1.7.	Diagramme Ombrothermique	31
III.1.8.	Climagramme d'Emberger	32
III.1.9.	Indice d'aridité	33
	Conclusion	34
Chapitre IV: Historique et mécanisme de la remonté de la nappe phréatique		
IV.1.	Phénomène de remontée de la nappe phréatique	36
IV.2.	Causes de la remonté de la nappe	40
IV.3.	Conséquences de remonté de la nappe phréatique sur l'environnement	40
IV.3.1.	Impact sur les oasis et l'activité agricole	40
IV.3.2.	Impact sur le secteur sanitaire	42
IV.3.3.	Impact sur l'environnement	46
	Conclusion	46
Chapitre V:Gestion des excédents hydriques		
V.1.	Gestion des excédents hydriques avant la mis en place d'un système d'assainissement	48
V.1.1.	Gestion des eaux résiduaires urbaines	49
V.1.1.1.	Collecte des eaux résiduaires urbaines	49
V.1.1.2.	Traitement des eaux résiduaires urbaines	50

V.1.1.3.	Évacuation des eaux résiduaires urbaines	50
V.1.1.4.	Caractéristiques quantitatives des eaux résiduaires urbaines	51
V.1.1.5.	Caractéristiques qualitatives des eaux résiduaires urbaines	51
V.1.2.	Gestion des eaux excédentaires agricoles	52
V.1.2.1.	Réseau de drainage	52
V.1.2.2.	Collecte des eaux de drainage	52
V.1.2.3.	Évacuation des eaux de drainage	53
V.1.2.4.	Caractérisation quantitative des eaux de drainage	55
V.1.2.5.	Caractéristiques qualitatives des eaux de drainage	55
V.2.	Gestion des excédents hydriques après la mis en place d'un système d'assainissement	55
V.2.1.	Gestion des eaux résiduaires urbaines	57
V.2.1.1.	Collecte des eaux résiduaires urbaines	57
V.2.1.1.1.	Assainissement collectif	57
V.2.1.1.2.	Assainissement autonome	58
V.2.1.2.	Traitement des eaux résiduaires urbaines	60
V.2.1.2.1.	Principe de lagunage aéré	60
V.2.1.2.2.	Mécanismes du lagunage aéré	61
V.2.1.2.3.	Avantage et performances du lagunage aéré	61
V.2.1.2.4.	Inconvénients du lagunage aéré	62
V.2.1.3.	Localisation des stations d'épurations d'El-Oued	62
V.2.1.4.	Objectifs de traitement des STEP	63
V.2.1.5.	Situation géographique de la station d'épuration (STEP1 Kouinine)	63
V.2.1.6.	Schéma et données nominales de la station de Kouinine STEP1	63
V.2.2.	Gestion des eaux excédentaires agricoles	67
V.2.2.1.	Collecte des eaux excédentaires agricoles	67

V.2.2.2.	Évacuation des excédents hydriques urbains et agricoles	71
V.2.2.3.	Réutilisations agricoles des eaux usées traitées	76
	Conclusion	76
Deuxième partie : matériel et méthodes		
I.	Matériel d'étude	79
I.1.	Choix de la zone d'étude	79
I.2.	Stations d'étude	79
I.2.1.	Station d'épuration des eaux usées urbaines (STEP1)	79
I.2.2.	Station de refoulement des eaux de drainage (ST10)	80
I.2.3.	Rejet final (chott Halloufa)	80
II.	Méthodologie d'étude	81
II.1.	Eaux usées urbaines	81
II.1.1.	Caractérisation qualitative	81
II.1.1.1.	Prise et transport d'échantillons	82
II.1.1.2.	Analyses physico-chimiques	83
A.	Analyses physiques	83
B.	Analyses chimiques	83
C.	Métaux	84
II.1.1.3.	Analyses bactériologiques	85
II.1.1.4.	Analyses parasitogiques	86
II.1.1.5.	Identification des planctons (algues)	86
II.1.2.	Caractérisation quantitative	87
II.2.	Eaux de drainage	87
II.2.1.	Caractéristiques qualitatives	87
II.2.1.1.	Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+})	87

II.2.1.2.	Sodium (Na+) et de potassium (K+)	88
II.2.1.3.	Fer (Fe^{2+})	88
II.2.1.4.	Chlorures (Cl^-)	88
II.2.1.5.	Carbonates (CO_3^{2-}) et Bicarbonates (HCO_3^{2-})	88
II.2.1.6.	Sulfates (SO_4^{2-})	88
II.2.1.7.	Turbidité	88
II.2.1.8.	Salinité	88
II.2.1.9.	Température(T), potentiel hydrogène (pH), cenductivité éléctrique (CE), orthophosphate (PO^{3-}_4), nitrite (NO^-_2), nitrate NO^-_3, azote amomoniacal (NH_4^+)	88
II.2.2.	Caractéristiques quantitative	89
II.3.	Impacts des aménagements	89
II.3.1.	Détermination des quantités de sels exportées annuellement en dehors d'El-Oued par les eaux de drainage	89
II.3.2.	Impacts sur la nappe phréatique	90
II.4.	Analyse statistique	90
Deuxième partie: Résultat et discussion		
1.	Eaux résiduaires urbaines	93
1.1.	Caractérisation qualitative	93
1.1.1.	Analyses physico-chimiques	93
a-	Évolution du Ph	93
b.	Évolution de température	95
c.	Évolution de l'oxygène dissous	96
d.	Évolution de la conductivité	98
e.	Evolution de la DCO	99
f.	Evolution de DBO_5	101
g.	Evolution des MES	102
h.	Azote ammoniacal (NH_4)	104

i.	Nitrates (NO_3)	105
j.	Nitrite (NO_2)	106
k.	Azote total (Nt)	107
l.	Orthophosphates	108
m.	Phosphore total	109
n.	Plomb (Pb)	110
o.	Cadmium (Cd)	111
p.	Chrome (Cr)	112
q.	Cuivre (Cu)	113
r.	Cyanures (CN)	114
s.	Nickel (Ni)	115
	Conclusion	116
1.1.2.	Analyses bactériologiques	117
1.1.3.	Analyses parasitologiques	122
1.1.3.	Identification des phytoplanctons	123
1.2.	Caractérisation quantitative	126
2.	Eaux de drainage	127
2.1.	Caractérisation qualitative	127
2.1.1.	Analyses physico-chimiques	127
a.	Salinité et conductivité électrique	127
b.	La composition ionique	127
2.2.	Caractérisation quantitative	128
3.	Impacts des aménagements	129
3.1.	Détermination des quantités de sels exportées annuellement en dehors d'El-Oued par les eaux de drainage	129
3.2.	Impacts sur la nappe phréatique	130

4.	Analyse statistique	131
4.1.	Analyse statistique des paramètres physico-chimiques	131
4.2.	Analyse statistique des métaux	133
4.3.	Analyse statistique des paramètres bactériologiques	135
	Conclusion générale	138
	Références bibliografique	
	Annexes	

Liste des abréviations

BG : Bonnard & Gardel.

ADE: Algérienne Des Eaux.

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydriques.

DRE : Direction des Ressources en Eau.

DSA : Direction des Services Agricoles.

DSP : Direction de la Santé et de la Population.

DBO : Demande biochimique en oxygène.

DBO : Demande chimique en oxygène.

ONA: Office National d'Assainissement.

ONM : Office National Météorologique.

GCB (génie civil, bâtiment, filiale de Sonatrach).

STEP: Station d'Épuration.

Introduction générale

Introduction générale

La ville d'El-Oued est confrontée depuis quelques années à un problème de remontée des eaux de la nappe phréatique qui a envahi les parties basses de l'agglomération. **Kholladi (2005); Daddi bouhoun et *al* (2011),** a lié l'origine d'apparition de ce phénomène dans cette région du Nord-Est du Sahara algérien à la sur-utilisation des nappes profondes et au mauvais drainage et évacuation des énormes quantités des eaux usées excédentaires de la ville. **Yves et *al* (2010); Bouselsal et Kherici (2014),** ont considéré que l'absence d'infrastructures d'assainissement et les nouvelles habitudes de consommation d'eau dues au développement économique de la région avec la mise en service de nombreux forages dans les nappes captives du Complexe Terminal et du Continental Intercalaire ont eu pour conséquences directes l'augmentation du niveau de cette nappe. **BG (2004); Idder (2011),** aussi remarquaient qu'en milieu urbain, le niveau de la nappe est très élevé du fait des pertes liées aux fuites et aux rejets des eaux usées directement dans les sols. En 2001, le bilan de l'eau au niveau de la ville d'El-Oued était excédentaire de 22 185 m^3/j (8097525 m^3/an). Rapporté à la surface bâtie (980 ha), ce volume représente une lame d'eau de 0,8 m/an **(Messekher et *al*, 2010)**.

Le phénomène de remontée de la nappe superficielle a eu des conséquences très néfastes sur l'agglomération et ses habitants, comme notamment la propagation d'insectes dangereux, vecteurs de maladies (maladies cutanées, leishmaniose, paludisme, typhoïde, etc.).Les conséquences de ce phénomène ont également été ressenties au niveau des terrains agricoles (engorgement et asphyxie des ghouts).

Face à cette situation alarmante, les pouvoirs publics ont essayé d'apporter des solutions grâce notamment à la mise en place, en 1981, d'une station de pompage et l'évacuation des eaux excédentaires vers une zone d'épandage située à 4 km au Nord de la Ville**.** Ces solutions n'ont malheureusement pas été efficaces.

En 2004, une décision a été prise par les autorisés pour trouver des solutions plus radicales au problème de la remontée de la nappe qui est devenu une préoccupation environnementale majeure pour l'oasis d'El-Oued. Ainsi, un projet d'aménagement très important a été entrepris, à partir d'Octobre 2005, et de meilleures solutions techniques ont été adoptées pour faire face à ce problème. Les aménagements mis en place ont consisté en la remise en état et l'extension des systèmes de collecte des eaux usées urbaines et agricoles, l'épuration des eaux urbaines par lagunage aéré en prévoyant des possibilités de leur valorisation**,** et enfin la réalisation d'une conduite de transfert en charge acheminant les

excédents hydriques vers un nouvel exutoire situé à environ 45 km au Nord d'El-Oued, suffisamment éloigné des agglomérations.

L'objectif recherché à travers la réalisation de ce mémoire est l'étude du système actuel de gestion des eaux usées agricoles et urbaines de la ville d'El-Oued, dont les travaux ont été achevés en 2009, et la mesure des premiers impacts de chacune de ses composantes sur le rabattement du niveau général de la nappe phréatique et donc sur l'amélioration des conditions générales d'assainissement dans la ville.

Les outils que nous avons utilisés pour réaliser notre travail sont, tout d'abord, la caractérisation qualitative et quantitative des eaux usées urbaines brutes et traitées et des eaux de drainage. La mesure des performances épuratoires de la station d'épuration par lagunage, a été ensuite réalisée afin de ressortir avec une conclusion, du moins préliminaire, sur l'efficacité de ce système de traitement des eaux usées dans le contexte saharien, d'une part, et sur l'éventualité d'une réutilisation agricole des eaux traitées, d'autre part. Enfin, les impacts environnementaux, à long terme, des rejets excédentaires dans le nouveau milieu récepteur choisi ont été évalués.

Pour effectuer ce travail, il a fallu entreprendre plusieurs sorties de terrain afin d'approfondir nos connaissances sur le cadre naturel de la zone d'étude et sur les différentes composantes du nouveau système de gestion des eaux usées mis en place, et pour effectuer, aussi, les prélèvements d'échantillons pour analyse. Il a été également nécessaire de se rapprocher des différentes acteurs locaux ayant eu un lien étroit avec la réalisation de notre travail, en particulier, l'**O.N.A** (Office National d'Assainissement, maitre de l'ouvrage du projet d'aménagement), l'**O.N.M** (Office National de Météorologie), l'**A.N.R.H** (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques).

Sur le plan bibliographique, l'établissement de ce travail s'est appuyé sur l'exploitation des différents travaux réalisés sur la gestion des eaux usées à El-Oued.

Les analyses physico-chimiques et l'identification des phytoplanctons des eaux usées urbaines ont été réalisées au niveau du laboratoire de la station d'épuration d'El-Oued. Les analyses bactériologiques on été effectuées au laboratoire d'hygiène de la wilaya de Batna **(D.A.A.S)** et le laboratoire de l'**A.D.E** (Algérienne Des Eaux). Les analyses parasitologiques ont été réalisées au laboratoire de parasitologie du **C.H.U** de Batna.

Ce mémoire est partagé en deux parties complémentaires:

- La première partie concerne la synthèse bibliographique. Cette dernière présente les quatre chapitres suivants : cadre naturel; hydroclimatologie ; hydrogéologie ; gestion des excédents hydriques.

- La deuxième partie est réservée à l'étude expérimentale qui décrit les méthodes d'approche utilisées et les résultats obtenus, ainsi que leur discussion.

Première partie

CHAPITRE I

Caractéristiques de la région d'étude

I. Caractéristiques géographiques

I.1. Situation Géographique

Le Souf vient du nom berbère désignant rivière ou 'Oued'. La vallée de Oued-Souf est une unité de ressources en eau située au Sud-Est algérien au centre d'une grande cuvette synclinale, appelée aussi région du Bas-Sahara à cause de sa faible altitude **(Figure 01)**.Elle occupe une superficie de 11738 km^2 et englobe un nombre de population de plus de 500.000 habitants (recensement 2009) **(Khechana et El-fadel, 2012)**.

La vallée d'Oued-Souf s'étend sur 3000 km^2 dans une configuration géographique caractérisée par une topographie plane et sans exutoire **(Rabah et *al* ,2009)**.El-Oued est connu par la municipalité de mille coupoles (le nom est donné en raison de la forme du toit des maisons), elle est également caractérisée par la production de dattes.

Elle est limitée par les coordonnées Lambert suivantes :

- X = 275 200/322 000
- Y = 3665 000 /3743 000

La région d'El-Oued (33°12' N à 33°35'N et 6°50'E à 6°51'E) est située entre la limite sud-est des montagnes de l'Atlas Saharien et les frontières nord de l'Erg Oriental. Cette grande région de sable est entourée par de grandes zones humides du Sahara sur les trois côtés à savoir les grands lacs de sel" Chotts" de la région de Oued Righ-à l'ouest, les chotts Merouane et Melrhir au nord et le Chott El Jerid a l'est**(Guezoul et *al*, 2013)**.

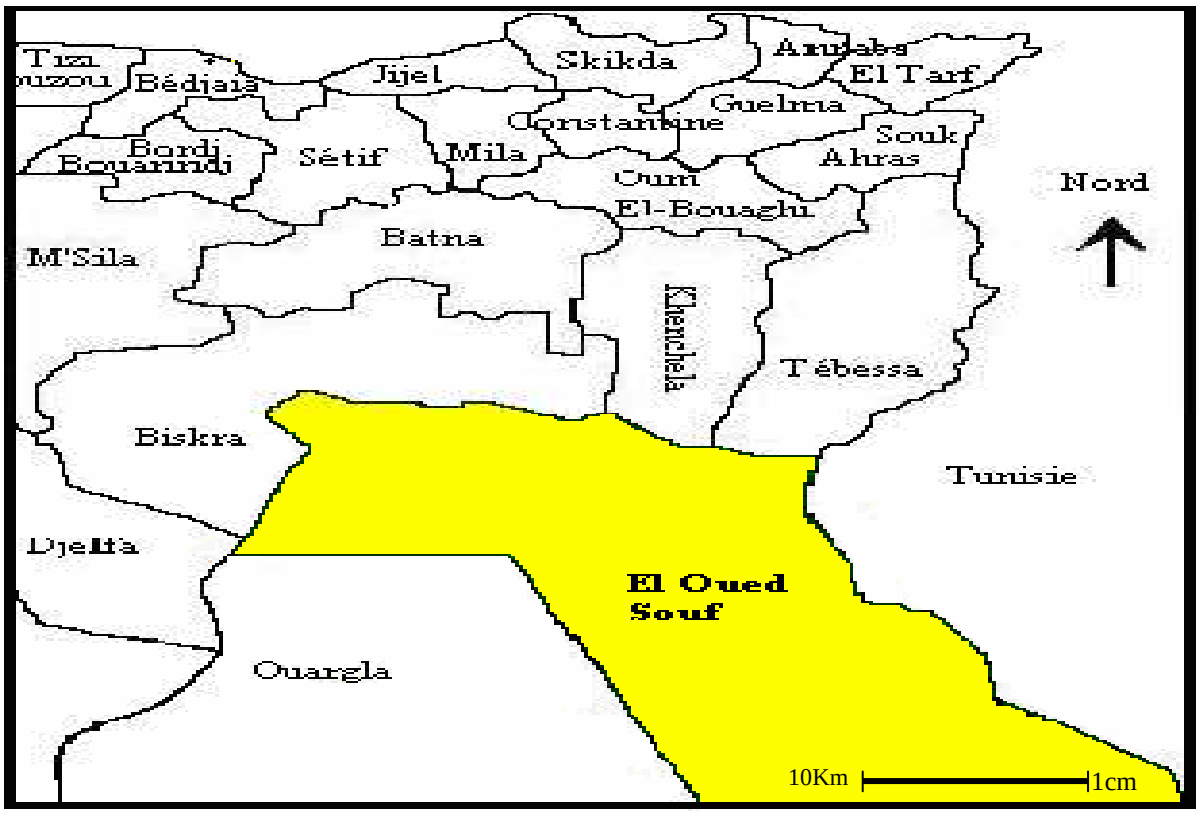


Figure N°1: Situation géographique de la région d'EL Oued **(Kholladi, 2005)**

I.2. Découpage administratif

La wilaya d'El-Oued est située au Sud-est de l'Algérie, elle a une superficie de 44586,80 Km^2 (**Meziani et *al*, 2012**).

Elle est limitée :

- Au Nord par les wilayas de Biskra, khenchela et Tébessa.
- A l'Est par la Tunisie.
- A l'Ouest par les wilayas de Biskra, Djelfa et Ouargla.
- Au Sud par la wilaya d'Ouargla.

La longueur de sa frontalière avec la Tunisie est de 300 Km environ. Elle est couverte par le grand Erg Oriental sur les 2/3 de son territoire. La wilaya est divisée en quatre principales sous régions: Région du Souf - Erg - Oued Righ –Régions des dépressions **(ONS, 2013).** La wilaya d'El-Oued compte actuellement 32 communes regroupées en 12 Daïras **(tableau 01, figure 02)**.

Tableau 01: Communes et Daïras de la wilaya d'El-Oued

Daïra	**Communes**
El-Oued	El-Oued, Kouinine
Reghiba	Reghiba, Hamraia
Guemar	Guemar, Taghzout, Ouemres
Debila	Debila, Hassani Abdelkrim
Hassi khelifa	Hassi Khelifa, Terifaoui
Magrane	Magrane, Sidi Aoun
Robbah	Robbah, Nakhela, El Ogla
Bayada	Bayada
Taleb larbi	Taleb Larbi, Ben Guecha, Douar El Maa
Mih Ouensa	Mih Ouensa, Oued Al Alenda
El maghaier	El Maghaier, Sidi Khelil, Still, Oum Thiour
Djamaa	Djamaa, Sidi Amrane, M'rara, Tinedla

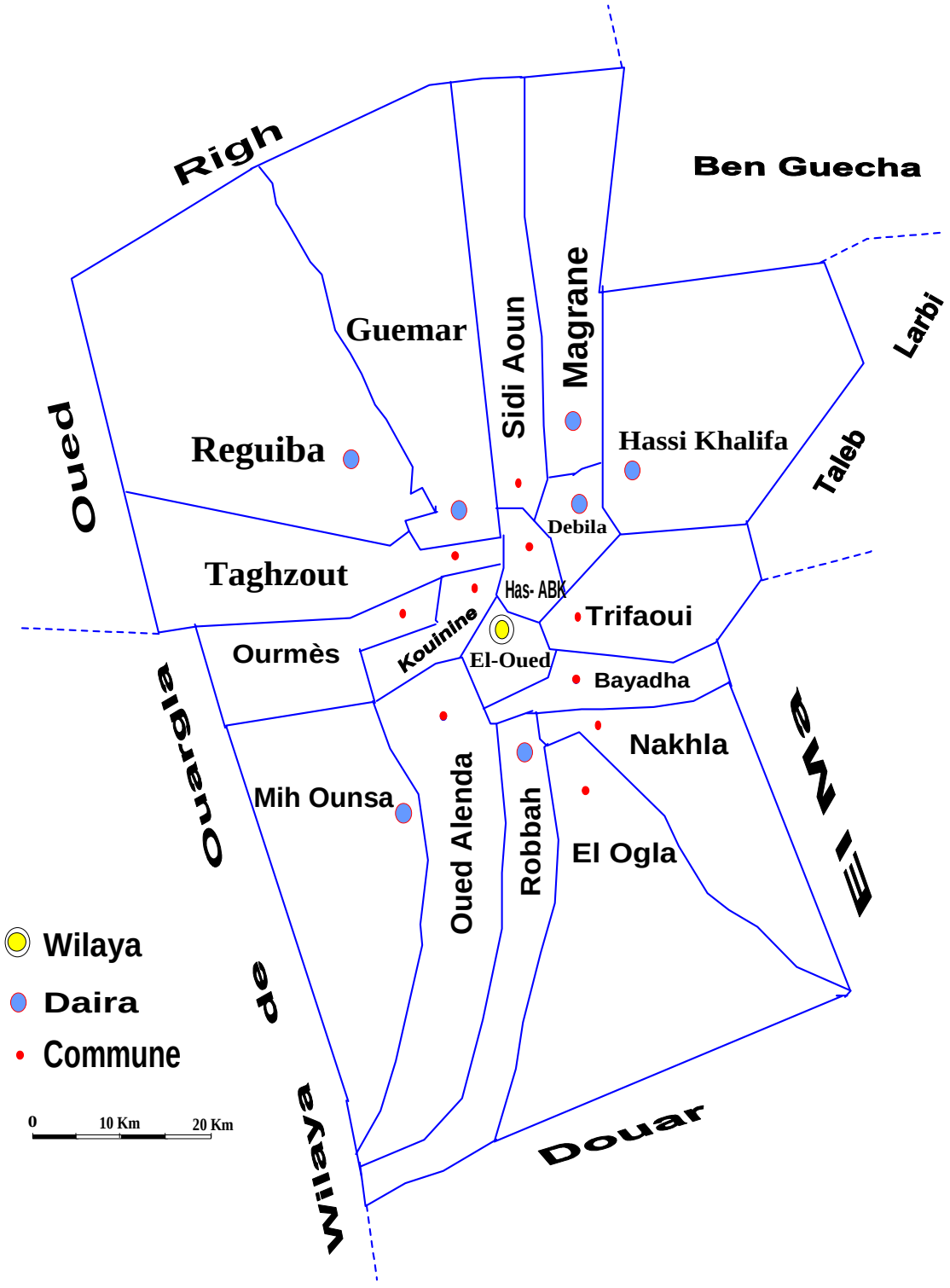


Figure 02: Découpage administratif des communes de la wilaya d'El- Oued **(DRE, 2013)**

I.3. Cadre géologique

D'un point de vue géologique, la stratigraphie de la région est caractérisée par des séries sédimentaires allant du crétacé inférieur jusqu'aux dépôts quaternaires. Les formations du Quaternaire récentes forment l'aquifère détritique de la nappe phréatique, qui est surtout sableux à gréseux avec parfois du gypse et des argiles localisés particulièrement dans la partie Nord-Est où il se termine par une croûte gypseuse. Son substratum est argileux imperméable parfois très peu sableux à son sommet ou alors gypsifère en totalité (**Messekher et Menani, 2010)**.

La région d'étude est située exactement dans la partie Nord-est de la plateforme saharienne. Elle présente un seul type de terrain sédimentaire caractérisé par des formations détritiques particulièrement sableuses. Elles apparaissent sous forme de dunes et d'anti-dunes.

Le sous-sol de la région étant sableux et assurant l'infiltration et la circulation souterraines des eaux. Il est essentiellement représenté par des formations sablo-gréseuses du continental intercalaire et des accumulations sableuses fulvio-lacustres du tertiaire continental.

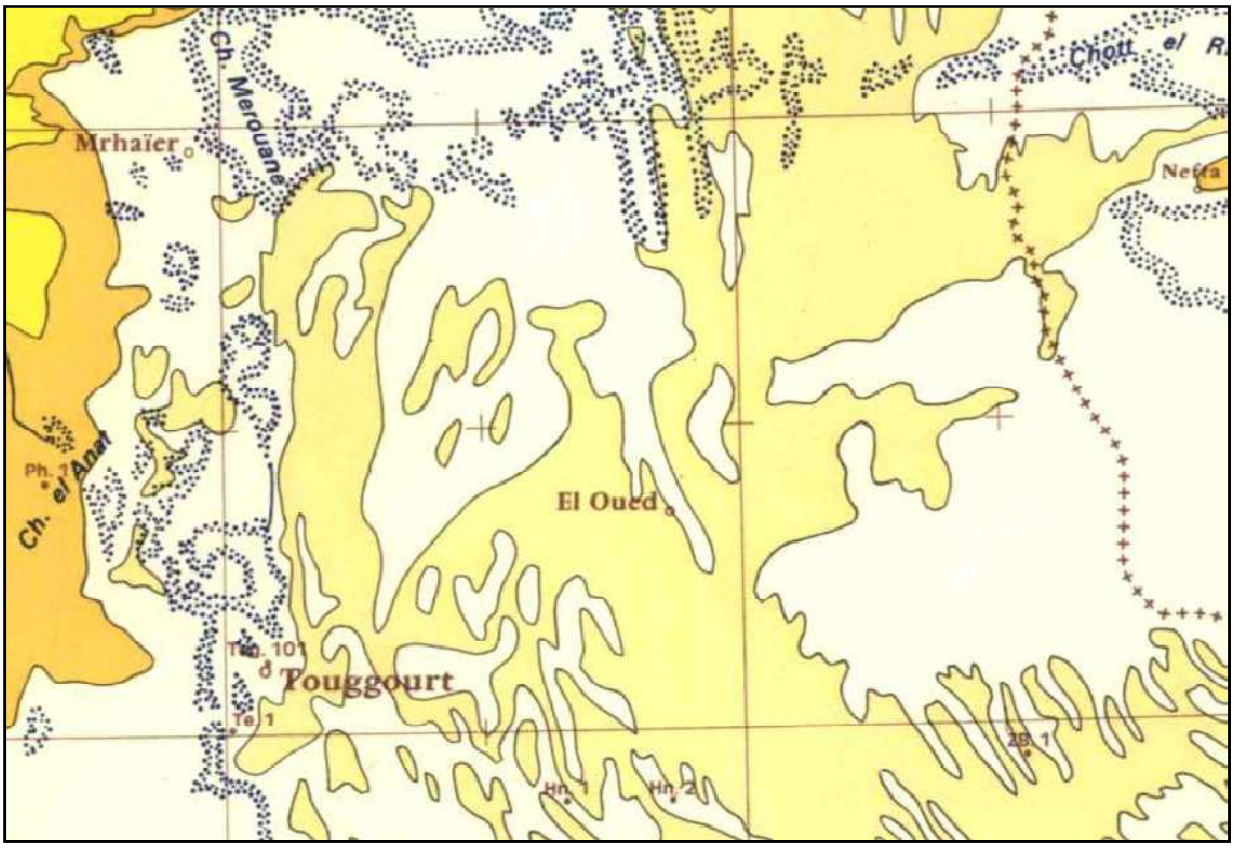
Sur l'ensemble de la région d'El-Oued (**Bisson, 1971**), les formations mio-pliocènes sont recouvertes par une considérable épaisseur de dépôts quaternaires présentés sous forme de dunes donnant naissance à un immense erg qui lui-même fait partie de l'extension du grand erg oriental **(Figure 03)**.

D'après **Khadraoui 2007**, le bas-Sahara, dont la région d'El-Oued en fait partie, est constitué par une série de dépôts alternativement marins et continentaux déposés dans un vaste bassin sédimentaire séparés par d'épaisses séries évaporitiques ou argileuses.

I.4. Géomorphologie

Lelubre 1952, admet que s'il y est une région du globe où les formes de relief sont particulièrement nettes et visibles, c'est bien le Sahara et si les processus morphogénétiques (vent, eau, etc.) à l'œuvre dans ce milieu sont caractéristiques, rien n'est étonnant à ce que les formes qui en résultent le soient aussi.

Le sous-sol présente des contrastes frappants. C'est ainsi qu'au Sud, à 6 kilomètres d'El-Oued et jusqu'à El-Ogla à 24 Km plus loin, on remarque l'absence totale de (*Tefza*), tandis que sur un autre axe allant de El-Oued à Ghamra (en passant par Tiksebt, Kouinine et Guemar) la « Tefza » y occupe tous les terrains. Ainsi deux bandes de terrains sédimentaires, de formations différentes, renfermant des roches dissemblables dont dépend la qualité de la nappe aquifère.



Dunes Frontière algéro-tunisienne zone des chotts

Quaternaire indifférencié Mio-pliocène Pliocène ou Quaternaire

Figure N°3 : Carte géologique de la région d'El-Oued (extrait de la carte du Sahara septentrional) (**Bisson, 1970**)

I.5. Relief

Le relief de la ville d'El Oued est caractérisé par l'existence de trois principales formes :

- Les accumulations sableuses: le sable est un élément essentiel du paysage saharien. Cependant, les dunes sont loin de recouvrir la totalité du Sahara, mais se localisent généralement dans de vastes régions ensablées appelées les ergs (**Lelubre, 1952**).D'après **Gardi 1973**, les dunes peuvent avoir des formes différentes en fonction de la direction dominante du vent ; elles couvrent la totalité de la région du Souf, ainsi que les parties Est et Sud de Oued-Righ. Cette région fait partie du grand erg oriental et ne présente que très peu d'intérêts pour l'agriculture **(Kholladi, 2005)**.

- Une forme de plateaux rocheux : elle s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et de crêtes rocheuses.
- Une zone de dépressions : elle est caractérisée par la présence d'une multitude de chotts qui plongent vers l'Est et l'altitude diminue du Sud vers le Nord et de l'Ouest vers l'Est pour devenir négative au niveau des chotts (**Messekher et Menani, 2010)**.Vu la forte salinité de cette région, elle ne présente aucune utilité pour l'agriculture **(Kholladi, 2005)**. Les formations quaternaires occupent tous les niveaux bas sédimentaires et forment des sebkha (centre d'une dépression fermée et salée) ou bien chott (zone entourant une sebkha) **(Dulix 1971 in Adamou, 2006).**

I.6.Topographie

La vallée du Souf est caractérisée par une topographie plane, monotone et sans exutoire (**Messekher et Menani, 2010)**. Selon **Boubir et al (2009),** le site où se trouve la ville d'El Oued est caractérisé topographiquement par une faible pente **(figure 04)**. Par conséquent, cette situation crée des problèmes d'évacuation des eaux, notamment dans la ville d'El Oued.

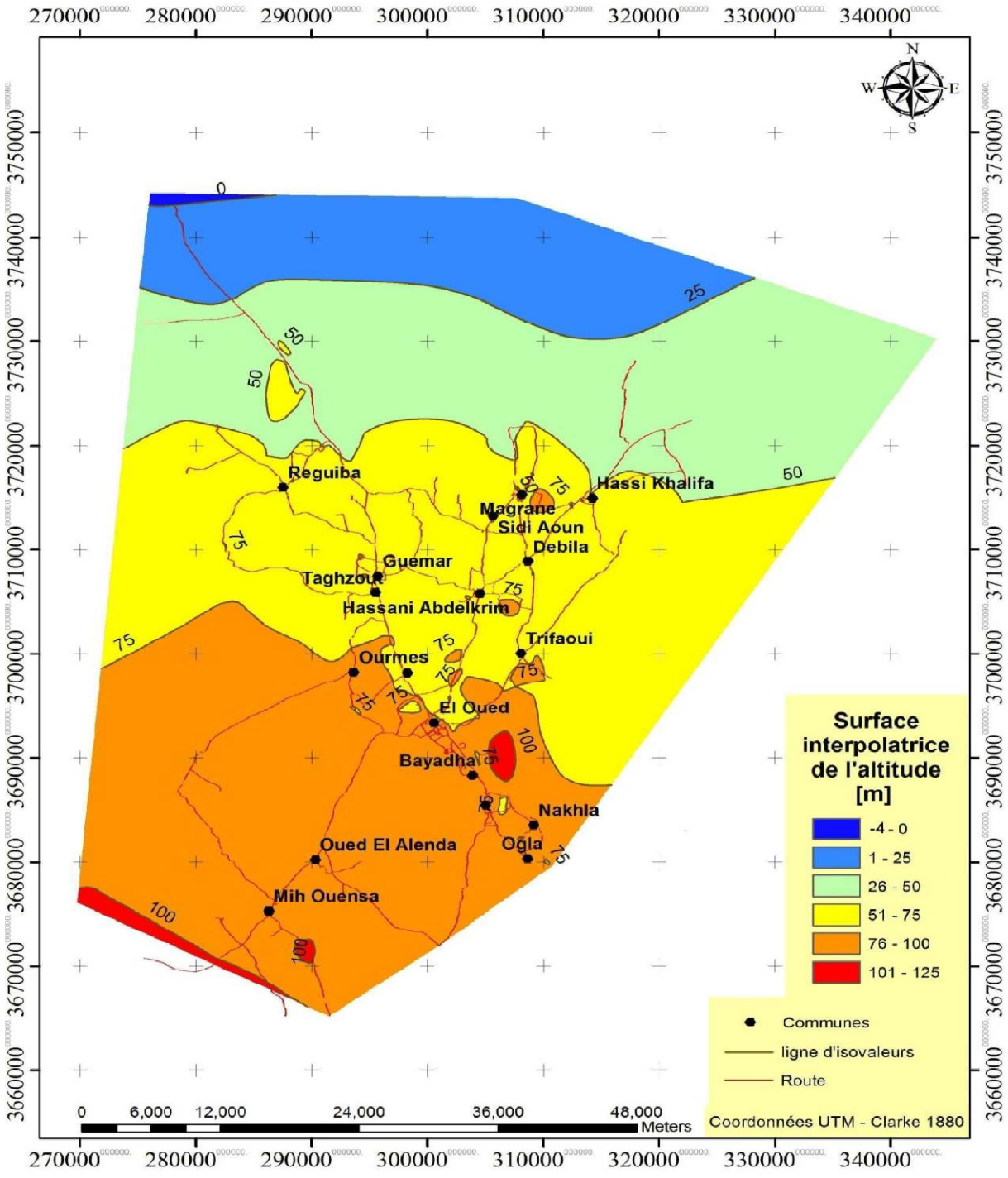


Figure N°4: Carte topographique de vallée d'El-Oued **(ANRH, 2009)**

I.7. sol

Le sol d'El-Oued prend deux aspects ; le plus dominant est celui de l'ensemble dunaire qui est constitué de grandes accumulations sableuses. L'autre aspect est appelé localement *(sahane)* où la surface du sol est parfois caillouteuse avec des croûtes gypseuses entourées par de hautes dunes *(Ghroud)* qui leur donne ainsi une forme de cratères (**ONRGM, 1999)**.

La salure des sols est de type sulfato-calcique à chloruro-sodique et les carbonates et bicarbonates sont nulles ou faibles dans le profil. Aux profondeurs supérieures à 70 cm, zone sous l'influence de la nappe phréatique, on constate la présence des encroûtements gypseux ou gypso-calcaires (**Durand et Guyot, 1955**).**Khadraoui et Taleb (2008),** signalent que les sols d'El Oued se caractérisent par une texture grossière tout le long du profil pédologique. Ils ont une structure meuble particulaire à fondue, la consistance et la cohésion sont faibles a très faibles et ils peuvent présenter des taches d'hydromorphie en profondeur et même des niveaux de nappes proches de la surface du sol.

Les types de sol de la région d'étude sont constitués surtout pars une seule formation d'apport éolien avec des caractères d'halomorphie. Les fortes teneurs en calcium empêchent l'alcalinisation du complexe absorbant. Les sols de la région sont très perméables, peu compacts et fortement calcaires (**Khadraoui, 2007).**

I.8. Ressources hydriques

Les eaux souterraines proviennent de l'infiltration des eaux de pluie par gravité dans les pores et les microfissures des roches dans le sol. Au cours de leur cheminement, elles humidifient des couches de plus en plus profondes jusqu'à la rencontre d'une couche imperméable ou elles s'accumulent en saturant d'humidité le sous-sol, constituant ainsi un réservoir d'eau souterraine **(Vu, 2006)**.

Au Sahara septentrional, le bassin sédimentaire constitue un vaste bassin hydrogéologique d'une superficie de 780 000 Km², avec un maximum d'épaisseur de 4000 à 5000 m (**Castany, 1982**).Malgré l'absence des ressources de surface, la vallée d'El-Oued dispose d'une réserve hydrique très importante, présente sous forme de trois nappes souterraines : la nappe du continental Intercalaire (CI), dite nappe de l'albien, la nappe du Complexe Terminal (CT)et la nappe phréatique a la surface (**Khechana, 2011**).

1.8.1. Continental Intercalaire (CI)

Le continental Intercalaire (CI) est en multicouche, de profondeur pouvant aller jusqu'à 2000 mètres, présentant une puissance utile de 200 à 400 mètres. Cette nappe constitue un réservoir aquifère s'étendant sur 600.000 km² et d'une épaisseur pouvant dépasser plusieurs centaines de mètres **(figure 05)**.

On définit l'aquifère du Continental Intercalaire comme les formations continentales du Crétacé inférieur, comprises entre l'Albien et le Néocomien, constituées de sables, de grès avec des intercalations d'argile dont la profondeur du toit varie de 700 à 1200 m environ. Le Continental Intercalaire est surmonté par les dépôts du crétacé supérieur à savoir: Cénomanien, Turonien et Sénonien salifère qui peut atteindre une épaisseur de l'ordre de 220 m. De grandes quantités d'eau y ont été stockées pendant les périodes pluvieuses du Quaternaire **(Ouali et *al*, 2006).**

Selon **Idder 2011, l**es eaux de la nappe du Continental intercalaire, bien que relativement peu minéralisées par rapport aux eaux des nappes du Complexe Terminal et de la nappe phréatique, posent de grands soucis non seulement en raison de la difficulté de maîtrise de leurs débits, mais aussi pour les énormes problèmes engendrés par la qualité des eaux de cet aquifère (tendance à l'entartrage et très fortes températures).

1.8.2. Complexe Terminal (CT)

Cette formation est très hétérogène dont la profondeur varie entre 100 et 600 mètres, présentant une puissance utile de l'ordre de 300 mètres **(Paepegaeypet *al*, 2011**).Le Complexe Terminal se compose de la nappe des sables couvrant pratiquement tout le Nord Est du Sahara algérien (f**igure 05) et s**on eau est parfois de mauvaise qualité, avec la présence de traces de fluor (**Kholladi, 2005)**.

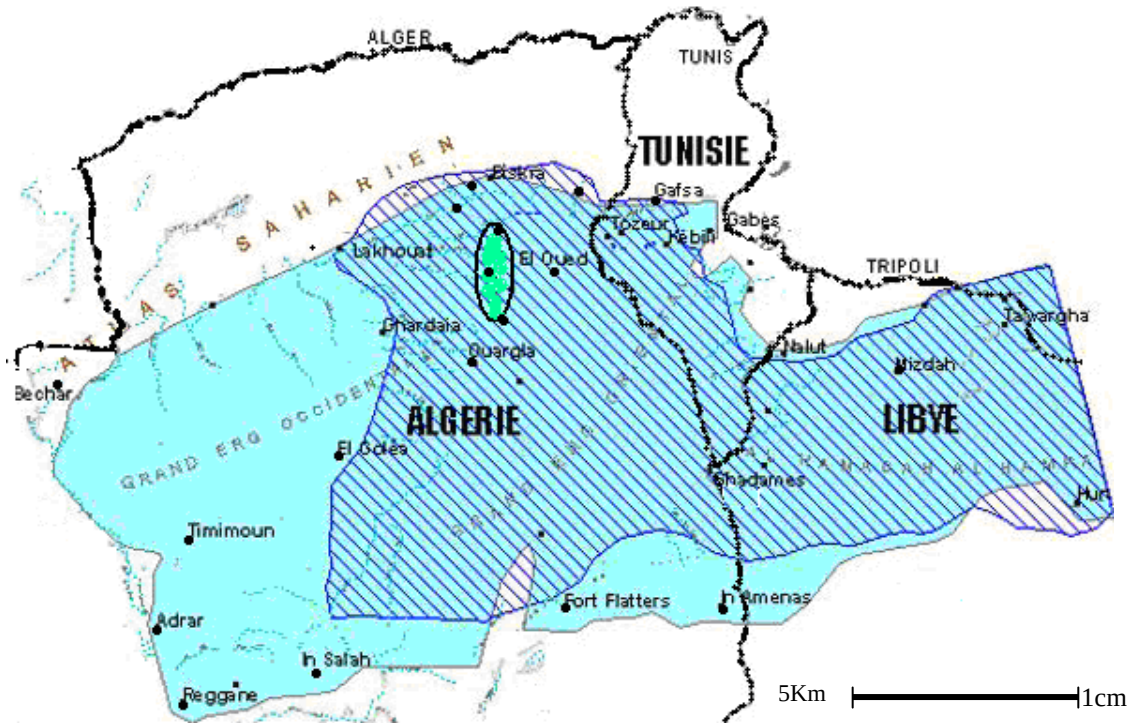


Figure 05: Carte des ressources en eaux : aquifères du CT et du CI (**UNESCO, 1972**)

I.8.3. Nappe phréatique

Côte 1998, rapporte que la nappe phréatique dans la région du Souf est principalement alimentée par les eaux utilisées par les populations (les eaux d'irrigation, industrielles et domestiques) et la source absolue de ces dernières est les nappes profondes du Complexe Terminale et du Continentale Intercalaire, et exceptionnellement les eaux de pluie. Le sens d'écoulement va en général du Sud vers le Nord (**Kholladi, 2005)**.

Vu son importance, cette nappe représentait la source principale d'irrigation d'importantes palmeraies, elle est surtout exploitée par des puits traditionnels qui sont en nombre de 10000 puits **(BG, 2001)**. La surface piézométrique n'est pas régulière et elle présente des points hauts dans les zones d'alimentation représentées par les agglomérations et les plantations irriguées à partir des nappes profondes et des points bas dans les zones de prélèvement par évaporation des surfaces d'eau libre (Chott, ghouts inondés) et par évapotranspiration de la végétation **(DRE, 2013)**.

Conclusion

A partir de cette étude, nous constatons que la région à une particularité spécifique du point de vue géologique. Ainsi les conditions tectoniques et paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire avec une lithologie variée dans le temps, régulière et homogène dans l'espace.

Ces conditions ont favorisé la formation dans la zone d'El Oued, et dans tout le bas Sahara, de plusieurs formations aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès. Les formations du Quaternaire récentes forment l'aquifère détritique de la nappe phréatique.

CHAPITRE II

Société et environnement

II.1. Population et tissu urbain

La ville d'El-Oued est caractérisée par ses deux axes routiers nationaux, RN 48 et RN 16, qui sont considérés comme l'épine dorsale du système routier de la wilaya d'El Oued. Ces deux axes principaux ont également structuré et favorisé le développement de l'espace urbain (**Boubir et *al,* 2009).** Comme le souligne **Côte (2006)**, dans la région d'El-Oued, chaque ghout appartenait à une exploitation familiale, et la société oasienne d'El-Oued constituait ainsi une organisation sociale relativement égalitaire. Dans la vallée d'El-Oued, les industries sont rares ; l'agriculture (palmeraies et maraichage) et le commerce constituent les principales activités économiques de la région **(BG, 2010)**.

Même si la beauté du paysage subsiste, cette magnifique description d'El Oued serait bien difficile à formuler aujourd'hui la « ville aux mille coupoles » sous les effets de la mondialisation s'est peu à peu transformée par les Soufis en « ville aux mille garages » **(Yves, 2010)**. En se basant sur les données (**tableau 02)**, El-Oued connait l'hypertrophie urbaine et ces problèmes graves : une croissance démographique fulgurante, suivi d'un développement urbain excessif anarchique et incontrôlé. L'exacerbation de tous les problèmes socio-économiques et environnementaux, et notamment le phénomène de la remontée des eaux de la nappe phréatique, constitue une menace réelle pour la ville et sa phoeniciculture. La croissance démographique est essentiellement alimentée par l'apport des migrations rurales et interurbaines. 20% de la population totale de la wilaya est concentrée dans la commune d'El Oued **(Boubir et *al*, 2009).**

Le passage de l'habitat en Médina à l'état en ville moderne interroge sur l'urbanité nouvelle qui engendre des exigences nouvelles par rapport à l'habitat, au confort, à l'utilisation des espaces de la maison, et surtout au rythme de la consommation des eaux **(Khechana et *al,* 2010)**.

El Maghaier et Djamaa sont les centres les mieux favorisés à l'Ouest. Au Nord, Guemar, Reguiba, Debila, et Hassani Abdelkarim sont les mieux équipés. Par contre Benguacha, une commune frontalière, a le même niveau de services et d'équipements qu'une agglomération secondaire. Cependant, le sud de la wilaya présente deux centres plus favorisés : Bayadah et Robbah. Au centre de la *wilaya*, sur sa surface restreinte, la ville d'El Oued concentre la majorité des services et des investissements (**Boubir et *al,* 2009).**

Tableau 02 : Population dans la wilaya d'El-Oued (1998-2013), au recensement de 2008 **(ONS, 2013)**

Wilaya	Masculin	Féminin	Ensemble	Taux d'accroissement annuel moyen (1998-2008)
El-Oued	374739	361482	736222	2,6 **%**

II.2 L'agro-système du Souf et ses implications

Dans la région d'El-Oued, on distingue les nappes fossiles, non renouvelables, les nappes plus superficielles alimentées par les pluies ou l'irrigation et dont la contribution s'effectue soit par pompage soit par un prélèvement direct des plantes lorsque la nappe est proche de la zone racinaire **(Brahic, 2012).** L'agro-système développé dans la wilaya constitue un type exceptionnel d'oasis au Sahara algérien ***(*Yaël, 2008)**.

Selon **Côte (2006)**, creuser des puits dans le sable n'est pas impossible, les nomades le font de loin en loin pour l'eau domestique. Mais entretenir de tels puits dans un matériau qui s'éboule est difficile ; élever l'eau de 10 m jusqu'à la surface du sol est astreignant à une époque d'énergie manuelle ; et le tout ne permettrait d'irriguer qu'un 2 ou 3 arbres. Ne pouvant faire venir l'eau à eux, les soufis ont imaginé d'aller à elle. C'est-à-dire d'excaver suffisamment le sable à l'aide de Remmal pour que l'épaisseur restante ne soit plus que de l'ordre de 2 m, planter alors les palmiers dans le sol de façon à ce qu'ils aillent puiser l'eau par leurs propres racines. C'est le principe de la culture en sec, dans laquelle on n'apporte pas d'eau d'irrigation, mais le palmier va chercher lui-même ce dont il a besoin. Les puits pouvaient atteindre l'eau entre 3 m au nord d'El-Oued et 40 m au sud. Les populations soufies développèrent une technique spécifique d'excavation permettant à la palmeraie d'atteindre l'eau des nappes les plus proches. La création des 'ghouts' **(photo 01)** fut opérée sur de petits espaces, entre 1/10 hectare et 1/4 d'hectare. Cette technique de culture conféra ainsi à El-Oued une morphologie très particulière comme le démontre la **figure 06**.

Figure N°6: Technique de culture ‘ghouts’ dans la région d’El-Oued **(Côte, 2006)**

PhotoN°1: Création des ‘ghouts’ dans la région d’El-Oued

L’agriculture au niveau du Souf a subit une grande transformation ces 30 dernières années. Les palmeraies traditionnelles de la région appelées Ghouts, excavations de 10, 20 ou 30 mètres creusées il y a plusieurs siècles par la main des hommes sont aujourd’hui menacées, d’une part par le développement spatial de la ville et l’accroissement de la pollution qu’y en résulte et d’autre part par une nouvelle technique culturale orientée radicalement vers la production intensive au détriment des préoccupations de durabilité du système agricole Soufi **(Yves, 2010)**.

Aujourd'hui, de très nombreux puits ont été aménagés sur toute la région pour encourager les agriculteurs à exploiter et ainsi désengorger la nappe phréatique. Ceci explique que les pivots d'irrigation alimentés par des puits creusés dans la nappe phréatique, représentent actuellement le type d'occupation des sols le plus typique de la région **(photo 02)**. Au niveau de ces parcelles circulaires, on cultive des primeurs et principalement de la pomme de terre. Les pivots ont des dimensions très modestes (diamètre allant de 40 à 100 m) fabriqués localement de manière artisanale. Cette pratique de pivots occupe actuellement presque la totalité des sols de la région, et leur nombre est estimé à plus d'une douzaine de milliers sur la zone témoin d'El-Oued. Cette technique des pivots est extrêmement récente : le paysage de 1987 est totalement différent de celui de 2007 où l'on remarque une très importante prolifération de ce type d'exploitation pendant un intervalle de 20 ans. La **figure 07** indique clairement en effet que le mode de culture en 1987 se limitait quasi exclusivement aux Ghouts, alors qu'en 2007 (**figure 08)** l'emprise des pivots circulaires est devenue considérable **(FAE, 2010).**

La région du Souf est caractérisée par une grande variété de produit agricoles : la culture du palmier dattier est représentée par les palmeraies traditionnelles ghouts (anciennes plantations) et des palmerais en extension (nouvelles plantations), ainsi que des cultures protégées (tomate, courgette, poivron, etc.) et le maraichage qui est essentiellement dominé par la culture de la pomme de terre ainsi que l'olivier et les céréales. Chez les populations oasiennes rurales de la région on retrouve encore des pratiques agricoles ancestrales telles que certains procédés de conservation et de transformation des dattes et l'utilisation de quelques plantes en médecine traditionnelle.

Photo 02: Nouveau système d'agriculture adoptée dans la willaya d'El-Oued

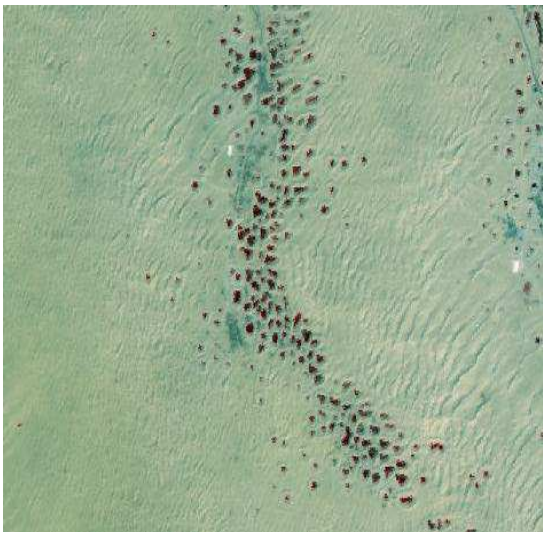


Figure 07: Série des Ghouts à El Oued en 1987

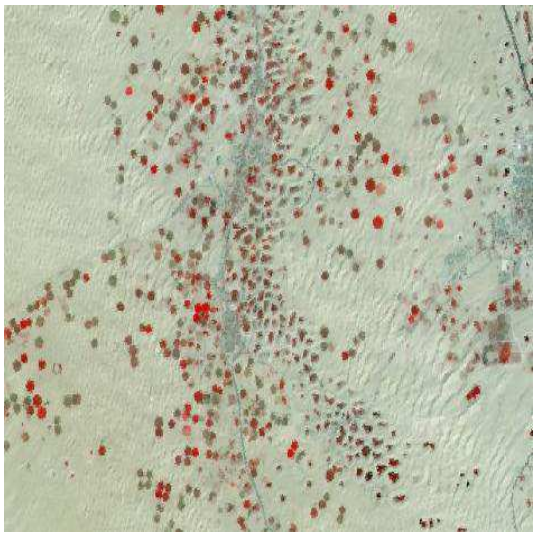


Figure 08: Série des Ghouts à El Oued en 2007

Conclusion

La croissance démographique a conduit à une consommation importante en ressources hydriques aussi bien pour satisfaire les besoins urbains que les besoins agricoles (passage du système traditionnel des ghouts au système d'irrigation par pivots utilisant des débits importants en provenance de forage), Cette surconsommation d'eau à générer des excédents hydriques ayant contribués au phénomène de remontée de la nappe phréatique.

CHAPITRE III

Hydroclimatologie

III.1. Paramètres climatiques

Dans ce chapitre l'analyse des paramètres climatiques se fera sur la base des données de la station météorologique de l'aéroport d'El-Oued située dans la daïra de Guemar au nord de la ville. Cette station est exploitée par l'ONM, ayant les caractéristiques géographiques suivantes **(tableau 03):**

Tableau 03 : Coordonnées géographiques de la station météorologique de la ville d'El-Oued **(ONM, 2005)**

Station	Code A.N.R.H	Altitude (m)	Longitude	Latitude
Guemar	13 04 09	64	06°47'E	33°30'N

La station nous a permis d'exploiter une série de 14 ans (2000-2013) pour l'ensemble des paramètres mesurés.

III.1.1. Précipitations

Les précipitations sont caractérisées par leur faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares. Elles sont liées aux perturbations soudano-sahariennes ou sahariennes (**Dubief, 1963**).

III.1.1.1. Répartition moyenne mensuelle des pluies

Nous observons que tout au long de ces 14 ans, une grande irrégularité des précipitations moyennes mensuelles : les pluies connaissent leur maximum enjanvier avec 17.74 mm et un minimum de l'ordre de 0.15 enregistré pendant le mois de juillet. Le cumul des précipitations moyennes annuelles de 65,47 mm (**figure09)**. Les précipitations mensuelles permettent d'apprécier le régime pluviométrique **(Cédric et *al*, 2008)**.

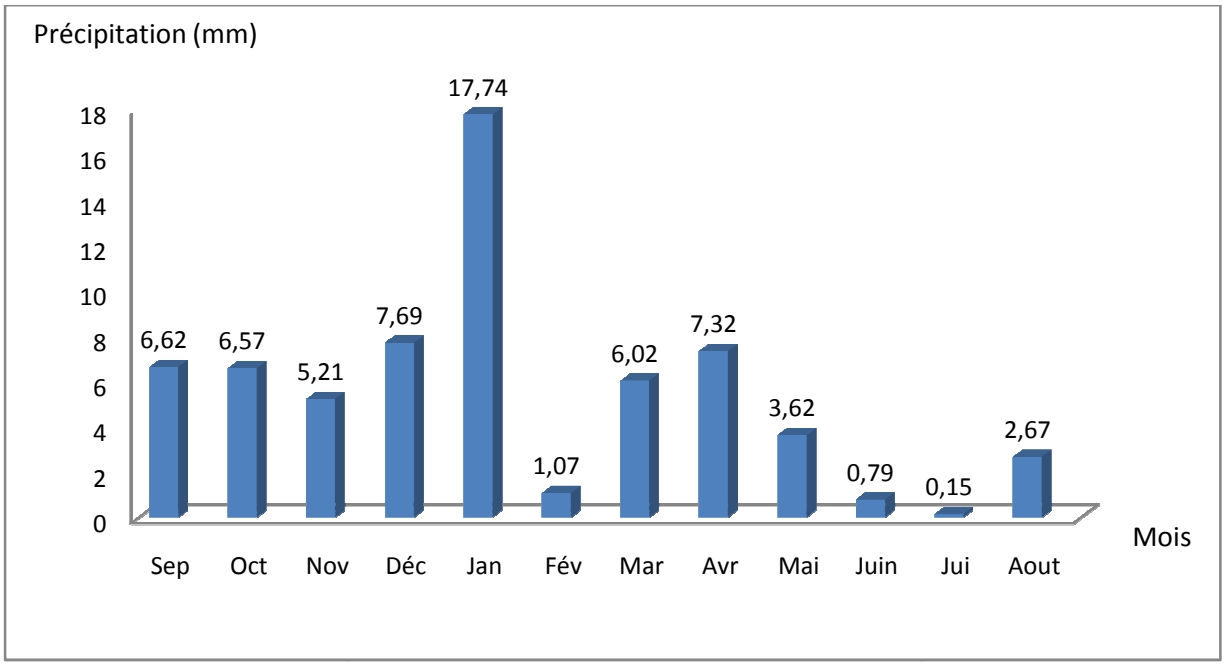


Figure 09:précipitations moyennes mensuelles durant la période 2000/2014

III.1.1.2. Répartition moyenne annuelle des pluies

Les précipitations relevées au niveau de la station de Guemar montrent une grande variabilité d'une année à une autre. Ainsi, l'année la plus arrosée était celle de (2009/2010) avec 193 mm/an et l'année la plus sèche était celle de (2012/2013) avec 22.9 mm/an (**figure 10)**.

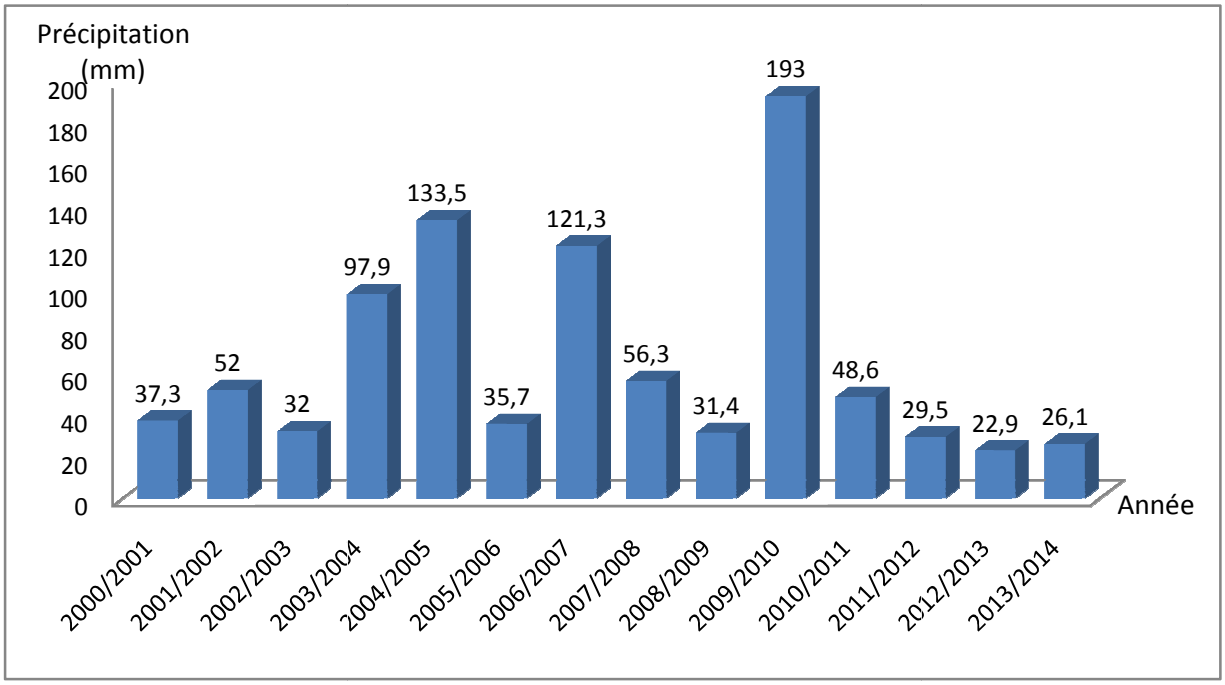


Figure 10 : variabilité des précipitations annuelles durant la période 2000/20/14)

III.1.2. Température

III.1.2.1. Température moyenne mensuelle interannuelle

La période qui s'étale du mois de novembre au mois d'Avril correspond à la période froide avec un minimum durant le mois de janvier de (10.66°C) alors que la période chaude commence à partir du mois de mai et s'étale jusqu'au mois de septembre avec un maximum pendant le mois de juillet (34.57°C) ; la moyenne annuelle est de l'ordre de 22.83°C (**Figure11**).La ville d'El-Oued présente de forts maximas de température en été, alors qu'en hiver elles peuvent être très basses (**Voisin, 2004**).

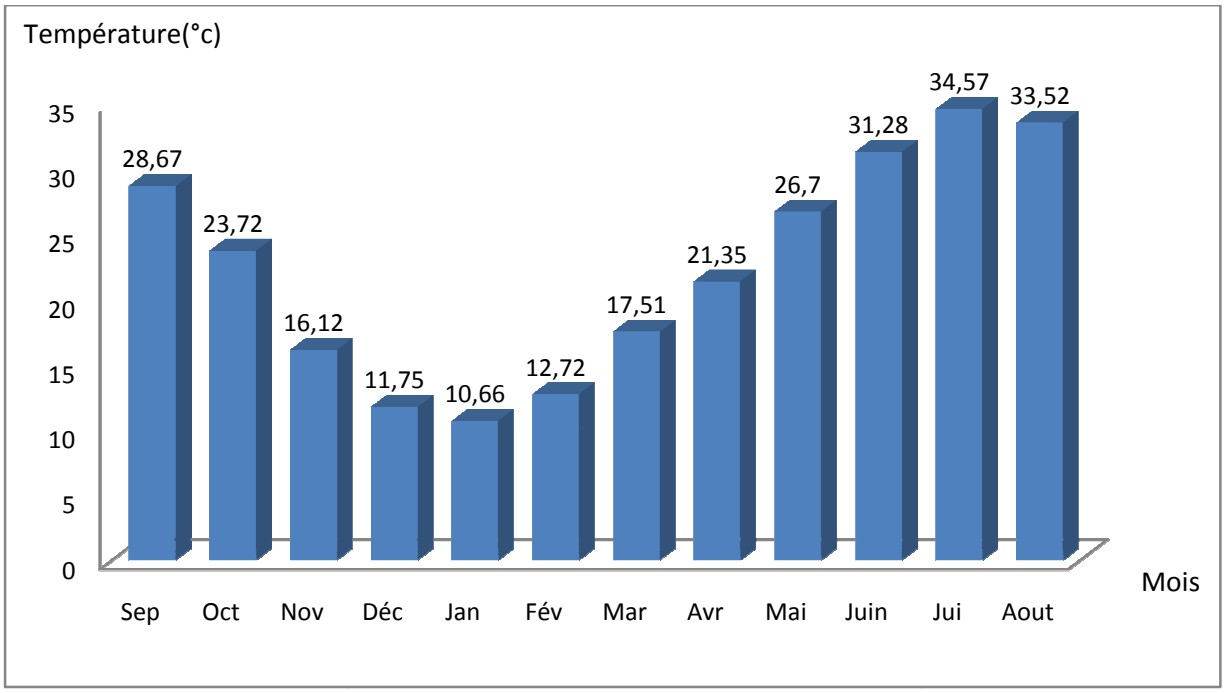


Figure 11: températures moyennes mensuelles durant la période 2000/2014

III.1.3. Humidité

L'humidité représente la quantité de vapeur d'eau présente dans l'air, sans compter l'eau liquide et la glace (**Vincent Luyet et *al*, 2010).** Dans la région d'El-Oued, l'humidité de l'air est faible ; la moyenne annuelle de l'humidité relative est de 47%.Cette humidité varie sensiblement en fonction des saisons. En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 29.92% pendant le mois de Juillet, et ceci sous l'action d'une forte évaporation et des vents chauds, alors qu'en hiver, elle s'élève et atteint une moyenne maximale de 66.4 % au mois de Décembre (**figure 12**).

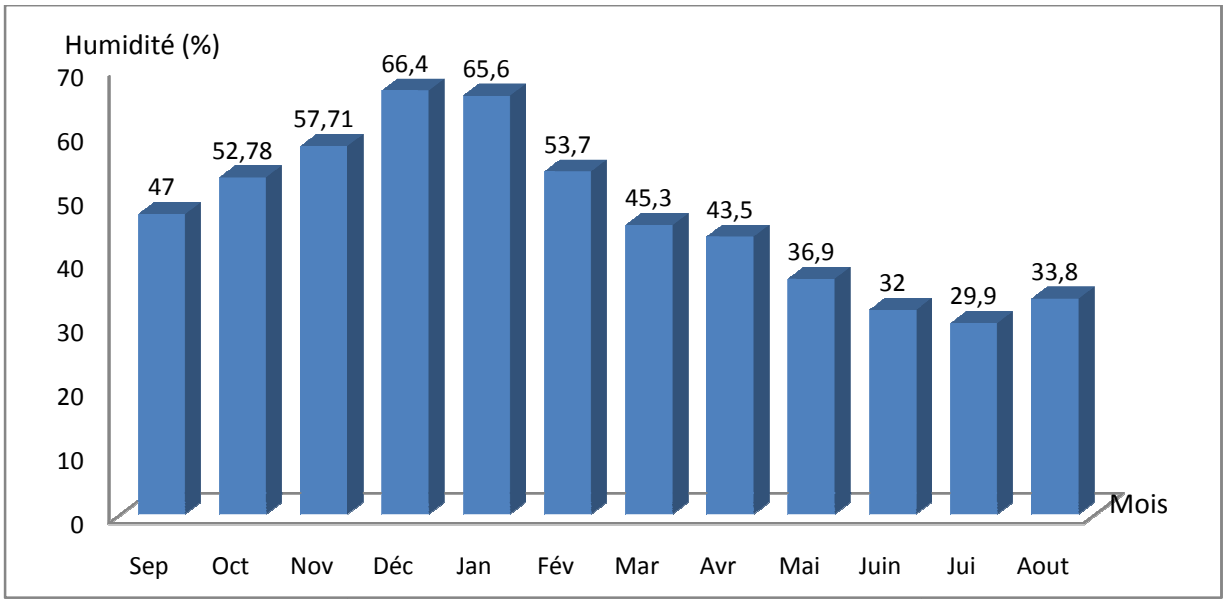


Figure N° 12: Humidités moyennes mensuelles durant la période 2000/2014.

III.1.4. Vent

Selon **l'HPO (2004)**, la direction dominante des vents est Est et Nord-est. Les vents sont caractérisés par des températures élevées, avec des vitesses de 60 à 140 km/h. Les vents les plus forts (les vents de sable), sont enregistrés durant la période du printemps. La direction, la fréquence et la vitesse des vents sont trois paramètres importants qui interviennent dans le choix du site des installations susceptibles d'émettre des nuisances olfactives ou des polluants atmosphériques.

Au niveau de la région, les vents sont fréquents durant toute l'année. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées durant la période allant du mois de Mars jusqu'au mois d'Aout, avec un maximum de 4.1 $m.s^{-1}$ durant le mois de Mai **(tableau 04)**,

Tableau 04 : vitesses moyennes mensuelles des vents durant la période 2000/2014.

Saison	**Automne**			**Hiver**			**Printemps**			**Eté**			**An**
Mois	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Déc**	**Jan**	**Fév**	**Mar**	**Avr**	**Mai**	**Juin**	**Jui**	**Aout**	
Vitesse (m/s)	**2.8**	**2.2**	**1.7**	**2.2**	**2.2**	**2.4**	**3.1**	**4**	**4.1**	**3.5**	**3.2**	**3**	**2.3**

III.1.5. Insolation

La répartition des moyennes mensuelles d'insolationnous permet de constater que la brillance du soleil est maximale au cours du mois de juillet avec une moyenne de 353.4 heures, le phénomène est régulier passant d'un minimum en décembre (226.0 heures) (**figure 13)**. Dans la région d'El-Oued, le rayonnement solaire est excessif durant l'année avec une moyenne de 3354.6 heures ce qui se traduit par un pouvoir évaporant très élevé.

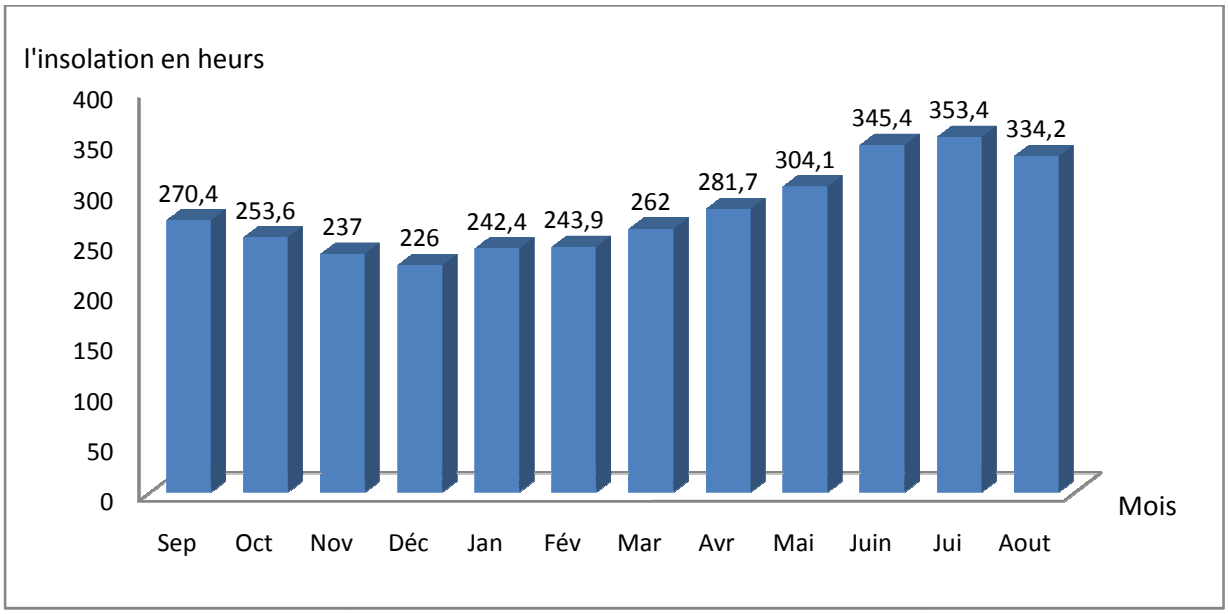


Figure 13: insolations moyennes mensuelles durant la période 2000/2014.

III.1.6. Evaporation

Les plans d'eau (sebkhas et chotts) situés dans des zones arides présentent une forte évaporation puisque l'ensemble des facteurs se trouvent réunis; une température de l'air souvent élevée pendant les saisons sèches, une forte insolation presque continue durant toute l'année et une présence considérable de vents secs (grande vitesse) surtout durant l'automne et le printemps **(Remini, 2005)**.

Les volumes d'eau perdus par évaporation atteignent leur maximum au mois de Juillet avec 333.8 mm contre un minimum de 77.5 au mois de Janvier totalisant ainsi une évaporation moyenne annuelle de 2121,9 mm pour la période considérée **(figure 14).**

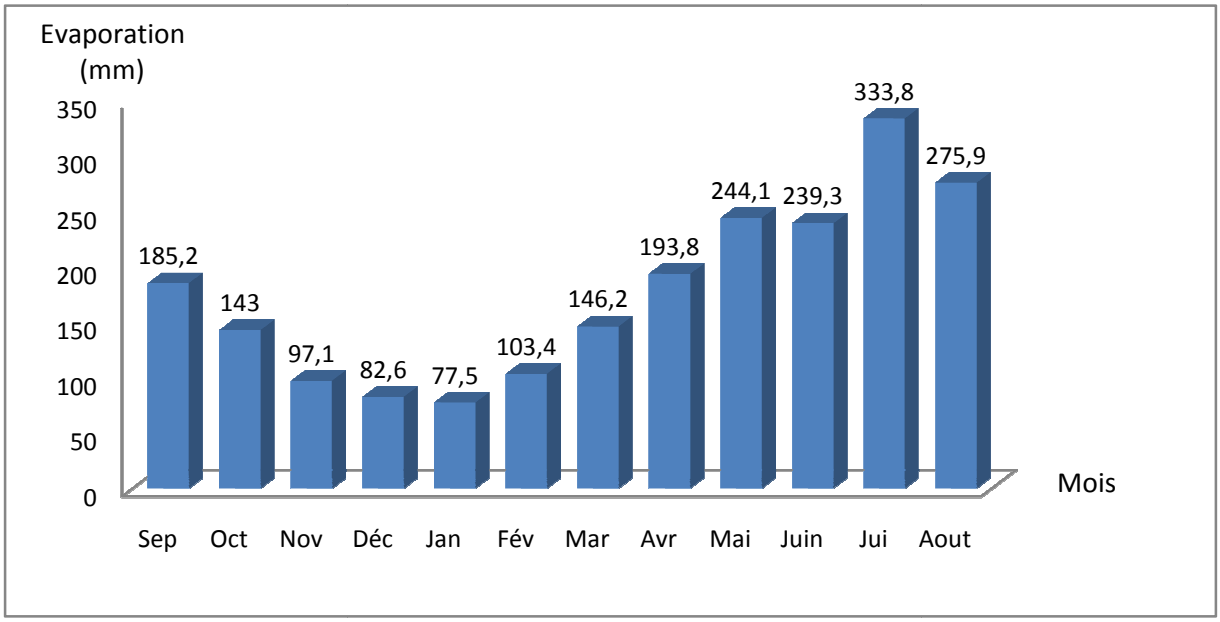


Figure 14: Evaporations moyennes mensuelles durant la période 2000/2014.

III.1.7. Diagramme Ombrothermique

Le but du diagramme Ombrothermique est de déterminer la période sèche et la période humide d'une région donnée. L'examen de ce diagramme, montre que la région d'étude est caractérisée par une période sèche qui s'étale sur toute l'année **(figure 15) ;** la détermination de cette période a une importance primordiale pour les besoins en eau d'irrigation des plantes.

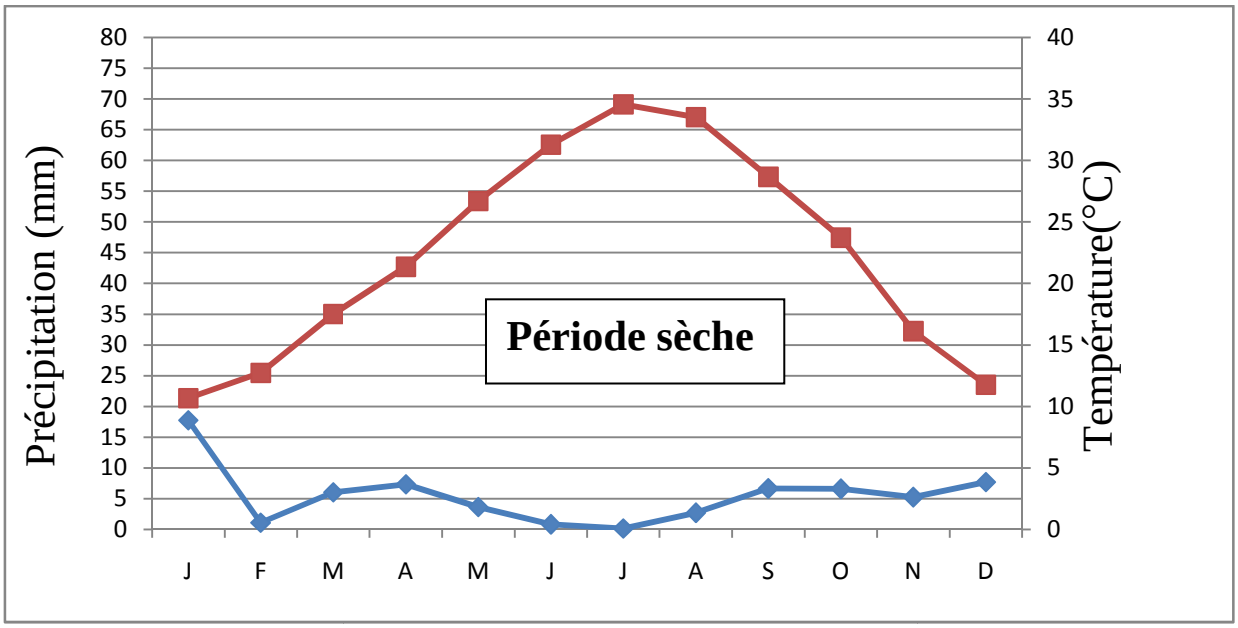


Figure 15: Diagramme Ombrothermique entre 2000/2013

III.1.8.Climagramme d'Emberger

Pour classer le bioclimat, nous avant utilisé la formule de **Stewart (1969)** adaptée à l'Algérie qui a la forme suivante :

$$Q_3=3.43\ P/(M-m)$$

Avec :

Q_3: Quotient pluviométrique d'Emberger.

P:Précipitation moyenne annuelle (mm).

M:Moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en (c°).

m: Moyenne des températures minimales du mois le plus froid en (c°).

Pour notre cas :

P=65.53mm

M =42.63c°

m=3.76 c°

Donc : $Q_3=3.43*65.53/(42.63-3.76)=5.78$

Selon le climagramme d'Emberger, le climat de la région d'étude est de type hyper-aride à hiver doux (**figure 16).**

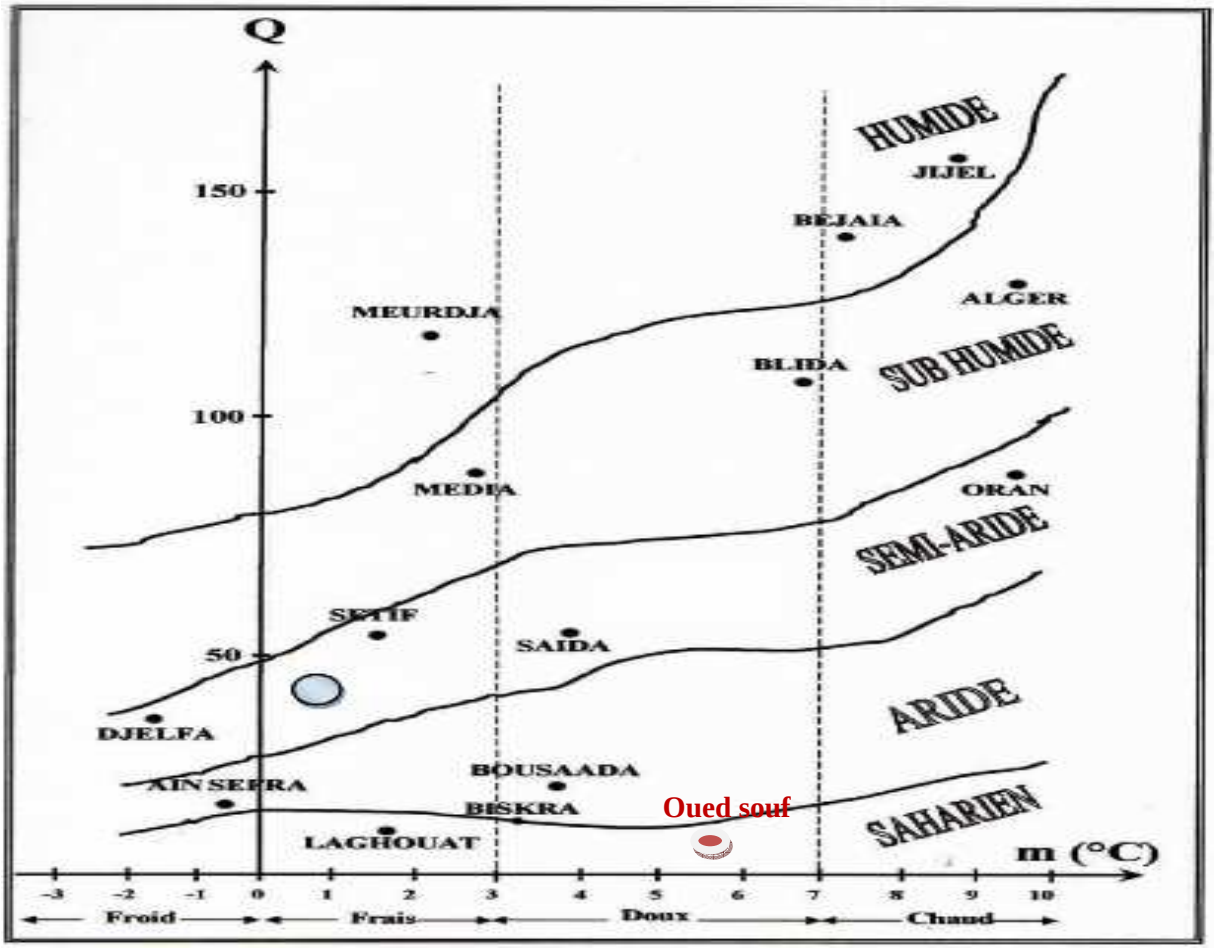


Figure 16:Climagramme d'Emberger de la zone d'étude.

III.1.9. Indice d'aridité

Cet indice dépond essentiellement des précipitations moyennes mensuelles et de la température annuelle ; il se calcule de la façon suivante :

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

Avec :

I : Indice d'aridité.

P :Précipitation moyenne mensuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (c°).

P= 65.53 mm

T=22.38°c

Donc I= 2.02 mm/°c

Conclusion

Le climat de la région d'étude est très chaud et sec l'été et froid en hiver ; les amplitudes thermiques peuvent atteindre 30°C en été. La température moyenne annuelle est de 22.23°C. La région d'El-Oued se distingue aussi par une forte insolation dont la moyenne annuelle dépasse les 300 heures ; quant à l'humidité de l'air, elle est relativement faible, de l'ordre de 47% annuellement.

CHAPITRE IV

Historique et mécanisme de la remontée de la nappe phréatique

Les nappes sous la ville posent des problèmes qui peuvent être graves et comportent des incidences financières lourdes, il s'agit des remontées des nappes (**Collin, 2004**). Le Souf est une région naturelle qui compte parmi les plus originales : sa situation dans l'erg oriental presque au contact des grands chotts et sa proximité de la vallée de l'Oued Righ lui pose de sérieux problèmes de remontée de la nappe phréatique **(Dubost, 1991 ; Sasker, 2000)**.Ce phénomène est localisé essentiellement dans les anciens systèmes agricoles traditionnels, au fond des Ghout **(Côte, 1998)**.

IV.1. Phénomène de remontée de la nappe phréatique

Lorsqu'en 1953 fut réalisé avec succès un forage profond à Sif Menadi à 90 Km au nord d'El Oued **(figure 17),** les techniciens, fiers de leur exploit, ne se doutaient pas que celui-ci allait constituer un coup de tonnerre dans le ciel serein d'El-Oued. La cause principale de réaliser des forages profonds artésiens dans la région, c'était le manque de l'eau et par un autre mot la baisse de la nappe phréatique à cause du développement de débit extrait par l'agriculteur pour l'irrigation de son palmier (**Miloudi, 2008).**

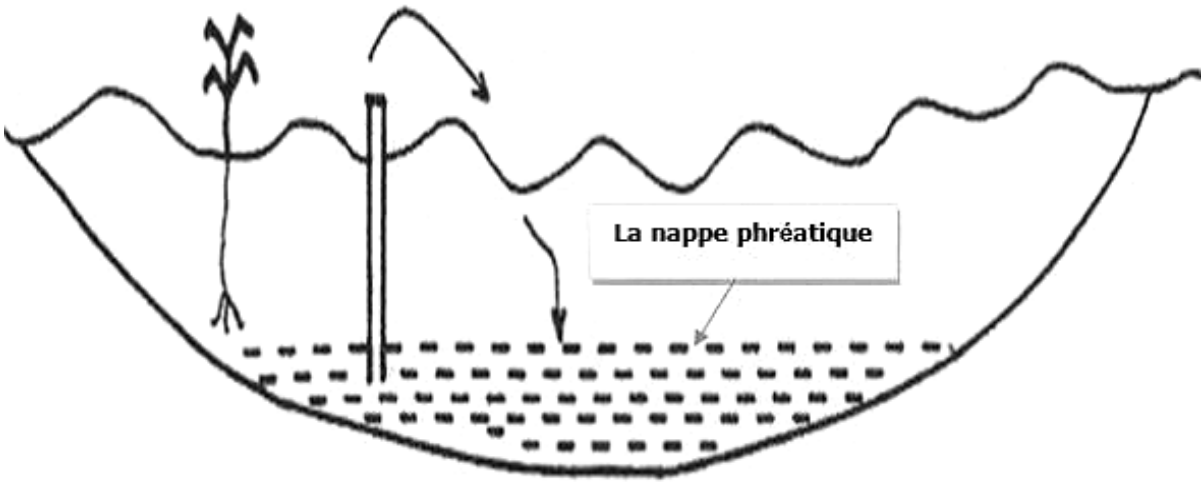


Figure 17: Niveau de la nappe phréatique avant 1956 **(Zine, 2010)**

L'augmentation de la population et l'extension des cultures ont eu comme conséquence une surexploitation des eaux profondes. En 1956, un premier forage moyennement profond au Complexe Terminal **(figure 18)** a été creusé pour l'alimentation en eau potable. De 1957 à 1969, un nouveau forage par année a été exécuté dans le Complexe Terminal. En 1969, suite à de fortes pluies, une remontée générale de la nappe a été constatée inondant 150 ha dans les

régions de Magrane et Hassi-Khalifa. Entre 1980 et 1997 une centaine de nouveaux forages sont réalisés dans le Complexe Terminal.

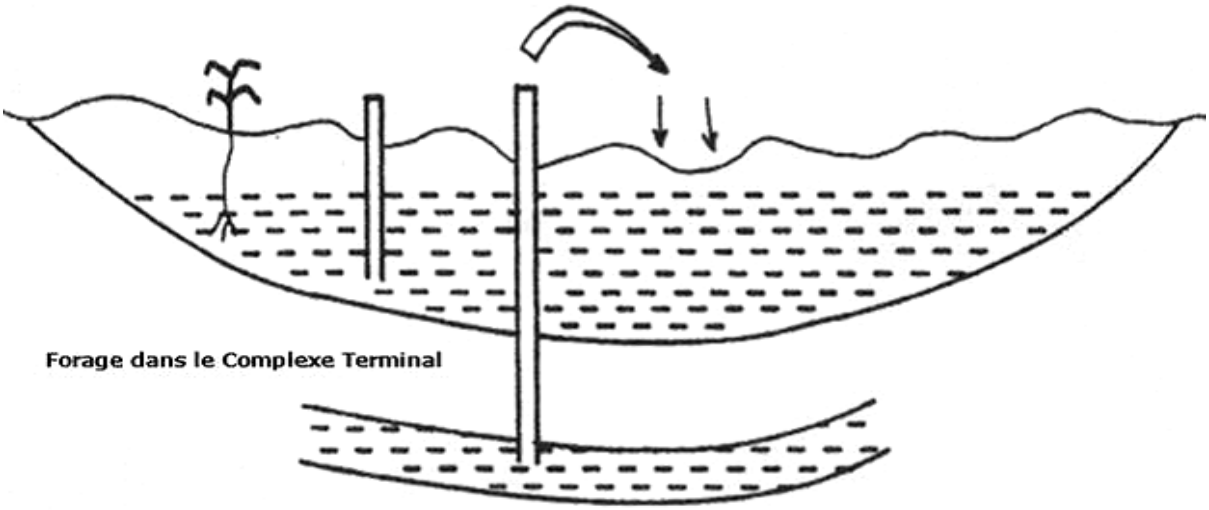


Figure 18 : La nappe phréatique entre 1956 et 1986 **(Zine, 2010)**

Entre 1986 et 1987, trois forages profonds dans le continental intercalaire (**figure 19)** sont exécutés. Deux d'entre eux sont exploités pour l'alimentation en eau potable, le troisième à Hassi-Khalifa, pour l'agriculture. Ils sont fortement artésiens et les débits de l'ordre de 200 l/s, sont de 5 à 10 fois plus importants que ceux des forages réalisés dans le Complexe Terminal **(Khechana, 2008)**.

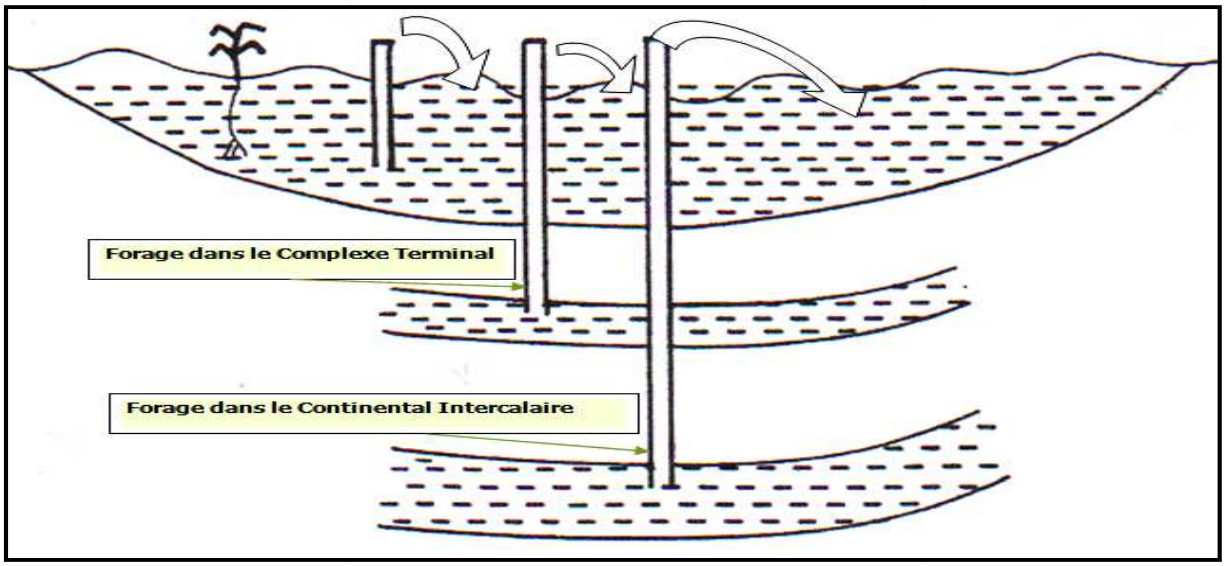


Figure 19: La nappe phréatiqueaprès1986 **(Zine, 2010)**

La **figure 20** montre le bon état des ghouts en 1980 avant l'apparition de la crise hydraulique dans la région d'El Oued.

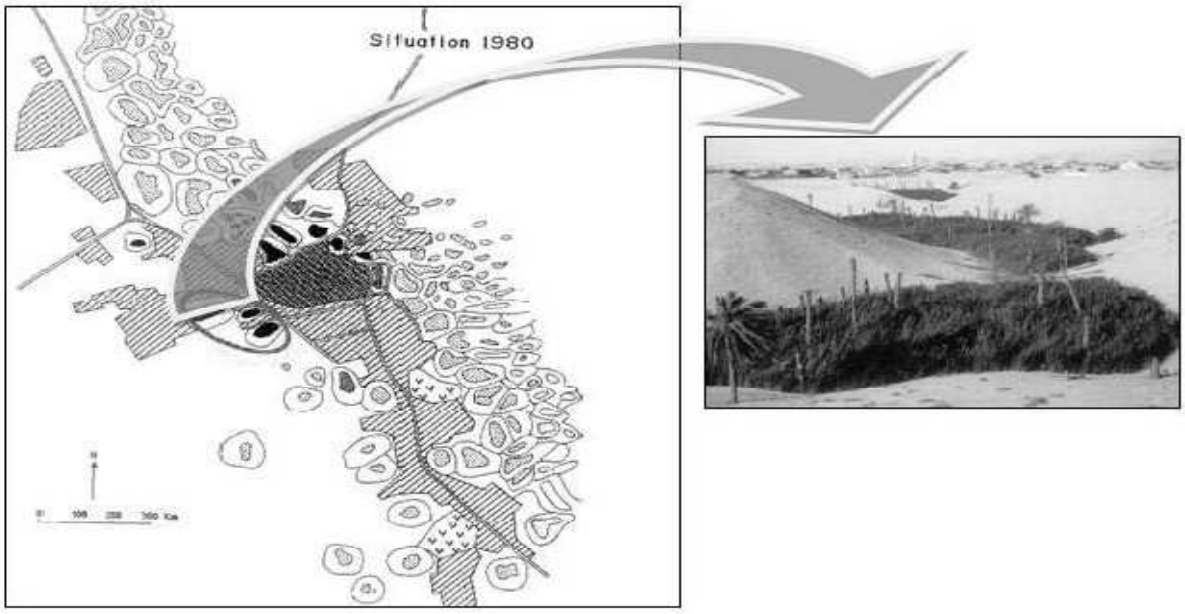


Figure 20: État des ghouts dans la région d'El Oued en 1980 **(Côte, 1998)**

L'**HPO (2004)**, indiquait que les premiers signes d'une remontée de la nappe phréatique sont visibles dans les ghouts car la profondeur de l'eau y est, en temps normal, de l'ordre de 1 à 2 mètres. Une remontée de 1,5 mètre aura comme conséquence l'apparition de traces d'humidité. **Côte (2001)**, a délimité les zones touchées par la remontée de la nappe phréatique par une carte d'état des ghouts **(figure 21)**. Il a observé l'apparition de roseaux puis d'eau stagnante. Il a été également observé 6 zones présentant des signes de remontée tels que ghouts humides, ghouts envahis de roseaux ou ghouts ennoyés. Ce sont, de la plus petite à la plus grande, les zones de :Mihouensa,OuedAlenda,Reguiba,Hassani Abdelkrim,Z'Goum,Ourmes,Douira,El Oued,Ogla à Guemmar. **Paepegaey et *al* (2011)** notaient que depuis le début des années 1970, le niveau de la nappe phréatique est progressivement remonté avec pour conséquence d'immerger certains ghouts.

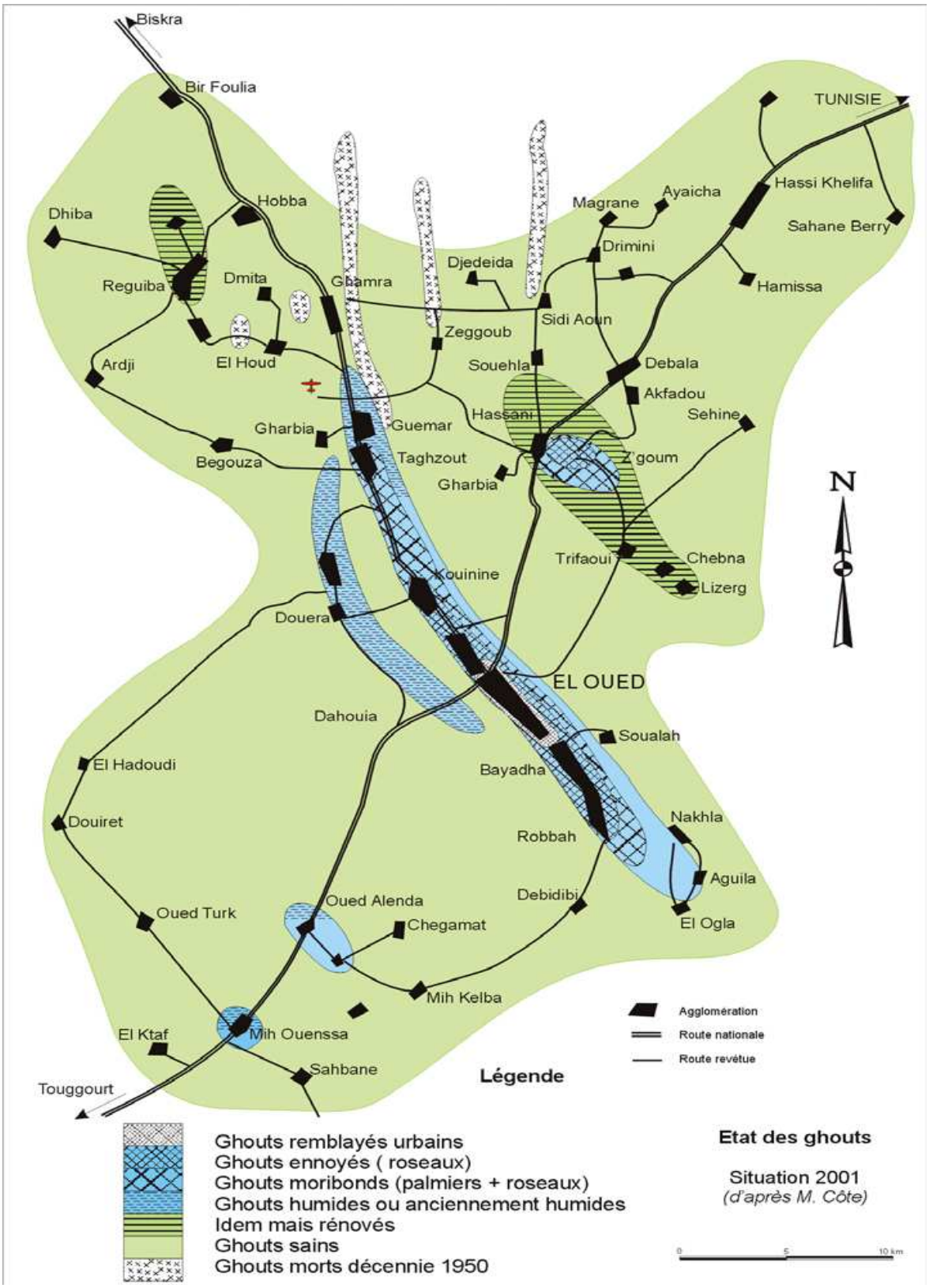


Figure 21: Etat des ghouts (**Côte, 2001**)

La **figure 22** montre l'état des ghouts dégradés en 1986 suite au phénomène de remontée de la nappe. Les dernières mesures piézométriques effectuées en avril 2002 dans la ville d'El Oued mettent en évidence une montée de la nappe phréatique qui peut dépasser 0,5m/an, dans les parties hautes de la ville. L'écoulement de la nappe se fait extrêmement mal à cause de la faible pente, et l'eau à tendance à rester sur place **(Messekher et Menani, 2010)**.

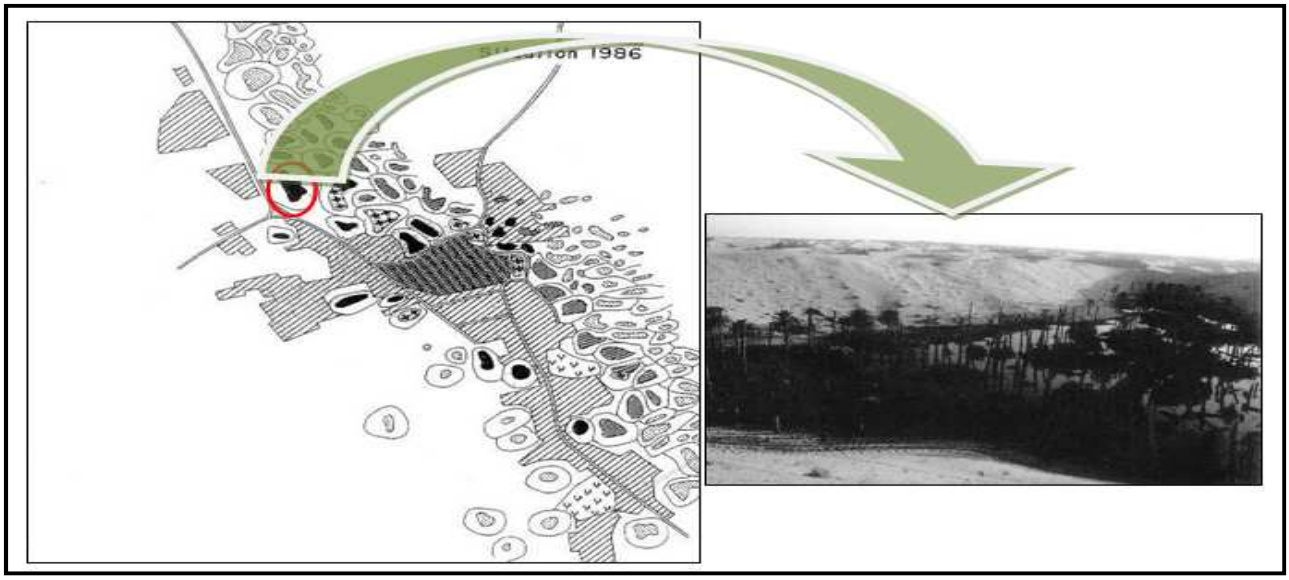


Figure 22: État des ghouts dans la région d'El Oued 1986 **(Côte, 1998)**

IV.2. Causes de la remonté de la nappe

Les causes de la remonté de la nappe d'El-Oued sont multiples, dont les principales sont l'accroissement de consommations en eau potable et des rejets d'eaux usées, le transfert des eaux des nappe profondes vers les nappes superficielles par les forages anciens et le manque d'exutoire naturel proche de la région (**Khadraoui ,2007).** Cette intense exploitation des eaux souterraines dans la région et l'absence d'exutoire ont provoqué l'élévation des eaux de la nappe phréatique suivie par une dégradation environnementale (**Meziani et *al*, 2012).**

IV.3. Conséquences de la remonté de la nappe phréatique sur l'environnement

IV.3.1. Impact sur les oasis et l'activité agricole

L'inondation des Ghouts par les eaux de la remontée souvent polluées, a causé l'asphyxie des palmiers, qui représentent le symbole et la richesse de la région. Ainsi, en une

décennie, on a assisté à la mort d'un paysage agraire qui avait été élaboré par des générations de Soufis, au prix d'un travail énorme, et qui faisait la beauté de cet espace saharien **(Côte, 2006).**

La **DSA (2005)**, a déclaré qu'environ **231540** pied sont été endommagés **(tableau 05)**. **Remini (2006),** a signalé que les Ghouts inondés en zones urbaines sont devenus de véritables lacs d'eaux usées où les roseaux ont pris la place des palmiers.

Dans le système actuel d'irrigation, les agriculteurs pompent dans la nappe la quantité d'eau qui leur semble nécessaire et les eaux excédentaires non utilisées par les cultures s'infiltrent sur place et rejoignent la nappe. Ces excédents ne sont pas complètement inutiles et permettent d'entraîner hors de la zone radiculaire les sels qui, autrement, s'accumuleraient peu à peu et interdiraient bientôt toute culture. Vu la grande évaporation des eaux stagnantes provoquées par la remontée des eaux, les terres agricoles sont devenues très salées, ce qui adiminué les surfaces cultivées et a contribué à la désertification **(Zine, 2009).**

Tableau 05 : Dégâts de la remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région d'El-Oued **(DSA, 2005)**

Commune	Nombre de palmiers totaux	Nombre de palmiers affectés
EL Oued	17975	16178
Guemar	72300	10400
Reguiba	11700	5000
Taghzout	43000	6000
Ourmes	28000	0000
Kouinine	20400	9604
Robbah	26500	28175
Nakhla	75000	22500
Beiadha	35000	35000
EL Ogla	20000	6000
Miha Ouenssa	60000	1037
Debila	59300	41510
Hassani Abdelkerim	51000	30600

Hassi Khalifa	65000	6500
Trifaoui	59750	4128
Magrane	55000	5500
Sidi Aoune	42600	3408
Total	**742525**	**231540**

IV.3.2. Impact sur le secteur sanitaire

L'évacuation des eaux d'assainissement est devenue quasiment impossible. On ne peut même pas réaliser de fosses septiques, puisque chaque fois qu'on creuse une fosse elle se remplie rapidement d'eau. Cette situation critique constitue une véritable menace pour la santé des populations par l'augmentation des maladies a transmission hydrique (**Tableau 06**),du dégagement de mauvaises odeurs, de prolifération de moustiques et d'insectes nuisibles et le danger de noyade d'enfants (mort de 30 enfants) dans ces Ghouts marécageux puisqu'on a recensé un nombre important de Ghouts dont la profondeur d'eau dépasse un mètre .

Tableau 06: Repartions des maladies à transmission hydrique par commune dans la wilaya d'El-Oued (période allant de 2007 à 2013) **(DSP,2014).**

année	2007				2008				2009				2010				2011				2012				2013			
commune	leishmaniose	typhoide	Dysenterie amibienne	Toxi-infection alimentaire	leishmaniose	typhoide	Dysenterie amibienne	Toxi-infection alimentaire	leishmaniose	typhoide	Dysenterie amibienne	Toxi-infection alimentaire	leishmaniose	typhoide	Dysenterie amibienne	Toxi-infection alimentaire	Leishmaniose	typhoide	Dysenterie amibienne	Toxi-infection alimentaire	leishmaniose	typhoide	Dysenterie amibienne	Toxi-infection alimentaire	leishmaniose	typhoide	Dysenterie amibienne	Toxi-infection alimentaire
El oued	93	18	0	0	142	15	0	6	64	0	0	1	179	2	0	0	191	0	0	10	95	1	0	5	84	1	0	7
Kouinine	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	3	0	0	0	7	0	0	0	5	1	0	0
Guemar	14	22	0	0	17	4	0	0	39	4	0	1	569	1	0	0	90	0	0	1	79	0	0	1	24	0	0	1
Teghzout	5	4	0	0	1	5	0	0	3	0	0	0	32	0	0	0	12	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	5
Ourmes	3	1	0	0	5	0	0	0	6	0	0	0	36	0	0	0	9	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0
Reguiba	2	61	0	0	4	46	0	0	20	15	0	2	183	0	0	0	22	0	0	1	13	0	0	2	1	0	0	17
Hamaraia	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	9	0	0	0	18	0	0	0	19	1	0	0	45	0	0	0
Debila	10	3	0	0	7	2	0	0	10	1	0	2	109	1	0	0	15	0	0	0	29	0	0	0	17	0	0	0
H / A Karim	8	1	0	0	1	0	0	0	8	0	0	0	86	0	0	0	12	0	0	0	9	0	0	0	14	0	0	0
Magrane	16	21	0	0	4	12	0	0	4	0	0	0	113	0	0	0	10	1	0	0	12	0	0	0	11	0	0	0
Sidi Aoun	3	0	0	0	3	3	0	0	2	1	0	0	50	1	0	0	2	1	0	0	9	0	0	0	9	0	0	0
H / Khalifa	11	16	0	0	14	0	0	0	7	0	0	0	244	0	0	0	19	0	0	0	21	0	0	0	16	0	0	0

Trifaoui	5	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	1
Taleb Larbi	4	0	0	0	10	0	0	0	22	0	0	0	125	0	0	0	11	0	0	0	12	0	0	0	1	0	0	0
Ben Guecha	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	0	6	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0
Dour E lmaa	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0		0	0	1	3	0	0	0
Bayada	26	3	0	0	15	0	0	0	5	0	0	0	61	0	0	0	23	0	0	0	15	0	0	0	5	0	0	0
Robbah	7	0	0	0	9	0	0	0	9	0	0	0	92	2	0	1	9	0	0	0	2	0	0	3	4	0	0	1
Nakhla	0	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	65	0	0	0	11	0	0	2	10	0	0	0	3	0	0	1
Elogla	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	31	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Mih Ouenssa	8	0	0	0	6	0	0	0	4	0	0	0	36	0	0	0	15	0	0	1	11	0	0	0	3	0	0	0
O / Alenda	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	7	0	0	0	14	0	0	0	4	0	0	0
El Meghaier	67	1	231	0	53	0	217	0	140	0	105	0	187	0	157	0	523	0	223	1	373	0	0	1	237	0	0	2
Still	2	0	1	0	1	0	0	0	8	0	0	0	15	0	0	0	7	0	3	0	3	0	0	0	13	0	0	0
Sidi khalil	1	0	0	0	1	0	3	0	9	0	0	0	9	0	0	0	29	0	2	0	18	0	0	0	11	0	0	0
Oum Thiour	5	1	3	0	3	0	5	0	11	0	6	0	27	0	1	0	57	0	16	0	49	0	0	0	15	0	0	0
Djemaa	124	0	0	0	150	0	0	0	208	0	0	1	240	0	0	1	667	0	0	1	578	0	0	0	406	0	0	0
Sidi Amrane	24	0	0	0	41	0	0	0	65	0	0	0	112	0	0	0	278	0	0	0	299	1	0	0	197	0	0	0
Mrara	5	0	0	0	2	0	0	0	10	0	0	0	12	0	0	0	125	0	0	0	66	0	0	0	41	0	0	0

Tendla	**3**	**0**	**0**	**0**	**23**	**0**	**0**	**0**	**14**	**0**	**0**	**0**	**20**	**0**	**0**	**0**	**107**	**0**	**0**	**0**	**93**	**0**	**1**	**0**	**56**	**0**	**0**	**0**
T / wilaya	**460**	**153**	**235**	**0**	**530**	**87**	**225**	**6**	**673**	**21**	**111**	**7**	**2731**	**8**	**158**	**2**	**2282**	**2**	**244**	**18**	**1854**	**3**	**1**	**15**	**1229**	**2**	**0**	**35**

IV.3.3. Impact sur l'environnement

Certains habitants profitent de l'état dégradé des Ghouts inondés, et ils les utilisent pour rejeter leurs déchets domestiques solides et liquides, parfois même des déchets industriels issus des industries de transformation (plastique, carrelage, menuiserie, etc.) Les cratères situés en zones urbaines, se sont transformés malheureusement en « Ghouts poubelles » **(photo 03)**, et ils sont devenus une véritable source de nocivité qui menace les citoyens et nuit à leur cadre de vie **(Khechana, 2007).**

Photo 03:Ghout poubelle dans la ville d'E-Oued

Conclusion

En conclusion, on peut dire que la région d'El-Oued souffre d'un grave problème de remonté de la nappe phréatique. Cette remonté est due essentiellement aux sollicitations de plus en plus importes des ressources hydriques souterraines (CT et CI) engendrant un excédent d'eau difficile à drainer devant l'absence d'exutoires naturels.

La gestion de ces excédents hydriques apparait comme une nécessité afin d'améliorer les conditions environnementales et sanitaires locales ; cette gestion fera l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE V

Gestion des excédents hydriques

V.1. Gestion des excédents hydriques avant la mise en place d'un système d'assainissement

Après la description du milieu physique et des ressources naturels et humaines de la cuvette de Oued souf, nous allons aborder dans ce chapitre les difficultés rencontrés au niveau de la gestion des excédents hydriques agricoles et urbains avant la mise en place du nouveau projet d'assainissement et de lutte contre la remontée de la nappe phréatique dans la ville. Nous essayerons, ensuite, de donner les caractéristiques quantitatives et qualitatives de ces excédents et les conséquences qu'ils ont engendrées sur le milieu naturel et la santé humaine.

Pendant de nombreux siècles, les eaux usées des habitations soufies étaient rejetées directement à l'extérieur de la maison sans aucun système d'assainissement. **Remini et Miloudi (2011),** ont montré qu'au cours des 50 dernières années, le Souf s'est fortement urbanisé ; de ce fait, il faut donc couvrir les besoins de la population en constante augmentation essentiellement en matière d'eau potable.

L'arrivée de la fosse perdue au XXe siècle a constitué un progrès important sur le plan sanitaire et environnemental dans la région du Souf. La complexité et toxicité des eaux, la fragilité des milieux naturels et la prise de conscience des enjeux environnementaux ont conduit au renforcement d'utilisation de ce système. Le système rural de fosses où de puits perdus a été conservé dans une ville où le nombre de fosses perdus dans la région peut atteindre les 36 265 fosses **(ONA, 2007)**. Parla suite, les forts débits introduits ont été à l'origine de forts volumes d'eaux usées qui ne retournent pas en profondeur; ils ne sont pas non plus évacués à l'extérieur du bassin hydraulique. Ils vont rejoindre la nappe phréatique, qu'ils gonflent d'autant. La plupart des constructions anciennes ont une fosse perdue dont l'efficacité peut s'avérer dans certain cas insuffisante au regard des obligations hygiéniques et environnementales.

Suite à l'irrationnel consommation des eaux (250 l/ha/j), le phénomène de remontée des eaux à la surface du sol sera aggravé **(ONA, 2013)**. Des habitations se sont détériorés, des fissures préjudiciables se sont apparues dans plusieurs maisons, notamment au niveau du quartier Sidi Mastour situé à la périphérie Nord de la ville **(Remini, 2005)**. L'accroissement des cas de noyade des enfants dans des ghouts non contrôlés ; toutes ces causes ont poussé à l'exode plusieurs familles vers d'autres lieux.

V.1.1. Gestion des eaux résiduaires urbaines

V.1.1.1. Collecte des eaux résiduaires urbaines

Autrefois, dans la vallée du Souf, l'activité industrielle était très réduite, si bien que les effluents sont essentiellement domestiques. L'assainissement des eaux résiduaires dans la vallée était caractérisé par la prépondérance d'un assainissement autonome pour toutes les agglomérations de la vallée du Souf. Ce système assainissement individuel se compose généralement d'une fosse aménagée ou d'un puits perdu aménagé au sein de l'habitation, dans les jardins ou les cours intérieures. Cette forme d'assainissement individuel a largement contribué à l'alimentation de la nappe phréatique et à la contamination des eaux souterraines après quelques années d'utilisation devant des fosses de plus en plus saturées par les matières organiques et les matières de colmatage **(Miloudi, 2008)**.

La pratique de la fosse est privilégiée pour les 18 communes du Souf qui totalisent 36 265 fosses **(tableau 07).**

Tableau 07 : Répartition des fosses perdues par commune **(BG, 2002).**

Commune	**Nombre de fosses perdues**
Bayadha	3051
Ogla	470
El Oued	1165
Debila	2011
Guemar	2612
Hassi Abdelkrim	1784
Hassi Khalifa	2195
Kouinine	1016
Magrane	1941
Mihouansa	613
Nakhla	1155
Oued Allenda	513
Ourmes	404
Reguiba	2455
Robbah	2006

Sidi Aoun	845
Taghzout	849
Trifaoui	680
Total	**36 265**

De très lourds travaux d'assainissement collectifs ont été ensuite engagés à El Oued depuis 1981 avec une faible efficacité **(DRE, 2007)**. Le taux officiel de raccordement de la population au réseau d'assainissement d'El Oued était de l'ordre de 18%. Les seules agglomérations pour lesquelles il existe un réseau d'assainissement des eaux usées sont Guemmar et El Oued :

- Pour Guemmar, le réseau qui concerne les quartiers nord de la ville, a une longueur de 6 km environ. ; en absence de station de pompage à l'aval, ce réseau n'a pas été mis en service.
- Pour El Oued, l'ossature du réseau (diamètres de 200 à 600 mm) a une longueur de 23 km environ.

Pour les deux agglomérations, le système est composé d'une station de pompage avec sa conduite de refoulement et 8 stations de relevage. Deux sont restées en panne depuis plusieurs années. Le mauvais état de son fonctionnement, et son manque d'efficacité, ont fini par inciter à conserver les systèmes d'assainissement individuels et ne pas faire confiance au réseau collectif d'assainissement **(Miloudi, 2008)**.

V.1.1.2. Traitement des eaux résiduaires urbaines

La ville d'El-Oued ne disposait pas d'une station d'épuration, les eaux résiduaires urbaines ne faisaient que transiter par une station de pompage et elles en sortaient avec la même charge polluante.

V.1.1.3. Évacuation des eaux résiduaires urbaines

Les eaux provenant du réseau d'assainissement étaient rassemblées au niveau de la station de pompage, d'où elles étaient refoulées vers la zone de chott a une distance de 4 Km au Nord de la ville pour être déversées dans des espaces inter dunaires en bordure de la route vers Hassani Abdelkrim **(DRE, 2007)**. Le déversement des eaux résiduaires urbaines directement, sans traitement, dans le milieu naturel, provoquait des nuisances olfactives et présentait des risques sanitaires au niveau des agglomérations proches du lien de rejet**.**

V.1.1.4. Caractéristiques quantitatives des eaux résiduaires urbaines

La nappe phréatique est alimentée quotidiennement par un volume de 10770 m^3/j soit un rejet d'eaux usées dans le milieu récepteur de l'ordre de 393150 m^3 /an (**Zine, 2009).**

D'apprêt **ENHPO (2002),** le volume réel collecté par le réseau d'assainissement existant serait de 2026 m^3/j. En tenant compte du taux de raccordement, le volume d'eaux usées produit par habitant et par jour serait de 180 litres avec un taux de restitution à l'égout de 75 %, **(BG, 2003)**. Or, la dotation en eau par habitant est de 355 litre/jour/habitant, d'où une perte de 175 litre/jour/habitant ce qui confirme le mauvais état de fonctionnement du réseau.

V.1.1.5. Caractéristiques qualitatives des eaux résiduaires urbaines

Bonnard et Gardel (2003), ont effectué des études sur les caractéristiques physicochimiques des eaux usées prélevées de la station de pompage ST10.Les valeurs obtenues de DCO (594mg/l) sont très élevées et supérieures aux normes algériennes de rejet (120 mg/l) montrant les fortes concentrations en matières organiques biodégradables. Ils ont affirmé que les résultats obtenus de DBO_5 (353mg/l) sont aussi supérieurs aux normes algériennes de rejet (40 mg/l). La charge de pollution journalière exprimée en DBO_5 et générée par un habitant serait de 63,54 g/l, ce qui équivaut à une charge totale de 7 172 kg. La teneur en MES (334mg/l) s'explique par le sable qui arrive à pénétrer dans le réseau d'assainissement et qui se trouve piégé au niveau des regards. Les NTK sont de l'ordre de 20 mg/l, le phosphore totale Pt est de l'ordre de 18 mg/l. Les eaux usées possèdent par ailleurs une salinité importante et une teneur en sulfate élevée. La température des eaux est relativement élevée.

Des analyses bactériologiques ont été réalisées par l'**ONA** sur des puits situés dans les agglomérations confirmait qu'il ya des contaminations signalées au niveau des puits. Cependant, les résultats des mêmes analyses effectuées par **ENHPO (2001**) au niveau du centre -ville, confirmaient la présence de coliformes fécaux et totaux de l'ordre de 10 germes /100 ml et des streptocoques fécaux (15 germes/100 ml). Donc ce réseau d'assainissement a largement contribué à la pollution des eaux souterraine. Tous ces résultats expliquaient l'absence totale de traitement des eaux avant leur rejet dans le milieu récepteur.

V.1.2. Gestion des eaux excédentaires agricoles

V.1.2.1. Réseau de drainage

Au début des années 90, des travaux de réalisation du réseau de drainage horizontal ont démarrés. Ce système est devenu opérationnel en 2001 ; seule la commune d'El Oued possède ce réseau avec une longueur de 4050 m. Il est destiné essentiellement pour les zones touchées par l'inondation (cité Choot, El-coutar, Nazla et Sidi mestour) situés au Nord de la ville **(Miloudi, 2008)**.

La mise en place du réseau de drainage avait pour but de sauver la ville du danger de remontée de la nappe phréatique. Les mesures piézométriques effectuées en avril 2002 dans la ville d'El Oued ont mis en évidence une montée de la nappe phréatique qui a dépassé 0,5 m en un an (entre avril 2001 et avril 2002) dans les parties hautes de la ville **(BG, 2002)**.

V.1.2.2. Collecte des eaux de drainage

La collecte de ces eaux excédentaires est gravitaire et aboutit à une station de pompage située dans la même enceinte que la station de relèvement (ST10) pour les eaux usées urbaines(**figure 23).**

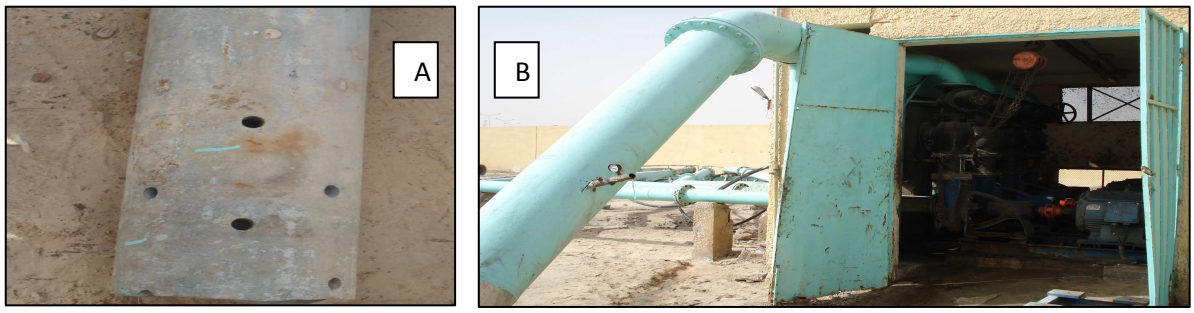


Figure 23: (A): Conduite d'amiante ciment utilisée dans le réseau drainage, (**B**): Station de pompage des eaux de drainage **(ONA, 2009)**

Comme le montre la **figure 24,** les collecteurs sont des conduites d'amante ciment de diamètres DN 200 perforées de trous de diamètre 2 cm, la distance entre deux trous, distribuée sur un angle 120° orienté vers le haut. Les côtés et le dessous de conduite sont dépourvus de trous. Ces drains ont été posés à l'intérieur d'un enrobage de graviers, mais sans géotextile, ce qui explique qu'ils s'ensablaient de manière chronique et qu'ils requéraient un curage périodique ce qui engendrait des usures rapides des roues des pompes de la station ST10 **(Miloudi, 2008).**

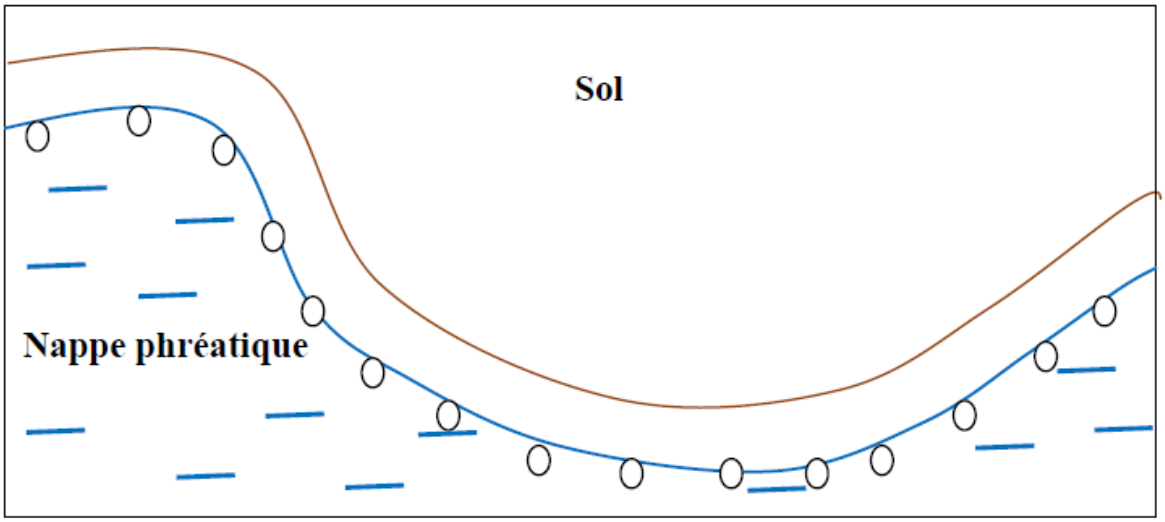


Figure 24: Profil schématique de drainage horizontal

V.1.2.3. Évacuation des eaux de drainage

Avant la mise en œuvre des actuels travaux d'aménagement, les eaux étaient évacuées a la périphérie de la ville via une canalisation de 400 m parallèle à celle des eaux usées urbaines **BG (2002). Ces** eaux étaient acheminées au Nord-Est de la ville d'El-Oued et déversées sans traitement dans des dépressions que nous appellerons zone de rejet, formant une lagune (**figure 25)**, celle-ci constitue avec la décharge un point noir de pollution. Cette zone qui couvre une superficie de 3,7 ha en 2001 **(Bonnard & Gardel, 2001)** et qui s'étend progressivement dans les dépressions, est constituée d'une série de " mares " colonisée d'environ 85% par des roseaux. Donc on peut dire que la nappe phréatique était le seul exutoire dans la région du Souf.

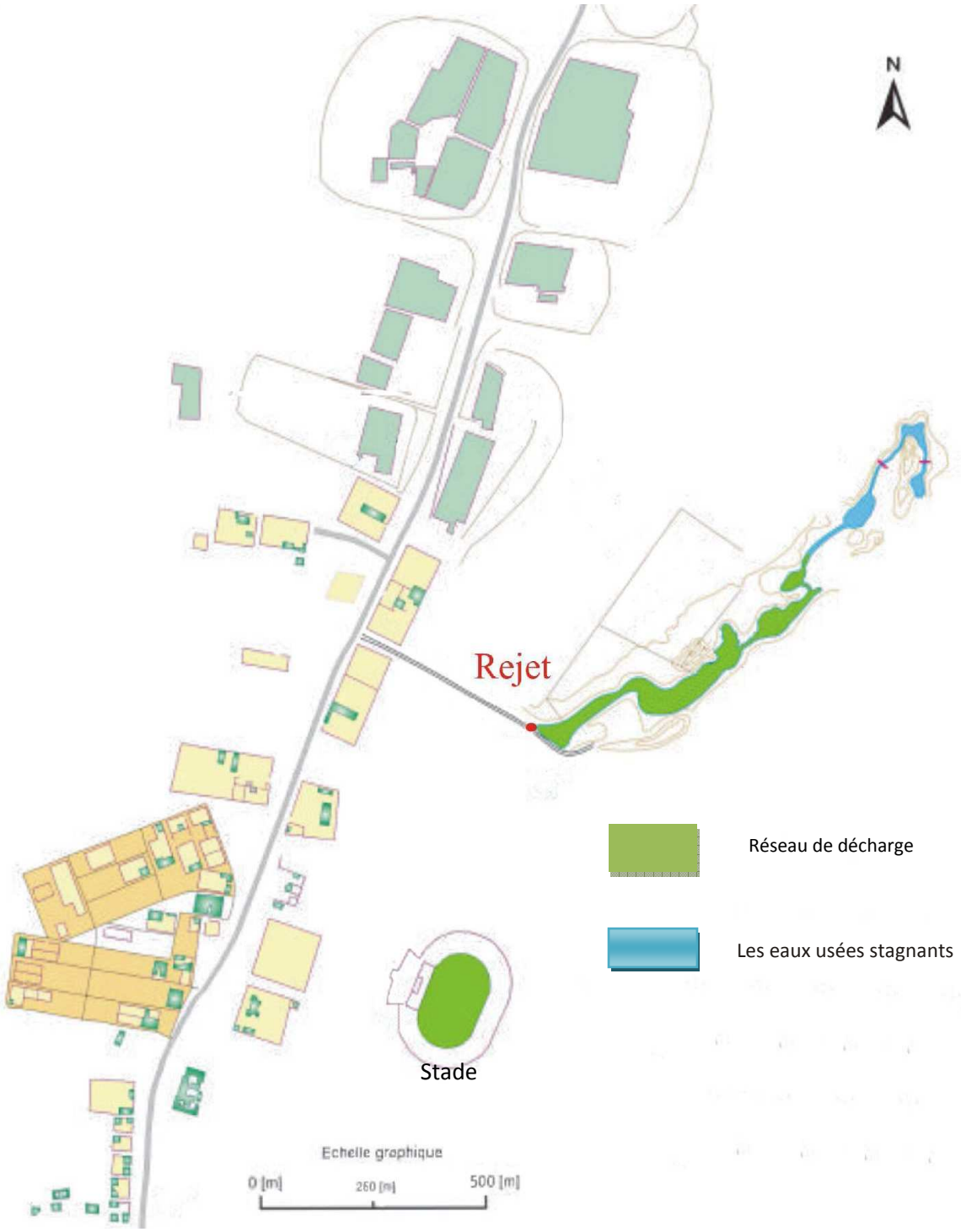


Figure 25: Zone de rejet actuel d'El-Oued **(BG, 2001**)

V.1.2.4. Caractérisation quantitative des eaux de drainage

En 2001, les exploitations agricoles irriguaient depuis la nappe phréatique ; Ils remontaient environ 10 000 à 15 000 m^3 d'eau/ha/an **(BG, 2007)**. La quantité des eaux drainées qui arrivait à l'ST10 était d'environ 5482m^3/j d'où une valeur moyenne annuelle de 2000930 m^3 **(Zine, 2009)**.

V.1.2.5. Caractéristiques qualitatives des eaux de drainage

Les analyses physico-chimiques réalisées par **BG (2002),** ont montré que les anions se classent dans l'ordre suivant SO^{2-}_4> Cl^->HCO_3^-. Le faciès chimique prédominant est sulfaté – magnésique.

Les analyses effectuées par **khechana (2007)**, ont donné une concentration des sels de Ca^{++} et Mg^{++} trop élevée dépassant 133.75 F. la conductivité électrique mesurée sur place à El-Oued avait donné des résultats qui oscillent entre 2700 et 17000 µs/cm, donc cette eau est impropre pour l'irrigation. Le SAR inférieur à 20, présente un risque d'alcanisation du sol. La température de l'eau est voisine de 20°C avec un pH est généralement compris entre 7 et 7.7.

Dans le même cadre, **ENHPO (2001**), a enregistré une température moyenne de 24°C, et un pH de 7.6. Les MES étaient en de très faible quantité (4.87 mg/l), la DCO était de 30 mg/l, la DBO_5 de 17 mg/l, Le Pt de 0.34 mg/l, et le NTK avait une valeur de 0.6 mg/l. Sur le plan bactériologique, les analyses étaient négatifs pour les vibrio choloriques, les salmonelles et les colibacilles. Le nombre des germes des coliformes et des streptocoques fécaux était respectivement de 7 et 12 germes/100 ml.

Une campagne de prélèvement d'échantillons d'eau pour analyse bactériologique a été réalisée par **BG** en **2001** au niveau de 34 puits de la nappe phréatique de 18 agglomérations de la zone d'étude. Les résultats indiquaient 13 bactériologiquement propres (04 à El Oued) et 21 présentaient des signes de contamination.

V.2. Gestion des excédents hydriques après la mise en place d'un système d'assainissement

Un grand projet d'assainissement et de lutte contre la remontée des eaux de la nappe phréatique a été lancé au mois d'Octobre 2005 par les pouvoirs publics, après une étude qui

a été réalisée par deux entreprises : le groupement algéro-chinois, Sinohydro-Cosider TP qui s'occuperait du réseau de drainage et d'assainissement ainsi que du collecteur principal, et **GCB** (génie civil, bâtiment, filiale de Sonatrach) qui a réalisé la station d'épuration. Le suivi des travaux est assuré par un bureau d'étude algéro-suisse **BG** (Bonard et Gardel).Au cours de la réalisation de ce projet, le rôle de maître d'ouvrage a été confié à l'**ONA**.

La réalisation de ce grand projet a pour but de :

- Rabattre ou stabiliser le niveau de la nappe ;
- Réutilisation agricole des eaux drainées ;
- Augmentation du pouvoir épurateur du sol ;
- Maintient écologique et sanitaire du site de rejet.

Selon **BG(2010)**, le projet comprend la réalisation des ouvrages suivants:

A- Les réseaux d'assainissement des eaux usées des localités d'El-Oued, Kouinine, Bayadha, Robbah, Guémar, Taghzout, Hassani Abdelkrim, Débila, Magrane, Hassi Khalifa, Sidi Aoun et Réguiba. Ils sont constitués des ouvrages suivants:

- Les collecteurs et les conduites de refoulement des eaux usées,
- Les stations d'épuration des eaux usées (STEP).

B- Les 4 STEP sont de type lagunage aéré, destinées à épurer les eaux usées des localités suivantes:

- El-Oued, Kouinine, Bayadha, Robbah (STEP1)
- Guémar, Taghzout, Débila, Hassani Abdelkrim(STEP2)
- Magrane, Hassi Khalifa,Sidi Aoun (STEP3)
- Réguiba (STEP4);

C- Le réseau de drainage vertical d'El-oued comprenant 58 forages (en définitif 51 forages de réalisés), les conduites de refoulement et la reconstruction de la ST 10 (station de refoulement de ces eaux de drainage.

D- Le réseau de transfert des eaux traitées et des eaux de drainage comportant:

- 4 stations de pompage à l'aval direct des STEP,
- Les conduites de refoulement des eaux traitées,
- L'émissaire principal constitué d'une conduite de transfert en charge acheminant les eaux traitées et les eaux de drainage jusqu'à un point de rejet localisé à environ 45 km au Nord d'El-Oued,
- 4 stations de pompage situées le long de la conduite de transfert. Celles-ci sont remplacées par 9 cheminées d'équilibre ou de mise en charge (écoulement en charge de type gravitaire).

V.2.1. Gestion des eaux résiduaires urbaines

V.2.1.1. Collecte des eaux résiduaires urbaines

L'objectif fixé, dans le cadre de la gestion actuelle des eaux urbaines, est que des communes d'El Oued, Robbah, Bayadha et Kouinine, Guemmar, Taghzout, Debila, Hassani Abdelkrim, Magrane, Hassi Khalifa, Sidi Aoun et Reguiba soient raccordées à 100% au réseau en 2015, et que les autres communes non touchés par le phénomène de remontée subissent a un assainissement autonome.

V.2.1.1.1. Assainissement collectif:

Le réseau d'assainissement collectif **(figure 26)** adopté pour les zones d'habitat dense consiste à collecter et transférer les eaux usées afin de les traiter en un seul point. Les réseaux de collecte prévus (y compris le réseau de desserte et refoulement) possèdent une longueur de 613 km avec environ 50 stations de pompage **(Miloudi, 2008).** Le taux de raccordement au réseau d'assainissement arrive actuellement à 80 % l'**ONA (2014)**.

Les travaux d'aménagement effectués sur le réseau urbain ont concerné:

- 750 Km de collecteurs gravitaires dont 260 Km réhabilités, 40 Km remplacés et 450 Km nouveaux;
- 09 stations de pompage vers les stations d'épuration
- 55 stations de relevage
- 04 stations de pompage des eaux épurées vers le collecteur de transfert.

V.2.1.1.2. Assainissement autonome

La fosse septique constitue un système autonome au niveau de chaque habitation et convient essentiellement dans les zones où la densité de l'habitat est réduite et le niveau de nappe est loin de la surface du sol. Les communes où les effluents urbains sont collectés dans des fosses septiques au lieu des fosses perdus sont au nombre de 05 **(tableau 08).**

Tableau 08 : Nombre de fosses septiques par commune dans la willaya d'El-Oued**(ONA, 2011)**

Communes	**Assainissement autonome**
Mih Ouenssa	336
Oued Alandah	93
Terifaoui	36
Oermes	72
Reguiba	05
Total	542

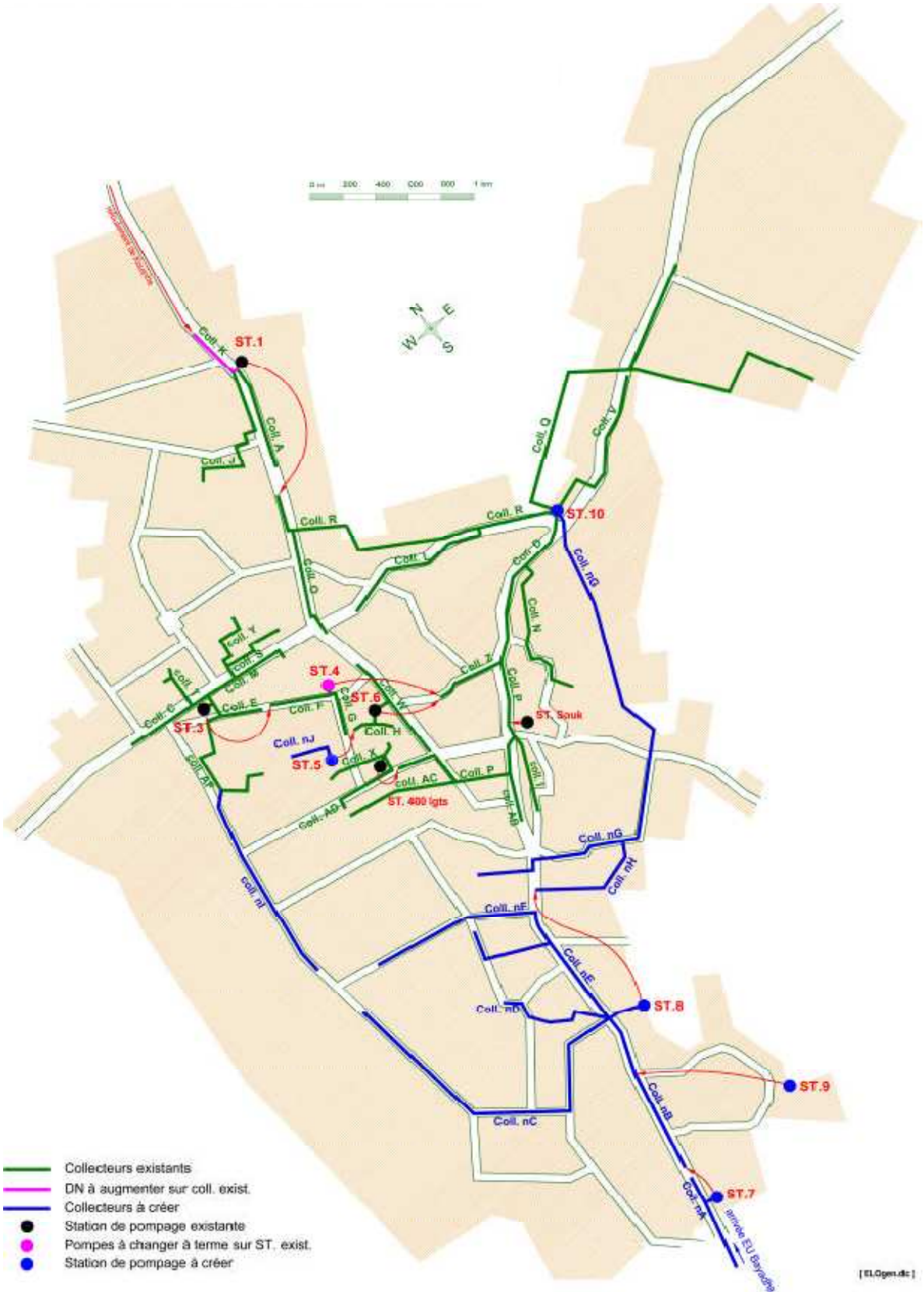


Figure 26: Réseau d'assainissement collectif dans la ville d'El-Oued **(BG, 2004)**

V.2.1.2. Traitement des eaux résiduaires urbaines

La fosse septique présente le système autonome adopté pour quelques communes d'E-Oued. Le traitement met en jeu deux processus : un phénomène physique de décantation qui permet de retenir les matières en suspension et un phénomène biologique de fermentation des boues décantées selon des processus anaérobies qui conduisent à une diminution de la masse des boues et de la matière organique contenues dans les eaux usées. Un dépôt résiduel s'accumule au fond de la fosse qui rend nécessaire sa vidange périodique.

Concernant l'ensemble des agglomérations assainies par un système collectif, le traitement choisi est le lagunage aéré parce qu'il est le plus adapté aux objectifs attendus dans le contexte de ce projet **Khechana et El-fadel (2012)**. Tout d'abord, ce choix nous semble approprié au traitement des effluents urbains de la ville d'El-Oued, du fait que cette dernière dispose de suffisamment d'espace que demande l'installation de ce type de traitement. **Johanet (2005),** indique que le lagunage aéré présente l'avantage d'être tolérant vis-à-vis des variations des charges hydrauliques et organiques importantes. De plus, comme l'a noté **Miloudi (2008)**, le lagunage est une technique très simple bien adaptée aux conditions climatiques sahariennes et pouvant atteindre un rendement épuratoire et une décontamination microbienne satisfaisants.

Avant d'aborder la description de la station d'épuration par lagunage aéré, mise récemment en service à El-Oued, nous allons tout d'abord donner un bref aperçu sur la technique de lagunage.

V.2.1.2.1. Principe de lagunage aéré

Le lagunage aéré est un procédé de traitement biologique principalement aérobie, à cultures libres (**Rassam et *al*, 2012**). Les lagunes d'aération sont équipées d'un système d'aération artificiel qui assure l'oxygénation des eaux usées : il s'agit d'aérateurs flottants à vis hélicoïdale **(figure 27, Photo 08)** permettant une amélioration des performances sur les paramètres de pollution organique (**ENTECH, 2008**). Selon **Himmi et *al* (2005),** l'aération dans le système de lagunage aéré permet d'apporter l'oxygène nécessaire à l'épuration, homogénéiser le mélange et éviter les dépôts **(Berland et *al*, 2001)**.

Le principe du lagunage repose essentiellement sur la dégradation de la matière organique contenue dans les eaux usées par une chaîne alimentaire de micro-organismes

colonisant successivement les différents bassins et se livrant à des phénomènes de compétition et de prédation. Les espèces varient en quantité et en nature selon les caractéristiques du milieu : nature des effluents à traiter, charge organique, conditions climatiques, profondeur d'eau **(Diette et Vimont, 2007)**. Le principe du lagunage pour le traitement des eaux usées est essentiellement fondé sur l'action conjuguée des algues et des bactéries **(Canovas et *al*, 1991)**.

V.2.1.2.2 Mécanismes du lagunage aéré

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 **Berland et *al* (2001)**. Ces micro-organismes sont essentiellement des bactéries et des champignons. Dans l'étage de décantation, les matières en suspensions (amas de micro-organismes et de particules piégées) s'agglomèrent lentement sous forme de boues ; ces dernières doivent être régulièrement extraites (**AERM, 2007**).

Selon **Racault (1997),** Le fonctionnement du lagunage est fortement lié à la température et aux saisons. Ce caractère spécifique rend l'évaluation des performances de ce procédé sensiblement différente de celui des procédés conventionnels.

V.2.1.2.3. Avantages et performances du lagunage aéré

Le lagunage aéré est reconnu comme un procédé d'épuration efficace, notamment au niveau des charges oxydables (90%). Au niveau de l'azote ammoniacal et des ortho-phosphates, les performances sont plus limitées, de l'ordre de 45 %. Les performances sont fonction de la température (activité des micro-organismes), de la charge appliquée et donc de la dilution des eaux entrantes (**AERM, 2007**). Selon **Diette et Vimont (2007)**, le lagunage à haut rendement nécessite une action associée des bactéries et des cultures intensives d'algues. Le lagunage produit une quantité de boues stabilisées **(Mansous, 2010)**.D'après **Ecosite (2009)**, la nécessité de curage des boues, qui sont facilement valorisables, est peu fréquente (environ une fois tous les 10 ans).

Les coûts d'investissement dépendent du prix du terrain et de la nature du sol. Cependant, le lagunage reste une technique épuratoire efficace (Azote, Phosphate, DBO5, DCO, germes pathogènes) bon marché, ne nécessitant pas des constructions dure et coûteuses

où les coûts d'exploitations sont faibles et s'intégrant parfaitement au paysage **(Berland et *al*, 2001)**.

V.2.1.2.4.Inconvénients du lagunage aéré

Selon **UNESCO (2008),** ce procédé de traitement présente les principaux inconvénients suivants :

- Une emprise au sol importante ;
- Des contraintes de nature et de sol et d'étanchéité ;
- Une variation saisonnière de la qualité de l'eau traitée ;
- Une élimination de l'azote et de phosphore incomplète ;
- Des difficultés d'extraction des boues ;
- L'impossibilité d'effectuer des réglages en exploitation.

Par ailleurs le mauvais fonctionnement et l'entretien d'un bassin de lagunage peut produire des odeurs et entrainer le rejet d'un effluent mal épuré qui pourra avoir un effet nocif sur la vie aquatique dans les cours d'eau récepteur.

V.2.1.3. Localisation des stations d'épurations d'El-Oued

Quatre stations d'épuration par lagunage aéré (STEP01, STEP02, STEP 03, STEP 04) ont été réalisées par la société allemande Dywidag pour le compte de l'**ONA.** Ces stations ont été raccordées à un réseau (**tableau 09)**.

Tableau 09 : Infrastructure d'assainissement par centre d'agglomération de la région d'El-Oued (**ONA, 2011)**.

Commune	**Longueur de réseau(Km)**	**Localisation et date mis en service**
El-Oued	75	STEP 1-Kouinine (2009)
Robbah	49.822	
Bayadha	76.824	
Kouinine	25.784	
Hassani Abdelkrim	47,188	STEP 2- Hassani Abdelkrim (2013)

Debila	41,865	
Taghzout	30,75	
Guemar	69,747	
Hassi khalifa	42.482	STEP3- Sidi-Aoun (2013)
Magran	73.98	
Sidi-Aoun	25,559	
Taleb Larbi	16,75	
Reguiba	61.5	STEP 4- Reguiba (2014)

V.2.1.4. Objectifs de traitement des STEP

BG (2004), a fixé les principaux objectifs de traitement qui sont : l'élimination des nuisances et des risques actuels de contamination au niveau des zones urbanisées, préserver la qualité des eaux de la nappe phréatique et supprimer les risques de remontée des eaux en diminuant leur niveau, protéger le milieu récepteur, réutiliser et valoriser les eaux traitées en irrigation.

V.2.1.5. Schéma et données nominales de la station de Kouinine STEP1

Cette station de lagunage aéré est conçue pour traiter les effluents urbains de l'agglomération d'El-Oued jusqu'à l'horizon 2030. La station est constituée des éléments suivants : le relevage et prétraitement des effluents bruts (poste de relevage, dégrillage et dessablage); le premier étage de lagunage aéré; le deuxième étage de lagunage aéré; les lagunes de finition et le traitement des boues par lits de séchage (**figure 27**).

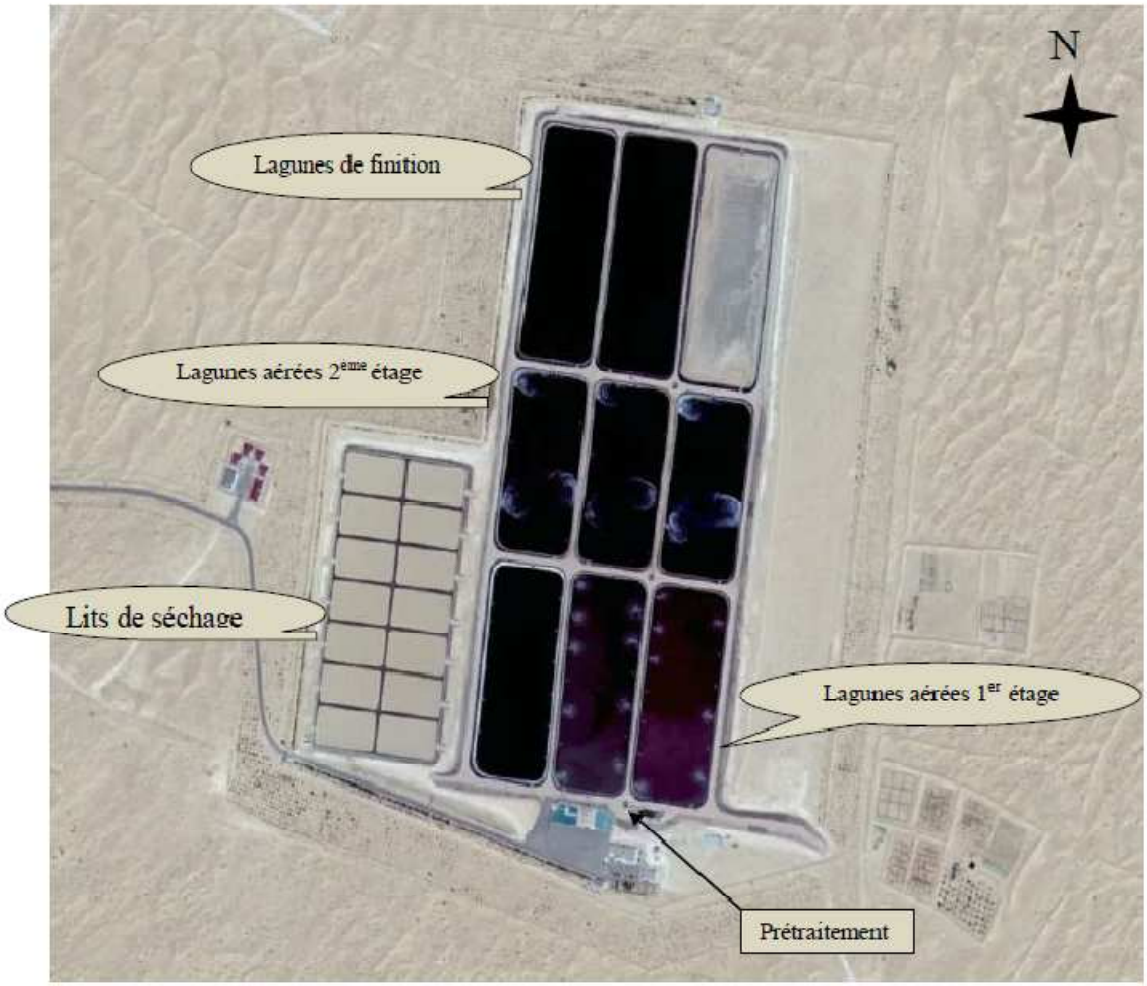


Figure 27: Schéma de la station d'épuration de la ville d'El-Oued **(2014).**

L'horizon du projet est l'année 2030, mais pour étaler les investissements et répondre aux besoins d'assainissement de la ville de d'El-Oued, une échéance intermédiaire a été définie pour 2015 afin d'assurer une période de fonctionnement suffisante pour la première tranche. Ainsi, deux tranches de travaux ont été définies: l'une correspondant à un dimensionnement pour la période 2005 – 2015 **(tableau 10, Photos 4 à 10),** l'autre correspond à un dimensionnement pour la période 2015 – 2030 **(BG, 2003)**.

Tableau 10 : caractéristiques de la station d'épuration STEP1 de la ville d'El Oued **(ONA, 2009).**

STEP1-El Oued			
	Donnés de STEP	**Unité**	
	Surface totale de STEP	(hectares)	47
Premier étage	Nombre de lagunes d'aération	/	3
	Volume total	(m3)	199413
	Volume par unité de lagune	(m3)	00 852
	Surface totale	(hectares)	6,42
	Surface par unité de bassin	(hectares)	2,14
	Profondeur de bassin	(m)	4,7
	Temps de séjour	(jour)	6
	Nombre d'aérateurs dans chaque lagune	/	13
Deuxième étage	Nombre des lagunes d'aération	/	3
	Volume total	(m3)	133107
	Volume par unité de bassin	(m3)	44369
	Surface totale	(hectares)	5,9
	Surface par unité de bassin	(hectares)	1,8
	Profondeur des bassins	(m)	2,7
	Temps de séjour	(jour)	4
	Nombre des aérateurs dans chaquelagune	/	6
Troisième étage	Nombre de lagunes d'aération	/	3
	Volume total	(m3)	99810
	Volume par unité de bassin	(m3)	33270
	Surface totale	(hectares)	2,3
Lits de séchage des boues	Nombre de lits de séchage	/	14
	Surface des lits	(hectares)	4,86
	volume total de remplissage des lits	(m3)	16,184
	volume de remplissage per unité de lit	(m3)	1,156
	Temps de séjour	(jour)	18

Photo 04: Compartiment de prétraitement**Photo 05:** Répartiteur de prétraitement

Photo 06: Dégrilleur **Photo 07 :** Dessableur

Photo 08: Lagune aérée **Photo 09:** Lagune de finition

Photo 10: Lits de séchage des boues

V.2.2. Gestion des eaux excédentaires agricoles

V.2.2.1. Collecte des eaux excédentaires agricoles

Un système complémentaire de drainage a été considéré comme une solution appliquée dans ce nouveau projet d'assainissement contre la remonté de la nappe phréatique. Il consiste à évacuer les eaux excédentaires agricoles par un réseau qui a connu beaucoup de travaux d'extension, de création et d'entretien dans le but d'équilibrer le bilan d'eau au niveau de la ville d'El-Oued ,stabiliser et assurer une profondeur minimum de la nappe phréatique de 1,5 m dans les quartiers inondés, inverser le phénomène de remontée dans le reste de la ville et éviter que de nouvelles zones ne soient pas inondées **(BG, 2004)**. Actuellement le réseau de drainage est géré par l'Office National d'Assainissement d'El-Oued.

L'ancien réseau de drainage horizontal a été agrandi et renouvelé en 2001 par l'APC, compte tenu des problèmes de bouchage rencontrés au niveau des collecteurs. Ce système d'assainissement est actuellement entièrement arrêté.

Un système de drainage vertical a été ainsi adopté et mis en service en 2011(**figure 28)**, il est composé d'un réseau de 58 puits forés (dont 51 sont fonctionnels), connectés à 37 km de conduites (**tableau 11) (ONA, 2011)**.

Tableau 11 : Localisation et altitude des ouvrages de captage des eaux à drainées **(ONA, 2006).**

Numéros des forages	Localisation du forage	Altitude	Collecteur
D.01	château d'eau chott	**74,2**	C1
D.02	Ecole Hazla Tahar	**73,87**	C1
D.03	CM Tksept Nord	**74,8**	C4-2
D.04	Complexe sportif Tiksept	**75,75**	C4-2
D.05	Parc Wilaya	**76,15**	C1
D.06	ST1 Tiksept	**76,02**	C4-2
D.07	Lycée Tiksept	**76,91**	C4-2
D.09	Ecole nouvelle Tiksept ouest	**79,15**	C4-2
D.10	Château d'eau El Gara	**76,6**	C4-2
D.11	Ecole El gara est	**73,05**	C4-2
D.12	Forage CT Tiksept ouest	**78,3**	C4-2

D.15	Ecole pratique Ali Ayadi	**79,01**	C4-2
D.16	CM Bahi Ali tiksept Ouest	**80,42**	C4-2
D.17	Mosquée El Kautar	**70,34**	C3
D.19	Ecole Djebeli Djbeli	**76,25**	C4
D.20	Hôtel Louss	**69,57**	C4-1
D.21	Nazla Mehria	**72,64**	C2
D.22	Espace vert Cité Nour	**81,15**	C4-1
D.23	Annexe centre uni El Oued	**80,87**	C4-1
D.24	Théâtre Aire Libre	**73,4**	C3
D.25	DTP	**79,07**	C4
D.26	Siège Wilaya	**83,03**	C4-1
D.27	Direction éducation (service p)	**80,15**	C4-1
D.28	CM Ahmed Tidjani 17 Octobre	**78,99**	C4-1
D.29	Souk	**73,36**	C2
D.30	APC El Oued	**80,31**	C3-2
D.31	Lycée Abdelaziz cherif	**81,21**	C4-1
D.32	Château d'eau Sidi Mestour	**70,34**	C2
D.33	Cité Ouled Ahmed	**80,06**	C3-1A
D.34	ADE centre ville	**80,81**	C3-2
D.35	ST3	**78,9**	C4-1
D.36	ST 400 logements	**79,66**	C3-2
D.37	CFPA 3	**80,31**	C3-2
D.38	CM Bachir Djab Alah	**71,6**	C2
D.41	Ecole Ouinissi El Hachemi	**78,61**	C2
D.42	Château d'eau 300 logements	**88,78**	C3-2
D.44	Terrain de Sport	**87,26**	C3-2
D.45	Ecole Meiaci Abdelouaheb	**79,11**	C2
D.46	Ecole 300 logements	**87,2**	C3-2
D.47	Annexe centre uni El Oued Sahane	**84,1**	C3-2
D.48	Ecole Essaghaire Mouldi 1	**80,43**	C3-2
D.49	Conservation des Forets	**89,46**	C3-2
D.50	Cimetière Sahane 1	**78,61**	C3-1A
D.51	Ecole Maragni Kalifa Sahane 1	**79,33**	C3-1A
D.52	DHW	**92,13**	C3-2

D.53	Ecole Kina El Aich	**80,32**	C3-1B
D.54	Mosquée Sahane 2	**78,55**	C3-1B
D.55	Résidence Universitaire	**77,12**	C3-1B
D.56	Ecole Touati Ahmed Moustapha 1	**79,45**	C3-1B
D.57	Ecole Mirhouet Ali Ouled Touat	**78,65**	C3-1B
D.58	Ecole Bekakra Ben Ali	**75,93**	C3-1B

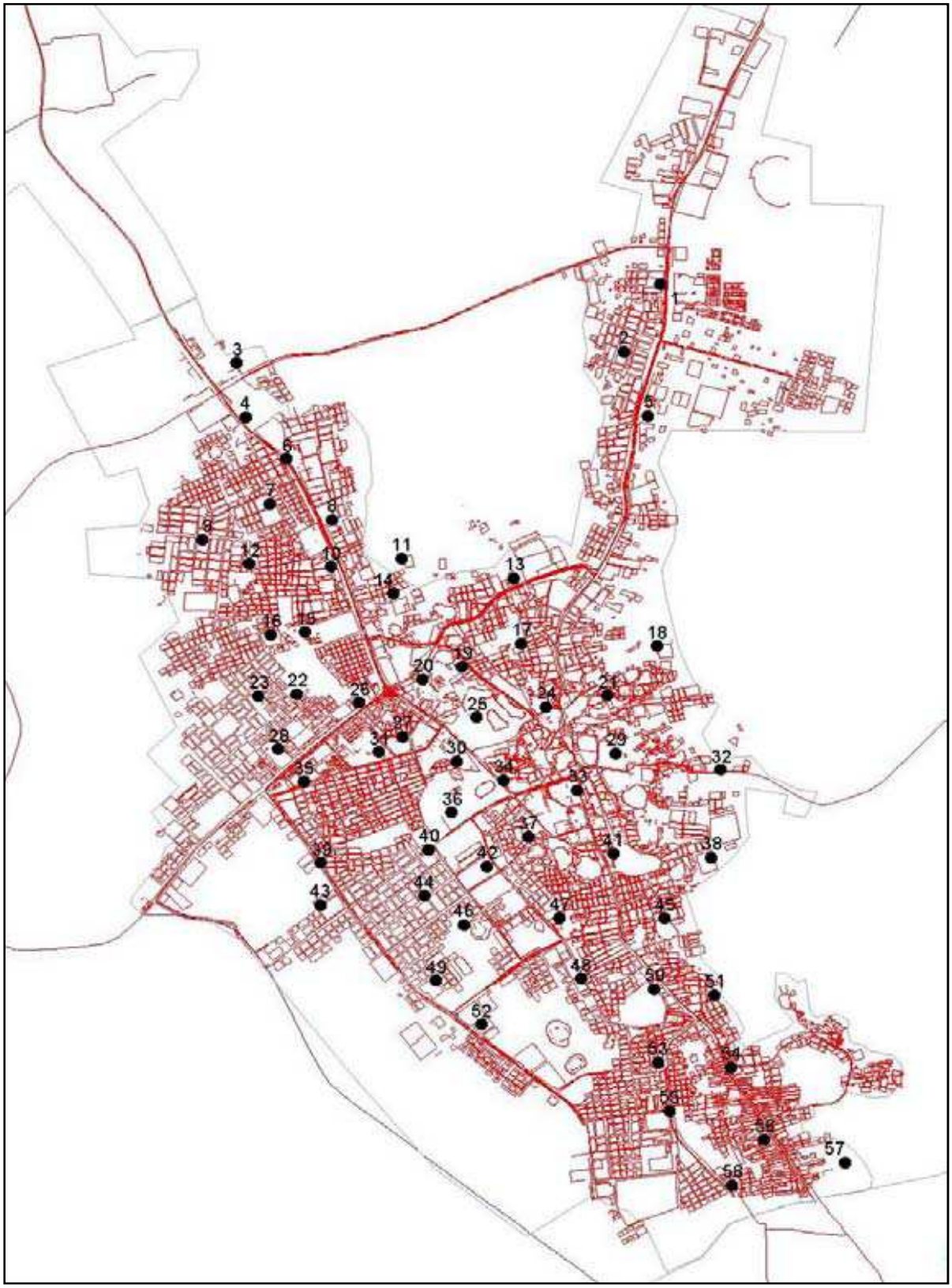


Figure 28: Localisation des 58 forages de drainage à El Oued **(BG, 2004)**

D'après **Miloudi (2008)**, le solde des eaux est collecté au niveau de la station de pompage ST 10 par des conduites (**Photo 11 à 13)** puis refoulé sur environ 4200 m jusque dans le collecteur des eaux usées traitées (CET) (**figure 29)**.

Photo 11: Puisard de collecte

Photo 12: Conduites d'aspiration

Photo 13: Conduites d'eau de drainage vertical

V.2.2.2. Évacuation des excédents hydriques urbains et agricoles

Dans le cadre des nouveaux aménagements mis en place pour gérer les excédents hydriques, l'évacuation de ces derniers a été accomplie par un émissaire principal constitué d'une conduite de transfert en charge acheminant les eaux urbains traitées et les eaux de drainage jusqu'à un point de rejet localisé à environ 45 km au Nord de la ville d'El Oued. Lecanal Sud-Nord constituant le moyen de transfert gravitaire des eaux usées épurées par les stations de lagunage aéré et les eaux de drainage **(Photo 14 à 17)**. Cet exutoire final réalisé dans le cadre du projet dans le chott Halloufa est positionné sur le niveau -22m en dessous du niveau de la mer (**ENHPO, 2004).**

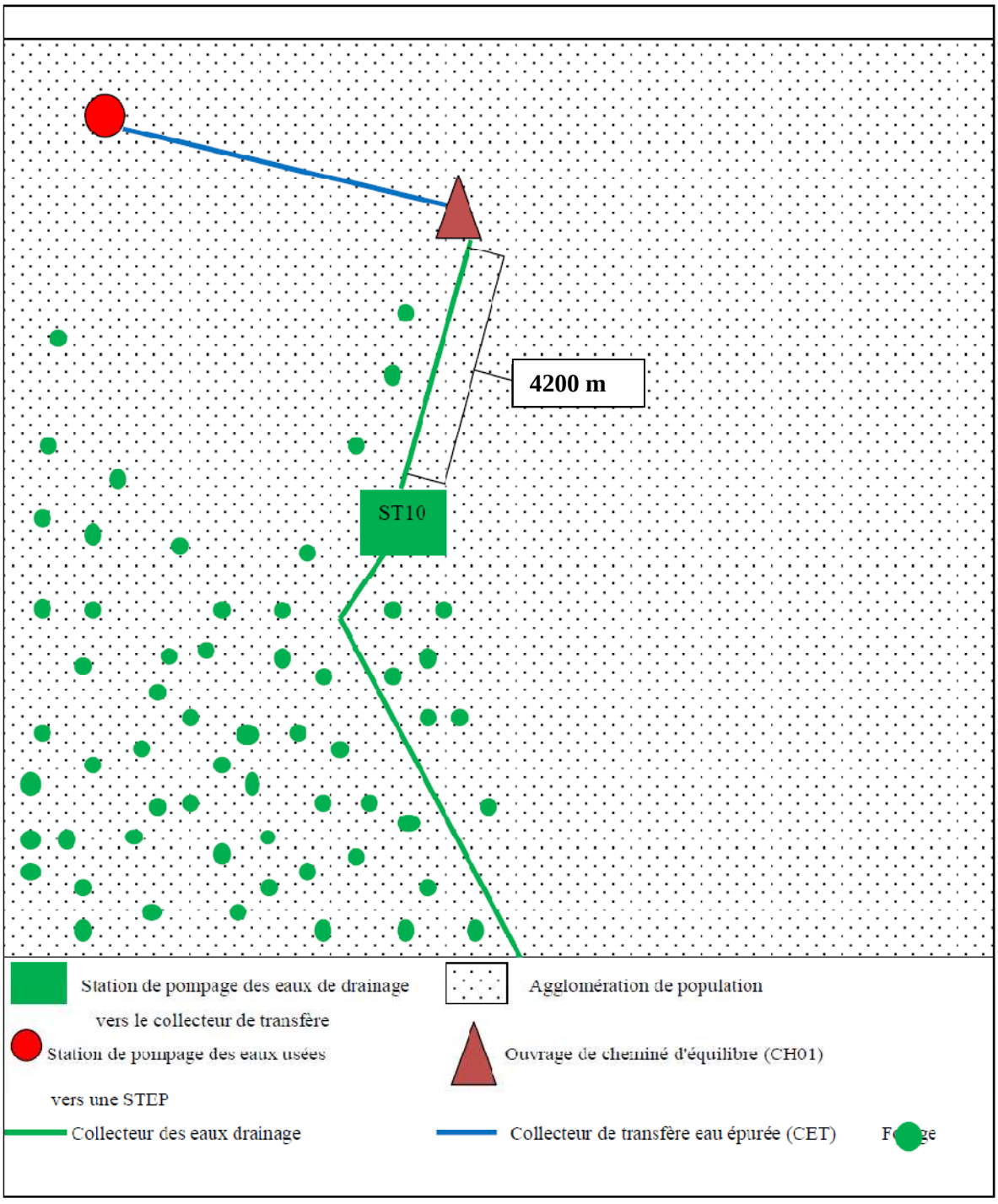


Figure 29: Schéma de système de drainage vertical de la ville d'El Oued **(Serreye, 2013)**

Il y a lieu de noter que ce site est classé zone humide "RAMSAR" d'importance internationale : chott Halloufa abrite une multitude d'espèces faunistiques et floristiques **(Photos 18 et 19)** et il constitue aussi un milieu naturel dans lequel les eaux de rejet déjà épurées et diluées dans les eaux de drainage, subissent un traitement tertiaire complémentaire naturel par le mode de filtration aux moyens de la prolifération des roseaux (Phragmite communis). A 12 km au nord du lieu de rejet, alimenté par les eaux de rejet en suivant le sens d'écoulement des eaux, s'est formé un grand lac au milieu des dunes dont les eaux sont très claires et limpides **(ONA, 2012)**.

Photo 14: Cheminées d'équilibre (MC3) dans la commune d'El-Oued

Photo 15: Cheminées d'équilibre(CH03)près de l'exutoire final

Photo 16: Rejet final dans chott Halloufa

Photo 17: Arrivée des eaux usées traitées et des eaux de drainage (mélange) à chott Halloufa

Photo 18: Différents espèces d'oiseaux dans chott Halloufa

Photo 19: Poissons et insectes dans chott Halloufa

La **figure 31** présente le Schéma général d'assainissement actuel d'El-Oued.

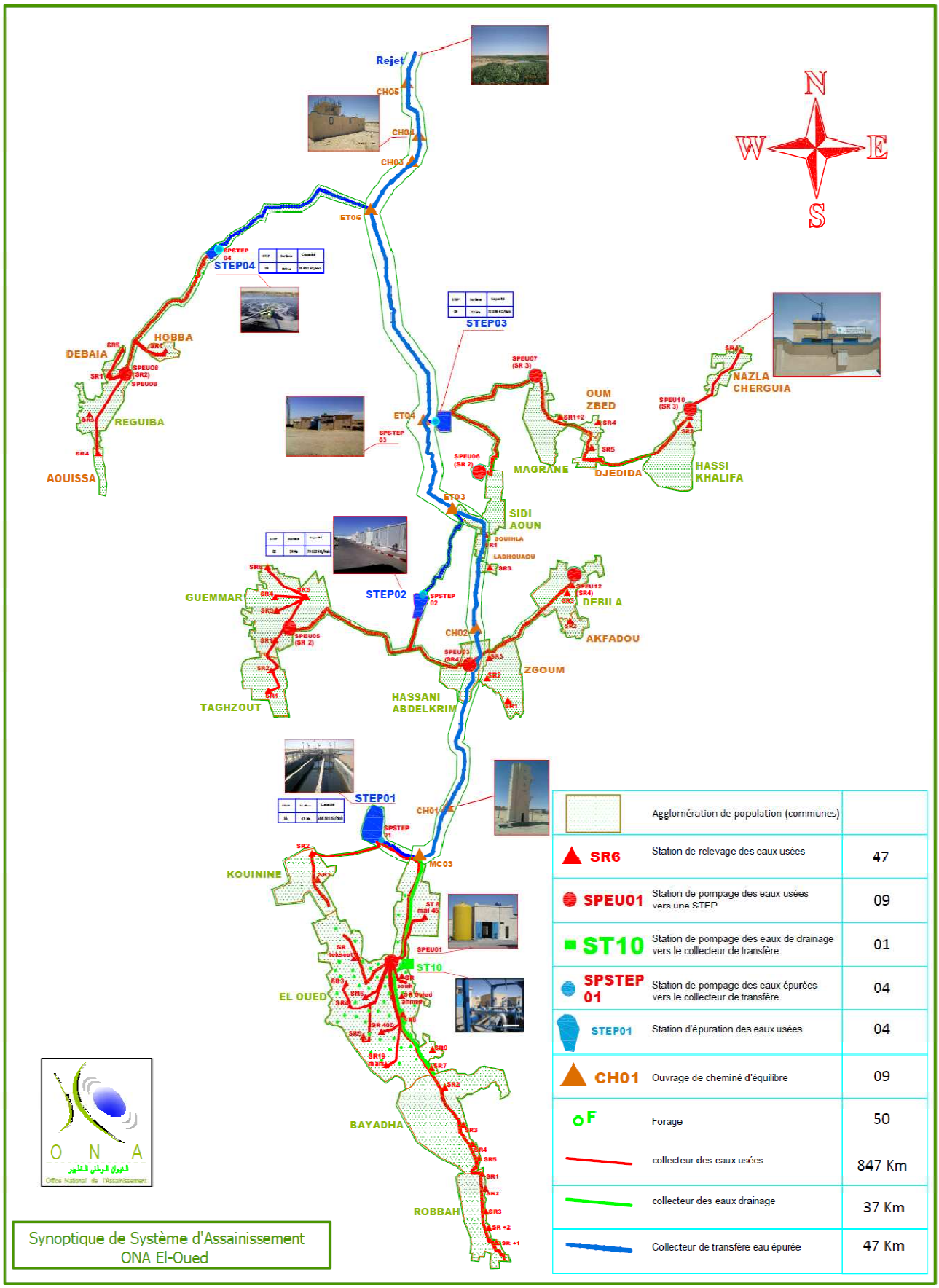


Figure 31: Schéma général d'assainissement actuel **(BG, 2004)**

V.2.2.3. Réutilisation agricole des eaux usées traitées

Le prélèvement des eaux pour l'irrigation sera possible grâce à l'existence d'ouvrages de piquage **(Photo 20)** le long de la canalisation d'évacuation des eaux usées épurées ; l'utilisation pour l'irrigation doit cependant se faire avec précaution. Les rejets destinés à la valorisation agricole doivent être conformes aux normes algériennes **(Arrêté du 02/01/2012)**et, à défaut, aux normes internationales recommandées. Actuellement, une partie des eaux usées épurées est réutilisée au sein de la station d'épuration de Kouinine pour l'irrigation d'arbres forestiers et d'oliviers **(Photos 21 et 22).**

Photo 20: Ouvrage de piquage

Photo 21: réutilisation des eaux usées dans l'irrigation des arbres forestiers

Photo 22: Irrigation d'oliviers parles eaux usées traitées

Conclusion

A travers l'étude quantitative et qualitative des excédents hydriques de la ville d'El-Oued, nous avons constaté que la mauvaise gestion au cours de la dernière décennie constitue la principale cause de la remontée des eaux dans la région. Le niveau piézométrique de la nappe phréatique s'est élevé progressivement. Le rejet des eaux usées sans traitement dans les

agglomérations a engendré des situations catastrophiques sur le plan environnemental et sanitaire.

Pour résoudre tous ces problèmes, l'État a mis en place un grand projet d'assainissement en 2005 contre la remonté de la nappe phréatique suivant un système approprié composé de 3 compartiments : réseau de drainage, stations épuration des eaux usées, site de rejet final pour l'évacuation des excédents hydriques vers un exutoire naturel de façon à ce que ces eaux ne retournant jamais vers la région d'El-Oued où elles pourraient engendrer un déséquilibre écologique.

Deuxième partie

Matériels et méthodes

I. Matériel d'étude

I.1. Choix de la zone d'étude

Notre étude expérimentale a été réalisée dans la ville d'El-Oued où s'apparait clairement le phénomène de la remontée des eaux de nappe phréatiques. Notre recherche dans cette région est menée dans deux stations d'étude ; la première au niveau de la station d'épuration qui vise à étudier l'aspect qualitatif de système d'assainissement. La seconde station d'étude est dans station de pompage des eaux de drainage a fin d'étudier l'aspect quantitatif de ce système en place, les et le rejet pour évaluer les impacts environnementaux.

I.2. Stations d'étude

I.2.1.station d'épuration des eaux usées urbaines (STEP1)

Nous nous focaliserons sur la STEP1 qui sert à traiter les eaux usées des communes d'El-Oued, Robbah, Bayadha et Kouinine. Elle est située au Nord – Est de la commune de Kouinine au centre de la RN48 **(figure 32)**. Elle a été mise en service en 2009.

Figure 32: Localisation de la nouvelle station d'épuration **(2014)**

I.2.2. Station de refoulement des eaux de drainage (ST10)

Deuxième site est la station de refoulement des eaux de drainage agricole ST10 situé au centre de la ville d'El-Oued **(figure 33)**.

Figure 33: Localisation de la Station de refoulement des eaux de drainage **(2014)**

I.2.3. rejet final (chott Halloufa)

Ce point de rejet est localisé non loin du chott Mérouane et à proximité du grand chott Melghir **(figure 34).**

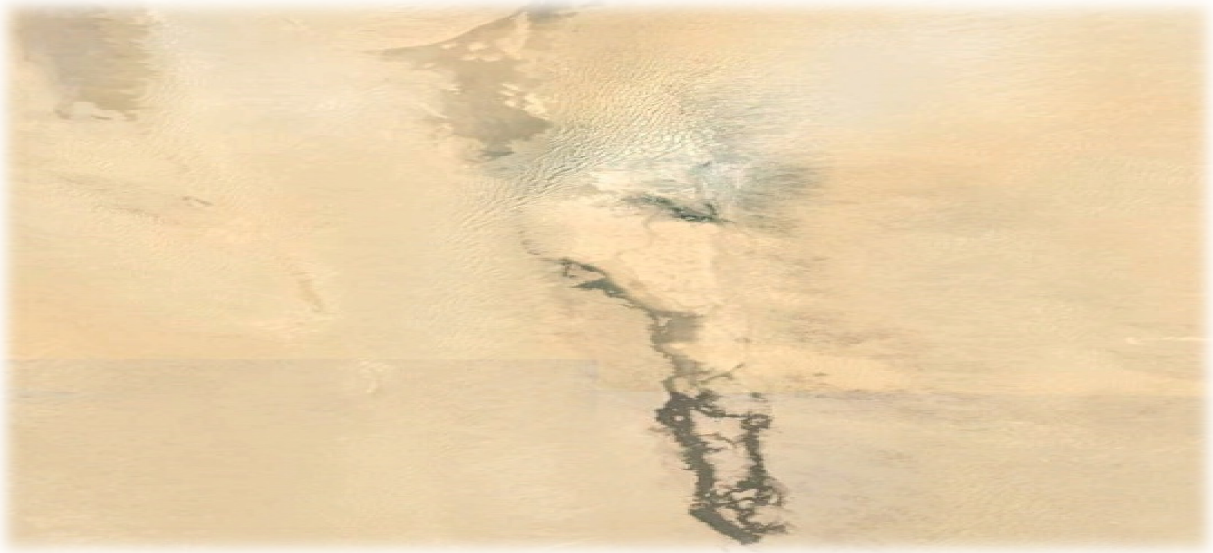


Figure 34: Situation géographique du lieu de rejet final **(2014)**

II. Méthodologie d'étude

Notre approche méthodologique consiste à évaluer l'efficacité du système actuel de gestion des excédents hydriques mis en place afin de lutter contre le problème de la remonté de la nappe superficielle et ses conséquences sur l'agglomération de la ville d'El-Oued, nous avons réalisé dans ce chapitre une étude sur chaque composante de ce nouvel aménagement comme une étape importante qui permettra la compréhension du fonctionnement de chacune d'elle. Ce chapitre exposera donc :

- la caractérisation qualitative et quantitative des eaux résiduaires urbaines afin d'estimer les quantités d'eaux excédentaires à évacuer en dehors de la ville, ainsi que les potentialités de valorisation des effluents traités par la STEP1, celle de Kouinine, en fonction des contraintes du milieu récepteur (normes nationales et internationales);
- la caractérisation qualitative et quantitative des eaux de drainage, ce qui permettra de déterminer leur qualité et le volume excédentaire a évacué.
- Et, enfin, la détermination du niveau général de la nappe phréatique afin de pouvoir le comparer aux niveaux précédents observés avant la mise en place des nouveaux aménagements.

II.1. Eaux usées urbaines

II.1.1. Caractérisation qualitative

Dans le but de mesurer les performances épuratoires de la STEP 1 d'El-Oued qui pourront déterminer la qualité des eaux urbaines rejetées à chott Haloufa et dans l'objectif d'illustrer le rôle qu'elle assure dans la protection du milieu naturel, un suivi des caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques, parasitologiques et phyplanctoniques des eaux usées brutes et des eaux traitées a été effectué pondant l'année 2013. A ces objectifs qui viennent d'être cités, une évaluation préliminaire de l'efficacité du lagunage dans le milieu saharien constitue une autre finalité à y ajouter. Ceci passera par une comparaison des résultats obtenus dans la station d'épuration de la ville d'El-Oued aux normes algériennes et internationales.

II.1.1.1. Prise et transport d'échantillons

Selon le type et l'objectif des analyses, des prises d'échantillons sont effectuées à plusieurs points à l'entrée et à la sortie de la station.

Pour la réalisation des analyses des paramètres organiques, bactériologiques et parasitologiques, l'échantillonnage a été effectué à l'aide d'un préleveur qui assure pour une période de 24 heures un mélange représentatif de la journée pour l'entrée (eau brute) et la sortie (eau épurée) de la station. En ce qui concerne les analyses physiques et l'analyse d'O_2, le prélèvement des échantillons s'est fait manuellement à l'aide d'une perche spéciale. Dans le but d'identification des phytoplanctons, nous avons réalisé l'échantillonnage à l'aide d'un filet à plancton de 20 µm de vide de maille muni d'un collecteur; l'opération consiste à prendre 1,5 litre d'eau de surface.

Les prélèvements sont effectués dans des flacons bien propres en polyéthylène ou en verre borosilicate stérilisés, étiquetés sur lesquels on a mentionné le lieu, la date et l'heure du prélèvement de l'eau. Après l'étiquetage des prélèvements, ils sont transportés au laboratoire dans une glacière à une température comprise entre 4°C et 6°C dans les 24 heures afin d'assurer une conservation satisfaisante **(Rodier et *al*, 2009).**

Malgré le problème d'insuffisance des réactifs, on a essayé de réaliser toutes les analyses physico-chimiques au niveau du laboratoire de la STEP1 d'El Oued. La fréquence d'échantillonnage a été de trois fois par semaine du mois de janvier jusqu'au mois de décembre 2013 pour les paramètres suivants: **pH** (potentiel hydrogène),**T**(Température),**O_2** (oxygène dissous), **DCO** (demande chimique en oxygène), **DBO_5** (demande biochimique en oxygène), Azote(**$N\text{-}NH_4^+$,$N\text{-}NO_2^-$,$N\text{-}NO_3^-$,Nt**), phosphate(**$P\text{-}PO_4^{-3}$,Pt**),**CE**(Conductivité électrique),**MES** (Matières En Suspension). En ce qui concerne les métaux**,** nous avons effectué les analyses suivantes: **Pb, Cd, Cr, Cu, CN, Ni,** une fois chaque mois (Janvier, Juin, Septembre et Novembre).

Aussi, le manque de réactifs et l'absence de matériel qui convient aux analyses bactériologiques au niveau le laboratoire de la STEP1 d'El Oued, nous a imposé de réaliser ce type d'analyses au niveau du laboratoire de l'hygiène de la wilaya de Batna (DAAS) et le laboratoire de l'ADE d'El Oued dont les dates ont été le 22/05/2013,le24/06/2013,le10/07/2013,le 25/08/2013,le 01/10/2013,21/11/2013. A ce sujet,

nous avons effectué la recherche et le dénombrement des germes suivants: **les coliformes fécaux, les streptocoquesfécaux, les clostridiums sulfitoréducteurs, les salmonelles, les staphylocoques et les Vibriocholoriques**.

Pour les analyses parasitologiques, 12 échantillons de 04 litres ont été prélevés entre 17h et 19 h du soir dans des récipients en verre stérilisé à l'entrée et à la sortie de l'émissaire urbain. Chaque échantillon est fixé par ajout de formol (10 %) (2 ml/l) et transporté au laboratoire de parasitologie du CHU de Batna afin de dénombrer les **œufs d'helminthes** ; les dates retenues pour ces analyses ont été le 23/05/2013, le 25/08/2013 et le 31/10/2013. Les analyses microscopiques ont été effectuées sur 50 répétition dont 20 présentaient œufs d'helminthes.

Concernant le **phytoplancton**, nous avons pris et identifié les échantillons des lagunes de finition pendant 3 saisons : le printemps (25/05/2013), l'été (23/06/2013) et l'automne (01/10/2013).

II.1.1.2. Analyses physico-chimiques

A. Analyses physiques

a. **Température (°C):** la valeur est lue directement sur l'écran du pH-mètre **pH 510** qui permet, en même temps, la mesure de la température de l'eau (multi-paramètres).

b**. Matières en suspension (MES) (mg/l):** les MES sont mesurées suivant la méthode de filtration à l'aide d'une rompe de filtration sur des échantillons d'eau de 70 ml pour les eaux usées brutes et 250 ml pour les eaux usées traitées.Selon **Rodier et *al* (2009)**, il s'agit de filtrer l'eau et de déterminer le poids des matières retenues par pesée différentielle.

B. Analyses chimiques

a. pH: le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H+] présents dans l'eau. La valeur du pH est lue directement sur l'écran de l'appareil de pH mètre **pH 510 Tetracon®**après l'immersion d'une électrode spécifique de pH dans l'échantillon.

b. CE(µS/cm) :la conductivité électrique d'une eau augmente avec la teneur en sels électrolysables dissous, la valeur de la CE est lue directement sur l'écran du **conductimètre Terminal 740**.

c. Oxygène dissous (O_2) (mg/l) : Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux **(WTW, 2006)** ; la teneur de l'eau en O_2 mesurée par l'Oxy-mètre **Oxi 730.**

d. Mesure des demandes en Oxygène:

- **Demande biologique en oxygène(DBO_5) (mg/l):**nous l'avons estimée à l'aide de la méthode d'autocontrôle **DBO OxiTop®** selon **(WTW, 2006)**, tout en maintenant la température des échantillons à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours.
- **Demande chimique en oxygène(DCO)(mg/l):**Pour la détermination de la DCO, nous avons utilisé la technique des tests en tube **LANGE LCK 314** (25 à 1500 mg/l pour les eaux usées brutes et 15 à 150 mg/l pour les eaux usées traitées), consistant à l'insertion de ces tubes munies de réactifs et de 2 ml d'échantillon pour les eaux brutes et 3 ml d'échantillon pour les eaux traitées dans le spectrophotomètre **DR 4000(WTW, 2006)**.

e. Azote total (NT), Nitrites (NO_2^-), Ammonium (NH_4^+)et Nitrates (NO_3^-)(mg/l): ils sont mesurésselon la méthode de **test en tubes N5/25** (**WTW**) et à l'aide d'un Spectrophotomètre **DR 4000** nécessitant des réactifs propres à chacun d'entre eux.

f. Orthophosphates (PO_4^{-3}) (mg/l): ils sont mesurésà l'aide d'un Spectrophotomètre **DR 4000** avec les réactifs spécifiques au **PO_4^{-3}**.

g. Phosphore total (PT) (mg/l): D'après aussi la méthode de **test en tube P7/25** analogue a ISO N° 6878, on a utilisé le Spectrophotomètre **DR 4000** et le thermoréacteur préchauffé pour cette analyse.

C. Métaux

On a utilisé la méthode de **test en tube** pour toutes les analyses de métaux lourds des eaux usées de la STEP1.

a. **Plombe (Pb) (mg/l):** dans une solution alcaline, les ions plomb forment avec le (pyridyl-2-azo)-4-résorcinol un complexe rouge que nous avons dosé par photométrie.
b. **Cadmium (Cd) (mg/l):** dans une solution alcaline, les ions cadmium forment avec un dérivé du cadion un complexe rouge qui est dosé par photométrie.
c. **Chrome (Cr) (mg/l):** dans une solution faiblement phosphorique, les ions chrome réagissent avec le diphénylcarbazide pour donner le chrome et le diphénylcarbazone qui forment un complexe rouge violet qui est dosé par photométrie.
d. **Cuivre (Cu) (mg/l):** le Cu avec le cuprizon en milieu ammoniacal, les ions Cu forment un complexe bleu que nous avons le dosé par la photométrie.
e. **Cyanure (CN)(mg/l):** l'argent de chlorocynure qui réagit avec l'acide dimthyl -1-3-barbiturique en donnant un colorant violet, nous permis de doser CN par photométrie.
f. **Nickel (Ni) (mg/l):**après une oxydation des ions de Ni par de l'iode, puis une transformation par diméthyl-glyoxime dans une solution ammoniacale en un complexe rouge brun, nous avons dosé cet élément par photométrie selon la méthode appliquée pour cette analyse qui est analogue à US standard méthodes **3500-NiE.**

II.1.1.3. Analyses bactériologiques

a. **Préparation des dilutions:** le nombre de dilutions dépend de la nature de l'eau à analyser et sa charge microbienne. Dans notre cas, la dilution est poussée jusqu'à 10^{-6}, étant donné qu'il s'agit d'une eau très chargée **(Lebres et *al*, 2008).**
b. **Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et d'*Escherichia coli:*** pour la recherche des coliformes fécaux, on applique le test de Mac Kensie. Dans la méthode de NPP, à partir de chaque tube positif sur le bouillon BCPL à double ou à simple concentration on ensemence un tube du milieu Schubert munis d'une cloche de Durham et incuber à 44°C pendant 48h. **(Delarras, 2007).**
c. **Recherche et dénombrement des Streptocoques:** la méthode de recherche et du dénombrement des Streptocoques fécaux qu'on applique est pareille à celle de colimétrie en milieux liquides. Les milieux utilisés sont : le milieu de Rothe à Simple et à Double concentration et le milieu d'Eva-Litsky **(Rodier et *al*, 2009)**.
d. **Recherche et dénombrement des spores de Clostridium sulfito-réducteurs:** les bactéries sulfito-réductrices se sont des bactéries de forme bacille Gram positif, elles se développent à 37 °C pendant 24 à 48 heures en gélose profonde de type gélose viande foie et donnent des colonies blanches entourées d'une auréole noire qui résulte de la

réduction du sulfite de sodium (Na_2SO_4) présent dans la gélose en sulfure qui avec le Fe^{3+} donne le sulfure de fer de couleur noire **(Lebres et *al*., 2008).** La technique qu'on a utilisé est la norme **NF T90-415 (1985).**

e. **Recherche de Salmonella typhi:** les salmonelles peuvent être présentes dans l'eau des égouts agricoles et domestiques. La recherche dans l'eau doit habituellement inclure une phase de pré-enrichissement, de sélection puis de confirmation. Le bouillon qu'on a utilisé est L'**SFB(Rodier et *al*, 2009)**.
f. **Isolement des staphylocoques à coagulase libre:** d'après **Delarras (2007),** le milieu que nous avons utilisé pour isoler et mettre en évidence ces germes est le milieu Chapman.
g. **Recherche du vibrion cholérique:** on a utilisé de la gélose aux sels biliaires pour l'isolement du vibrion cholérique (TCBS). Après enrichissement par passage en milieu hypersalé, et après isolement d'une part sur un milieu non sélectif, et d'autre part sur un milieu sélectif, l'identification qu'on a faite est basée essentiellement sur des épreuves immunologiques. Les colonies de vibrion sont fines, blanches sur la gélose à pH 9, jaunâtres sur la gélose sélective (TCBS) **(Rodier et *al*, 2009).**

II.1.1.4. Analyses parasitogiques

Les œufs d'helminthes sont dénombrés dans les eaux usées après concentration par flottation-centrifugation ou sédimentation. La méthode que nous avons suivie est la méthode de **Bailenger (1979)** modifiée. L'échantillon est laissé décanter pendant 4 heures dans une éprouvette d'un litre. Le résidu de décantation, ou culot, est utilisé après concentration pour l'analyse qualitative et quantitative. Le dénombrement des œufs d'helminthes est réalisé à l'aide d'une cellule de Mac Master; le comptage des œufs se fait au grossissement 100 X.

II.1.1.5. Identification des planctons (algues)

Cette opération consiste à filtrer l'eau de surface (à 20 cm en dessous de la surface de l'eau) puis à transférer le contenu du collecteur dans un flacon en verre ombré contenant 5ml d'éthanol à 10%. Dans un premier temps, les échantillons destinés à la détermination des espèces ont été analysés comme suit : après le dépôt des espèces planctoniques formolées (5%) au fond du flacon, une goutte d'eau précise (20µl) est prélevée au fond à l'aide d'une micropipette après homogénéisation. Cette goutte est déposée entre lame et lamelle puis observée au microscope photonique, 05 lames ont été dénombrées pour chaque échantillon.

II.1.2. Caractérisation quantitatives

Dans le schéma actuel de gestion des excédents hydriques de la ville d'El-Oued, la STEP1 forme un point intermédiaire entre la ville et l'exutoire final, qui d'une part reçoit et épure les eaux usées urbaines brutes et d'autre part rejette les eaux traitées vers chott Halloufa. Afin d'évaluer les impacts de cette station aussi bien sur la ville que sur le lieu de rejet, on procédera à la quantification de ces deux types d'eaux, mentionnées ci-dessus, dans le but de ressortir le volume annuel moyen des eaux usées urbaines brutes évacuées des agglomérations de la ville d'El-Oued et le volume annuel moyen des eaux traitées rejeté à chott Halloufa sur la base des débits journaliers enregistrés respectivement, à l'entrée et à la sortie de la STEP1 durant toute l'année.

II.2. Eaux de drainage

II.2.1. Caractéristique qualitative

Pour établir les caractéristiques physico-chimiques des eaux de drainage de la ville d'El-Oued, on a procédé au prélèvement d'échantillons dans un point d'évacuation de ces eaux au niveau de la station de pompage ST10 en date du 20/05/2013 (**photo 38).** Les analyses physico-chimiques des eaux de drainage ont été réalisées au niveau du laboratoire d'ADE d'El Oued et ont concerné les éléments suivants :

- Concentration des cations: Ca^{2+}, Na^{+},K^{+},Mg^{2+},F^{2+}
- Concentration des anions: Cl^{-}, SO^{2-}_{4},CO^{2-}_{3}, HCO_3^{-}
- Turbidité, salinité, cenductivité éléctrique (CE), température (T) et potentiel hydrogène (pH).
- Paramètres de pollution: PO^{3-}_{4}, NO^{-}_{2}, $NO^{-}_{3,}$ NH_4^{+}.

II.2.1.1. Calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) : nous avons appliqué la méthode analogue à **ISO N° 6058 OU NF T90-003.** Le titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution d'éthylène diamine-tétra-acétique(EDTA) à pH 10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rose foncée ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

II.2.1.2. Sodium (Na+) et de potassium (K+) : nous avons effectué cette analyse suivant la méthode analogue à **ISO 9964/3** par la photométrie de la flamme qui présente l'un des procédés les plus rapides et sensibles connus aujourd'hui pour le dosage des éléments alcalins et alcalino - terreux.

II.2.1.3. Fer (F^{2+}) : il a été dosé par photométrie à une longueur d'onde de 510 nm suivant la méthode de test en tube où nous avons additionné une solution de phénantroline 1,10 à une prise d'essai générant un complexe rouge-orange.

II.2.1.4. Chlorures (Cl^-) : nous avons suivi la méthode de test en tube, les ions chlorures réagissent avec le thiocyanate de mercure (II) pour donner le chlorure de mercure (II) peu dissocié. le thiocyanate ainsi libéré forme avec les ions fer(III) le rouge thiocyanate de fer (III) qui est dosé par spectrophotométre UV Visible.

II.2.1.5. Carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^{2-}) : nous avons effectué cette analyse par titrimétrie analogue NF T0-036 qui a nécessité l'emploi des réactifs suivants: l'acide Chlorhydrique à 1 N, l'HCl à 0,1 N. L'appareil qu'on a utilisé est le pH mètre.

II.2.1.6. Sulfates (SO_4^{2-}) : les ions sulfate sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum. Les Réactifs utilisés sont: une solution de chlorure de baryum (BaCl2) à 10%, une solution acide chlorhydrique (HCl) a 10% et une solution- mère de sulfates à 120mg/l. L'appareil utilisé est le spectrophotomètre **(Rodier et *al,* 2009)**.

II.2.1.7. Turbidité : la mesure de ce paramètre a été effectuée avec un turbidimètre **WTW 550 IR**.

II.2.1.8. Salinité : pour la mesure de la salinité, nous avons suivi la méthode électrochimique de résistance à l'aide du conductimètre.

II.2.1.9. Température(T), potentiel hydrogène (pH),cenductivité éléctrique (CE), orthophosphate (PO^{3-}_4), nitrite (NO^-_2), nitrate NO^-_3,azote amomoniacal (NH_4^+) : ces paramètres sont analysés par la même méthode soulignée dans les analyses physico-chimiques des eaux usées.

Photo 23:prélèvement des échantillons d'eaux drainées aboutissant à la station de pompage (ST10) a El-Oued

II.2.2. Caractéristique quantitative

La caractérisation quantitative des eaux de drainage par le biais de l'exploitation de leurs débits journaliers, pompés au niveau de la ST10, constitue un élément important pour la détermination de l'impact du réseau de drainage sur le désengorgement de la palmeraie dans les ghouts. En effet, cette caractérisation se résume à la détermination du volume annuel des eaux drainées par le système d'assainissement agricole d'El-Oued, sur la base de la somme des débits mensuels de l'année 2013 de pompage, enregistrés au niveau de ST10.

II.3. Impacts des aménagements

II.3.1. Détermination des quantités de sels exportées annuellement en dehors d'El-Oued par les eaux de drainage

En tant qu'exutoire final, le Chott Halloufa reçoit quotidiennement les eaux excédentaires d'El-Oued mais aussi leurs charges en sels. L'objectif de cette partie sera la détermination des quantités de sels exportées annuellement de la région vers cette zone de rejet, via le réseau de drainage. Sachant que les volumes de ces eaux rejetées, et surtout leurs concentrations en éléments chimiques, sont les déterminants de ces quantités.Un échantillon de ces eaux a été prélevé le 17/12/2013 à Chott Halloufa et a été analysé le jour même au laboratoire d'ADE d'El-Oued, afin de déterminer les caractéristiques physico-chimiques suivantes: pH, T, CE salinité, O_2, turbidité, DCO, DBO_5, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_4$, $P\text{-}PO_4$, MES. En effet, lors de l'échantillonnage, on a utilisé un récipient qu'on a rempli d'eau à partir du rejet des eaux de mélange (eaux de drainage et eaux usées traitées) et qu'on a transvasé,

ensuite, dans une bouteille en polyéthylène. Du point de vue quantitatif, le volume d'eau annuel rejeté à Chott Halloufa sera le même que celui pompé à la ST10.

II.3.2. Impacts sur la nappe phréatique

Cette partie permettra de connaitre l'effet induit par la réalisation des nouveaux travaux d'assainissement sur la variation du niveau de la nappe phréatique de la ville d'El-Oued. L'atteinte de cet objectif nécessite de confronter les profondeurs d'eau de cette nappe, mesurées avant la réalisation de ces travaux d'aménagement, à celles mesurées après leur mise en fonction à partir d'année 2011. En effet, pour les deux campagnes, les piézomètres pour lesquelles ont été comparées les profondeurs de l'eau (m) sont les mêmes. Ci après, l'emplacement et les coordonnées géographiques de chaque piézomètre (**tableau 12)**.

Tableau 12 : localisation et coordonnées géographiques des piézomètres (D) étudiés dans la ville d'El-Oued :

N° de Forage	Localisation	Coordonnées UTM Clarke 1880		Altitude (m)
		X	Y	Z
D 01	Château d'eau CHOTT	6° 52' 13"	33° 23' 36"	74,20
D 03	CEM TIKSEBT Nord	6° 50' 25"	33° 23' 17"	74,80
D 08	Ecole FERHAT BENAMARA	6° 50' 50"	33° 22' 42"	75,59
D 13	Direction El Moudjahidine	6° 51' 37"	33° 22' 30"	67,42
D 14	CEM TISEBT Est	6° 51' 07"	33° 22' 26"	73,89
D 18	CEM GHANDIR Omar	6° 52' 15"	33° 22' 14"	68,30
D 39	Ecole SERROUTI Med	6° 50' 50"	33° 21' 25"	84,02
D 40	Ecole NEDJMOUH Med Tahar	6°51' 17"	33° 21' 28"	88,15
D 43	Hôtel des finances	6° 50' 50"	33° 21' 15"	86,88
D 45	Ecole MEÏACI Abdelouahab	6° 52' 18"	33° 21' 13"	79,11
D 54	Mosquée SAHANE 2	6° 52' 37"	33° 20' 38"	78,55

II.4. Analyse statistique

Toutes les données de notre étude sur des eaux usées de STEP1 d' El-Oued ont été traitées à l'aide du logiciel Excel. De plus, les résultats d'analyses physico-chimiques, métaux et bactériologiques sont subis à une analyse en composantes principales (ACP) qui a été effectuée à l'aide du logiciel XLSTAT version 7.5.2.Cette méthode statistique permet de transformer les variables quantitatives initiales, toutes plus ou moins corrélés entre elles, en nouvelles variables quantitatives, non corrélées, appelées composantes principales **(Davis, 1984)**.

l'ACP des paramètres physico-chimiques a été effectuée sur une matrice de données constituée de 49 prélèvements (49 semaines), au cours desquels les 13 variables ont été mesurés(**pH**, **T**, **O_2**, **DCO**, **DBO_5**, **N-NH4, N-NO2, N-NO3, NT**, **$P-PO_4$, Pt**, **CE**, **MES).** Concernant les autres métaux, l'ACP a été effectuée sur une matrice de données constituée de 04 prélèvements (04 mois), au cours desquels les 06 variables ont été mesurés (**Pb, Cd, Cr, Cu, CN, Ni).** Pour les analyses bactériologiques, l'ACP a été effectuée sur une matrice de données constituée de 6 prélèvements (06 mois), au cours desquels les 03 variables ont été mesurés (CF, SF et les Clostridiums).

Troisième partie

Résultats et discussions

A partir des résultats obtenus, fruit d'un suivi d'une année et d'un prélèvement hebdomadaire, nous essayerons d'évaluer les performances épuratoires de la STEP1 d'El-Oued. Globalement, ce chapitre permettra d'expliquer et d'évaluer le rôle qu'a joué, jusqu'à présent, chaque composante du système actuel de gestion des excédents hydriques d'El-Oued dans l'atteinte des objectifs fixés.

1. Eaux résiduaires urbaines

1.1. Caractérisation qualitative

1.1.1. Analyses physico-chimiques

Koné (2002), a noté que les performances épuratoires des bassins d'épuration peuvent être différentes même s'ils fonctionnent dans des conditions climatiques et de charges similaires. Dans bien des cas, ces différences peuvent être attribuées au mauvais profil hydraulique des bassins, mal pris en compte lors du dimensionnement des ouvrages. Les performances épuratoires sont aussi bien influencées par les facteurs biogéochimiques que par l'hydraulique et les conditions climatiques. En effet, le temps de séjour hydraulique, les courts-circuits hydrauliques, la stratification thermique et les zones mortes sont les principaux paramètres qui contrôlent la répartition de l'eau dans la totalité du volume des bassins et le temps de contact entre la microfaune (bactéries, protozoaires, micro-invertébrés) et la pollution à dégrader.

- **Évolution du pH**

Dans tous les cas de figure, les eaux présentent un pH basique sur toute l'année (f**igure 35) :** la valeur moyenne est de 8.20 (7.78 à 8.85) pour les eaux brutes et de 8.45 (7.97 à 8.89) pour les eaux traitées. Globalement durant toute la période d'étude, le pH évolue légèrement vers des valeurs basiques (8.20 à 8.45) où la différence entre les eaux usées brutes et épurées ne dépasse guère pas une unité. De ce fait, à l'exception de quelques valeurs, les valeurs du pH enregistrées sont conformes aux normes algériennes (**Arrêté du 02/01/2012**) et aux normes internationales (**FAO, 2003**) ($6,5 \leq pH \leq 8,5$) de réutilisation en irrigation.

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume de la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates **Makhoukh et *al* (2011).** Selon les travaux de **Walker et *al* (1977) et Koné et *al* (2002**), au cours du processus de lagunage, les valeurs du pH évoluent dans une gamme de 7.97 - 8,89, ce qui est de nature à favoriser le développement bactérien nécessaire à la dégradation biologique des polluants organiques a l'exception de quelques va leurs ayant dépassé la valeur de 8,5.

Le pH est très fortement influencé par la photosynthèse et influence lui-même un grand nombre de processus biologiques et chimiques. Le pH influence ainsi la forme de certains composés chimiques (gaz carbonique, acide sulfurique, ammonium/ammoniaque) **(Filmed, 2010)**.D'apprêt les résultats d'**Eddadra (2012),** si le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8.5, la croissance des microorganismes est directement affectée ; en outre, le pH est un élément important pour l'interprétation de la corrosion dans les canalisations des installations de l'épuration.

L'augmentation du pH pendant la mi-journée en raison d'une photosynthèse plus active, favorise la volatilisation de l'ammoniac (NH^-_3) d'où un risque de pollution azotée plus faible ; celle-ci permet une élimination plus importante de l'élément N qui est détourné dans la biomasse algale.

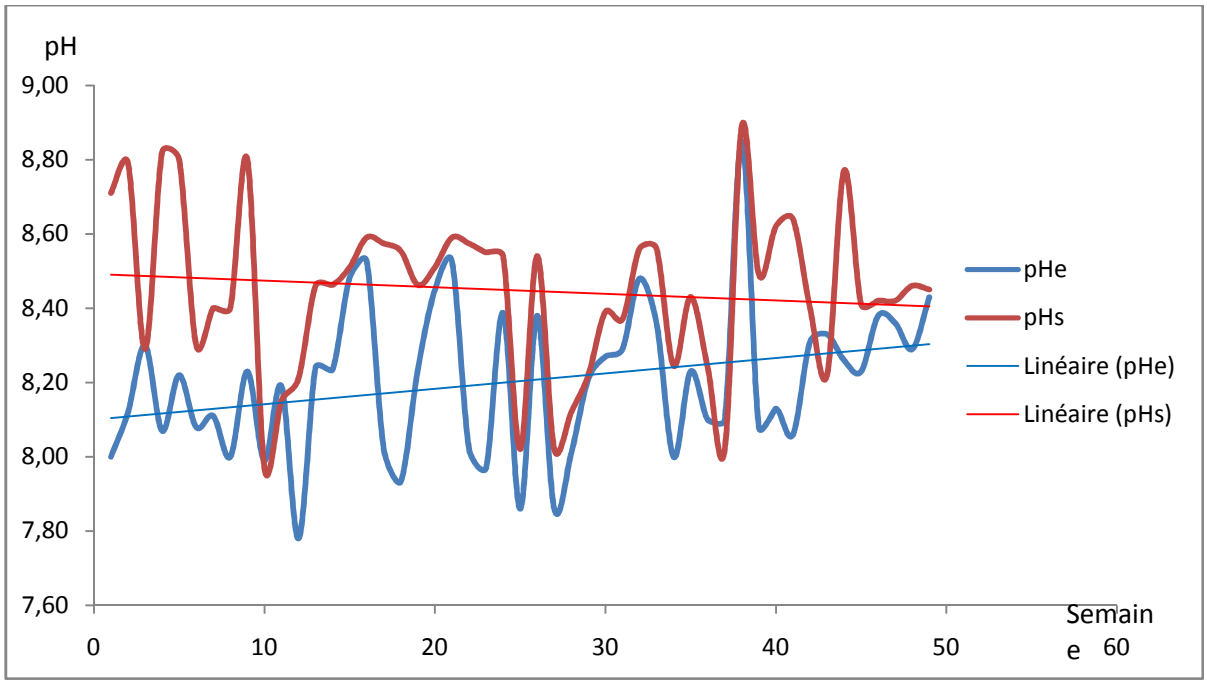


Figure 35 : Evolution hebdomadaire du pH au cours de l'année

b. Évolution de la température

Globalement, les températures hebdomadaires durant toute l'année 2013 des eaux usées brutes oscillent entre un minimum de 6°C (Décembre semaine 47) et un maximum de 28.7°C (Aout semaine 30) avec une moyenne annuelle de 17.47°C. Celles des eaux traitées entre un minimum de 5.40 °C (Décembre semaine 47) et un maximum de 29.9°C (Juin semaine 23) avec une moyenne annuelle de 15.89°C **(figure 36)** : ces valeurs sont en conformité avec les dispositions réglementaires nationales pour l'irrigation (**Décret exécutif N°06-141 du19/04/2006)**(T<30°C) .

Ces températures renseignent sur une évolution thermique qui dépend des variations saisonnières ; la température de l'eau reste en effet liée aux conditions locales (climat, durée d'ensoleillement, débit).

Par ailleurs, l'on remarque en général des températures moindres des eaux traitées par rapport aux eaux brutes ; ces écarts n'influencent pas la sélection des microorganismes responsables de l'épuration **(Edeline, 1993)**, mais ils peuvent jouer un rôle important pendant les mois les plus chauds et accroître la volatilisation de l'ammoniac dans les bassins (**Reddy, 1983; Shilton, 1996).**

L'élévation de la température s'accompagne d'une réduction de la viscosité, d'une augmentation de la tension de vapeur saturante à la surface (évaporation), d'une diminution de la solubilité des gaz (oxygène) ; quelques-uns de ces effets peuvent avoir une action bénéfique comme favoriser l'autoépuration **(Rodier et *al* 2005)**.

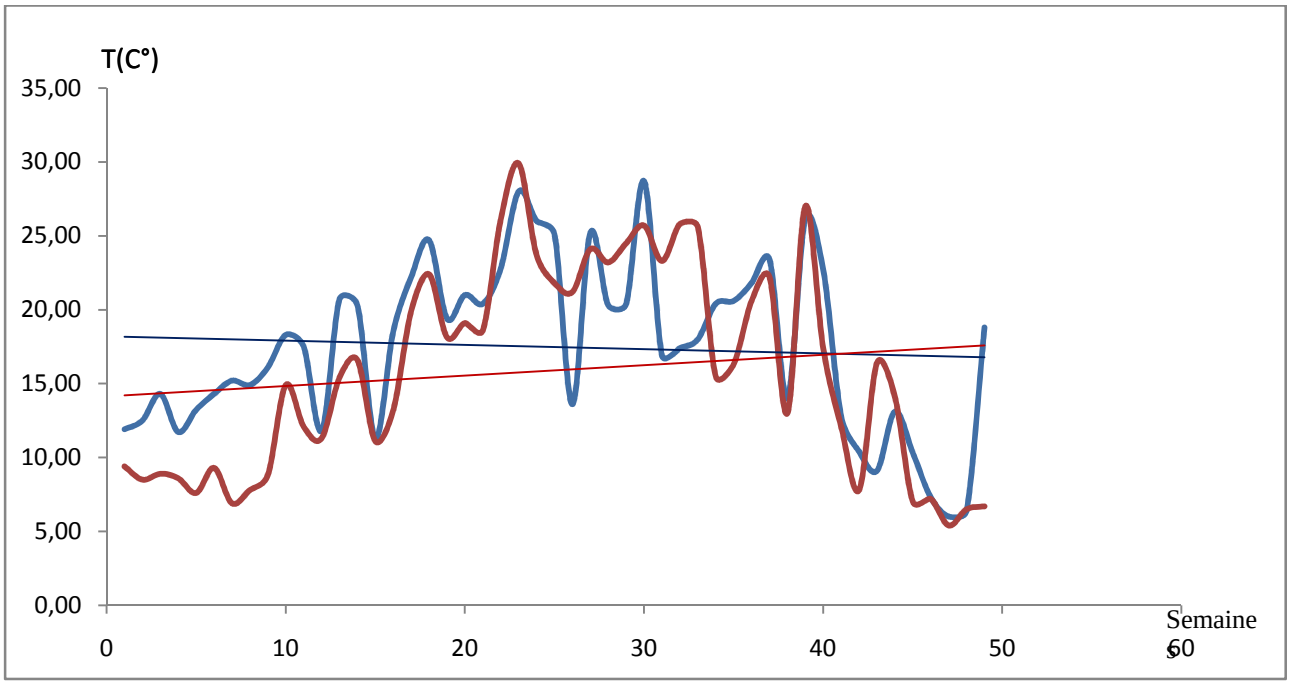


Figure 36 : Evolution hebdomadaire de la température au cours de l'année

c. Évolution de l'oxygène dissous

L'eau contient toujours de l'oxygène dissous dont la concentration varie avec la température et la pression partielle dans l'atmosphère. Du fait de l'équilibre entre l'oxygène l'air et l'eau ; plus les eaux sont superficielles et plus elles sont chargées en oxygène. Les teneurs maximales atteintes dépassent rarement 10 mg/l. Dans les milieux a faible taux de renouvellement, la teneur en oxygène dissous tend à diminuer avec la profondeur et des phénomènes anaérobies peuvent alors apparaitre **(Savary, 2010)**. L'oxygène mesuré dans les bassins est une résultante du métabolisme des algues et des bactéries ainsi que du transfert dû à la diffusion de l'air **(Koné, 2002)**.

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'environnement aqueux puisqu'il est le facteur limitant de la principale voie de biodégradation aérobie de la pollution organique.

Sa concentration est très faible et le plus souvent proche de zéro dans les eaux usées brutes **(Thomas, 1995)**.

Les résultats obtenus attestent d'un faible taux d'oxygène des eaux brutes soit une moyenne de 1.04 mg/l (0.06 à 2.80 mg/l ; la dépollution de ces eaux s'est traduite par une élévation significative du taux d'oxygène en moyenne de 6.97 mg/l (4.20 à 8.56 mg/l) **(figure 37)**, ces valeurs sont supérieures à la norme de rejet (5 mg/l) établie par l'**OMS (1999)**; ce niveau d'oxygénation du milieu constitue une plage correcte pour une utilisation économique des aérateurs.

Selon les travaux de **Rassam et *al* (2012),** la teneur de saturation en oxygène dépend fortement de la température. En effet, l'augmentation des teneurs d'oxygène dissous, à la sortie de la station revient probablement à la technique d'épuration elle-même, utilisant des aérateurs et permettant le développement des algues qui libèrent de l'oxygène par photosynthèse. En plus, lorsqu'il existe moins de matières organiques à dégrader, les teneurs en oxygène dissous augmentent. Dans ce cas, il est utile de rappeler que les procédés de brassage des eaux permettent d'atténuer les dysfonctionnements liés au manque d'oxygène grâce notamment à l'amélioration de la dissolution de l'oxygène de l'air dans l'eau **(In vivo environnement, 2007)**.

Belghyti et *al* (2009), notait que l'importance de l'oxygénation des eaux est très claire puisque la présence d'oxygène dissous conditionne les réactions de dégradation aérobie de la matière organique et plus généralement l'équilibre biologique des milieux hydriques. Dans les réseaux d'assainissement des eaux usées, sa disparition complète s'accompagne généralement de l'apparition d'H_2S dans l'air, provenant de la réduction des composés soufrés présents dans les effluents, et corrélativement du phénomène d'attaque acide du béton des canalisations. Par contre sa présence inhibe les activités dénitrifiantes de la flore spécialisée. La comparaison des valeurs en oxygène dissous dans nos échantillons d'eaux usées bruts analysées permet de déduire que ces eaux usées sont de qualité moyenne à très mauvaise.

Selon **Savary (2010)**, l'évolution de l'oxygène dissous peut être liée à la présence de matière s organiques, de microorganismes, à une insuffisance du traitement, à la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (présence de graisse, d'hydrocarbures, de détergents, etc.).

Dans le lagunage aéré, le mode d'aération mécanique, par le biais de turbines flottantes ou fixes (profondeurs 2 à 3 m) ou des systèmes d'insufflation d'air (profondeur 3 à 5 m) **(Blais, 2006 et ENGEES, 2002)**, augmente, en effet, l'alimentation en oxygène provenant de moyens naturels **(CNRC, 2004)**.

On peut dire que l'oxygène dissous dans les lagunes est issu de l'activité photosynthétique des algues et de la diffusion de l'oxygène atmosphérique. Cet échange est beaucoup plus important dans les couches de l'eau superficielles que celles inférieures et explique les fortes teneurs en chlorophylle dans les couches supérieures. L'alimentation par le fond apporte un supplément d'oxygène par les algues. Cet apport permet le maintien des conditions aérobies même au fond du bassin, ce qui permet de meilleures performances moyennant des bilans d'oxygène améliorés (**El haite, 2010**).

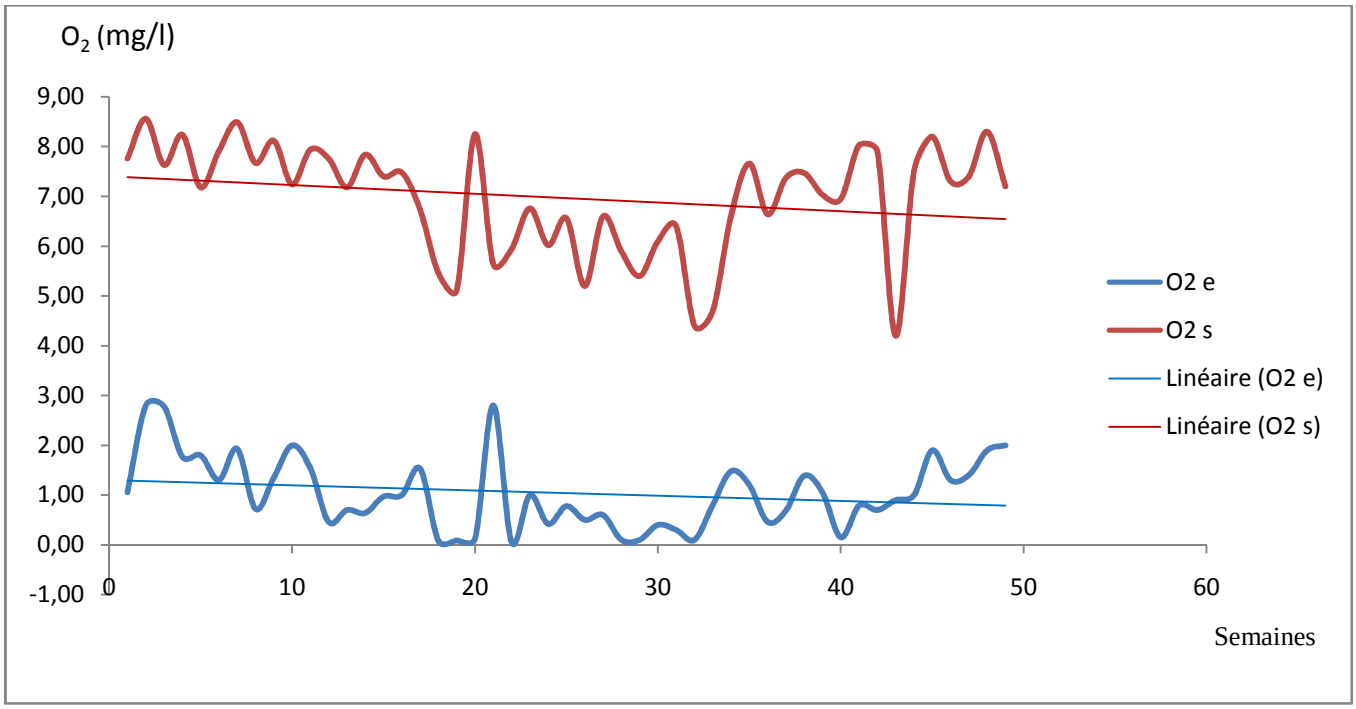


Figure 37: Evolution hebdomadaire des teneurs d'oxygène dissous au cours de l'année

d. Évolution de la conductivité éclectique

Les valeurs de la conductivité électrique (CE) des eaux usées brutes oscillent entre 4.03 et 5.66 mS/cm soit moyenne de 5.15 mS/cm attestant d'une forte minéralisation de ces eaux. Les valeurs de la conductivité des eaux usées traitées oscillent entre 4.96 et 5.99 mS/cm

soit une moyenne de 5.51 m/S (**figure 38)**. Ces valeurs dépassent la norme algérienne de réutilisation agricole de 3 mS/cm (**Arrêté du 02/01/2012**). Par conséquent, les eaux épurées ne sont, a priori, pas adéquatées pour l'irrigation du point de vue salinité, sauf si les plantes irriguées sont tolérantes aux sels et que les sols utilisés sont régulièrement lessivés et bien drainés.

Selon **Abissy et Mandi (1999),** il est probable que l'augmentation de la conductivité des eaux est également liée à des processus comme le lessivage des minéraux du sol, la minéralisation de la matière organique ou le phénomène d'évapotranspiration des algues. Les valeurs trouvées ont pour origine la forte salinité de l'eau potable de la zone d'étude **(Boutayeb et *al*, 2012).** On peut aussi ajouter une autre probabilité d'augmentation de la conductivité liée au phénomène d'évaporation des eaux usées des lagunes à cause d'élévation des températures saisonnières.

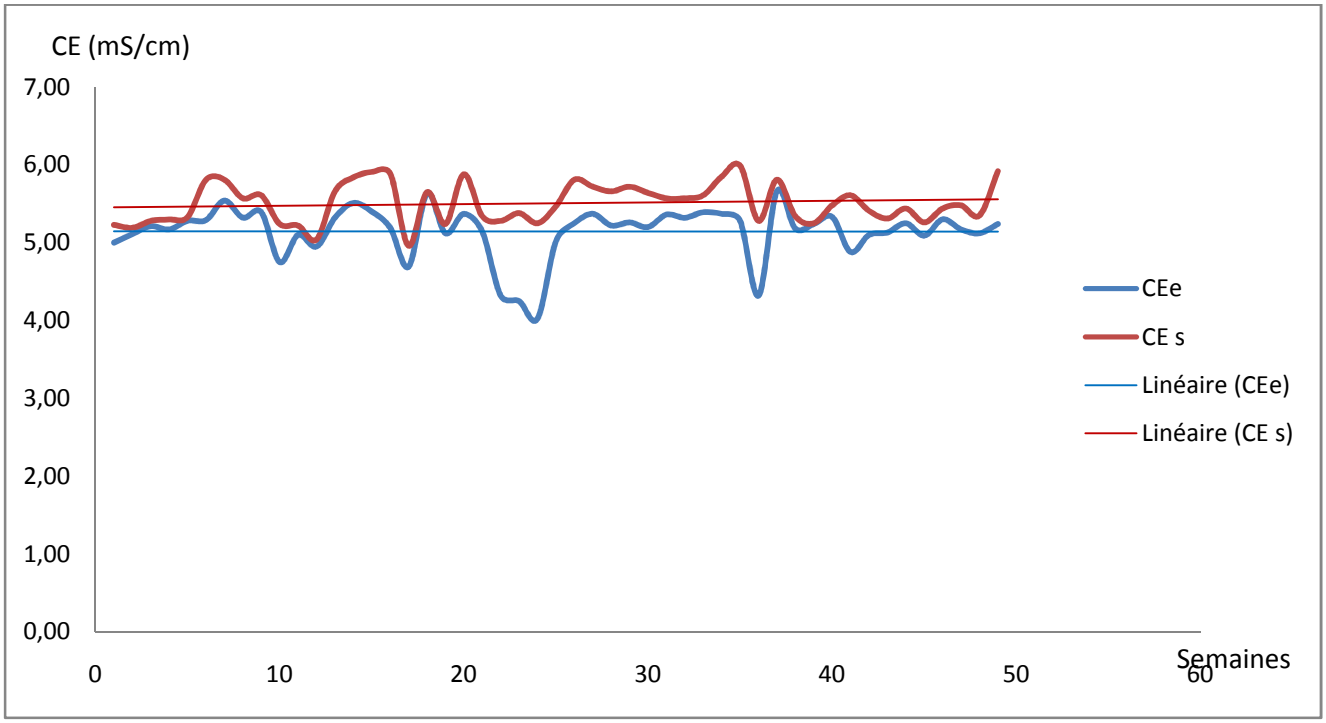


Figure 38 : Evolution hebdomadaire de la conductivité électrique au cours de l'année

e. Evolution de la DCO

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques et minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers la quantité d'oxygène nécessaire à leur

oxydation chimique totale. La **figure 39** montre que les concentrations moyennes hebdomadaires de la DCO des eaux brutes s'élèvent au-dessus de 192 mg/l (semaine 24) à partir du mois du Juin pour qu'elles atteignent 920 mg/l au mois de Juillet (semaine 29), cette augmentation revient vraisemblablement à l'effet de la hausse des températures au cours de cette période et aussi à la quantité importante des huiles qui arrivent à la station d'épuration, sachant que celle-ci n'est pas dotée d'un déshuileur.

Les valeurs à la sortie varient entre 32 mg/l au mois d'Octobre (semaine 41) et 173 mg/l au mois de Mai (semaine 19) avec une moyenne de 95.27 mg/l. Ces valeurs indiquent un bon abattement des bassins aérés vis-à-vis de la pollution carbonée. Cet abattement atteint 81.90% en automne. D'autre part, les valeurs enregistrées sont au-dessus de la norme algérienne (90 mg/l) (**Arrêté du 02/01/2012)** donc elles ne sont pas conformes pour l'irrigation.

La DCO évolue en sens inverse avec l'oxygène dissous, ce qui traduit une probable utilisation de l'oxygène pour la dégradation de la matière carbonée **(Koné, 2002)**. Le rendement moyen de ces 12 mois d'expérimentation de l'ordre de 81.45 %.renseigne parfaitement sur l'efficacité des bassins de la station d'El Oued dans le traitement de ce type de pollution.

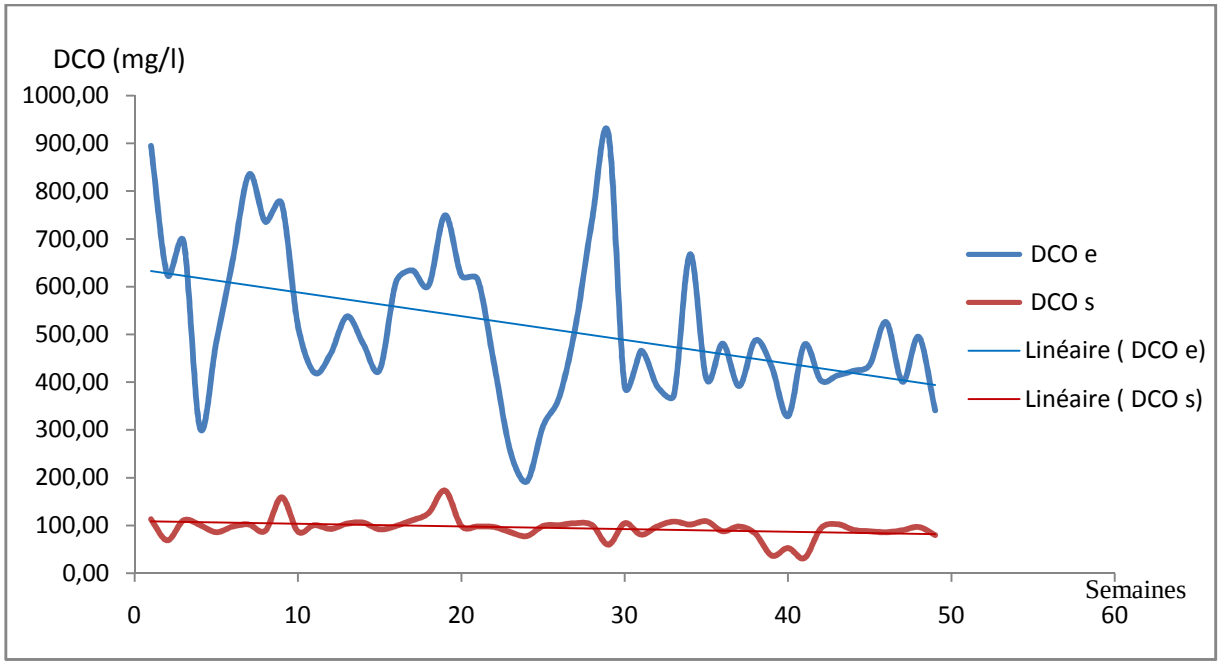


Figure 39: Evolution hebdomadaire de la DCO au cours de l'année

f. Evolution de DBO_5

La DBO_5 est relative à la portion biodégradable des eaux usées, c'est a dire oxydable par des bactéries **(Kone et *al*, 2012)**. La DBO_5 est une expression pour indiquer la quantité d'oxygène qui est utilisée pour la destruction de matières organiques décomposables par des processus biochimiques (**Chaouki et *al*, 2014).**

Les concentrations hebdomadaires de la DBO_5 durant toute l'année 2013 mesurées à l'entrée varient entre 106 mg/l au mois de Novembre (semaine 46) et 351.60 mg/l au mois d'Aout (semaine 31) avec une moyenne de 222.59 mg/l. Les valeurs moyennes à la sortie varient entre 10 mg/l au mois de Juin (semaine 25) et 130 mg/l au mois de Mai (semaine 21) soit une moyenne de 71.01 mg/l (**figure 40)**.

Les valeurs enregistrées sont au-dessus de la norme algérienne (30 mg/l) (**Arrêté du 02/01/2012),** elles ne conviennent pas à l'irrigation agricole. La **figure 40** montre une augmentation de la DBO_5 des eaux de la station de kouinine notamment en période sèche. Cette station reçoit des eaux usées brutes, riches en matières organiques biodégradables et en substances nutritives provenant des agglomérations urbaines d'**El-Oued, de Bayadah, Rabbah**et de **kouinine**. Ceci qui provoque un accroissement considérable de la charge organique des eaux superficielles dans un espace restreint. L'augmentation des teneurs en DBO_5 en période sèche peut être expliquée par l'instauration de conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec le réchauffement des eaux. Cependant en période hivernale, les eaux de pluie contribuent à la dilution de la charge organique émanant des eaux usées des de la ville d'El-Oued.

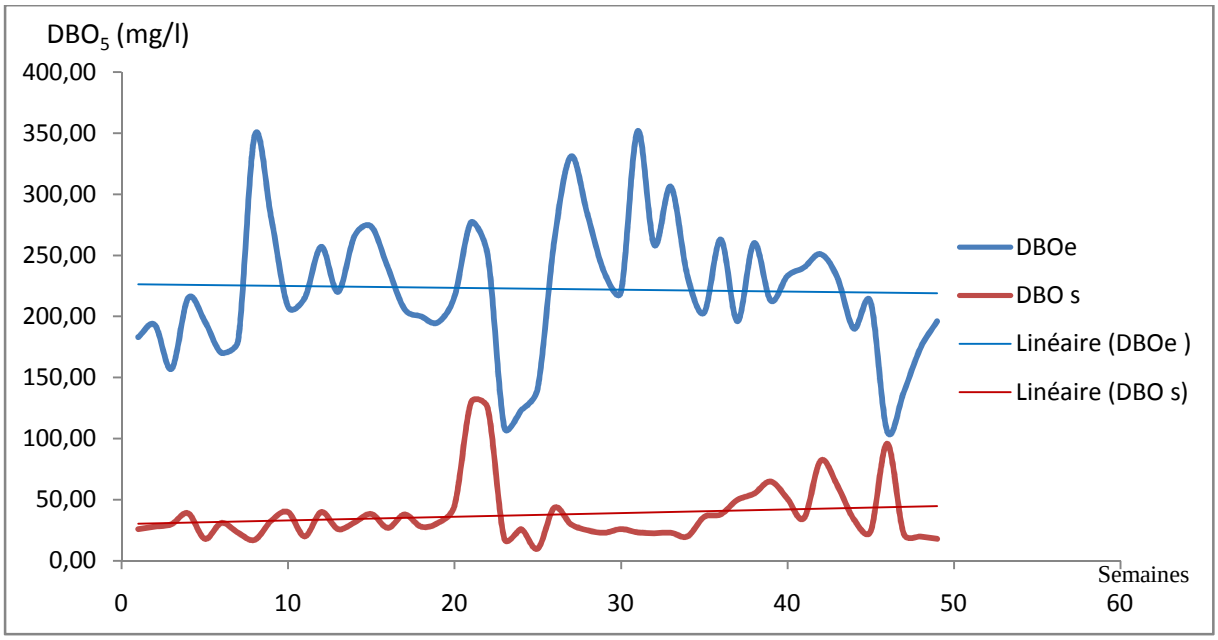


Figure 40: Evolution hebdomadaire de la DBO_5 au cours de l'année

g. Evolution des MES

Les matières en suspension (MES) constituent une bonne partie de la pollution carbonée ; leur abattement contribue donc à un meilleur rendement sur la DBO_5 et la DCO **Koné (2002)**. Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux, elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, du régime d'écoulement des eaux et de la nature des rejets **(Rodier, 1984*)***.

L'analyse des résultats des MES montre que les eaux usées étudiées sont caractérisées par une concentration moyenne de 268.39 mg/l pour les eaux usées brutes et 55.96 mg/l pour les eaux usées traitées (**figure 41)**.

La concentration en MES des eaux usées brutes fluctues énormément entre un minimum de 122.22 mg/l au mois d'Octobre (semaine 40) et un maximum de 380 mg/l au mois d'Août (semaine 30). Celle de la sortie de la station, elle oscille autour d'un minimum de 33.33 mg/l au mois d'Août (semaine 30) et un maximum de 73.86 mg/l au mois de Février (semaine 8) avec une moyenne de 55.96 mg/l. On note deux pics de concentration moyenne au mois de Février (62.85 mg/l) et mois de Mars (63.29 mg/l) qui coïncident avec la période de néoformation liée à la présence d'algues (chlamydomonas, certaines diatomées, des

chlorophycées et des cyanophycées). Un résultat similaire a été obtenu par **Abissy et Mandi (1999).** Il est cependant connu qu'il est difficile d'obtenir des valeurs plus faibles par le procédé du lagunage, surtout si les bassins de sortie sont le siège d'une intense photosynthèse **(Rassam et *al*, 2012)**.

Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide **(Hébert et Légare, 2000**).

L'évolution spatio-temporelle des teneurs en matières en suspension (MES) (**figure 41**) dans la station montre que la plus forte charge a été enregistrée (380 mg/l) au cours de la période sèche ; cette teneur élevée peut être le résultat d'une forte consommation d'eau par la population pendant l'été). En général, les valeurs obtenues en période estivale sont supérieures à celles mesurées en période hivernale.

Les performances épuratoires des bassins aérés pour les MES sont très significatives de l'ordre d'environ 79 % sur toute l'année.

Par ailleurs, la comparaison des teneurs en matières en suspension dans la station de Kouinine avec la norme algérienne (**Arrêté du 02/01/2012)** fixée à 30 mg/l, montre que ces teneurs ne conviennent pas à l'irrigation agricole.

Les rendements épuratoires moyens en termes de MES (79.14%) varient entre 65 et 88% ; les MES sont réduites par sédimentation dans le système de lagunage principalement dans le bassin anaérobie.

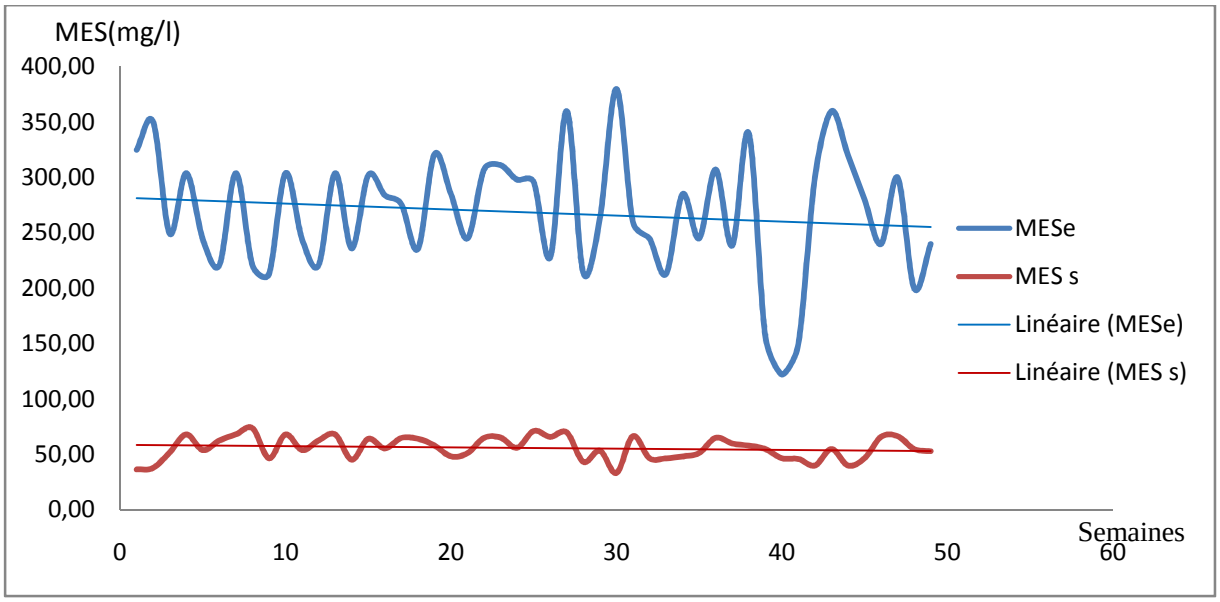


Figure N°41: Evolution hebdomadaire des MES au cours de l'année

h. Azote ammoniacal (NH_4^+)

L'analyse du profil de l'ammonium des eaux usées brutes de la station (**figure 42**), montre que les teneurs varient entre 49.50 mg /l au mois de septembre (semaine 35) a 88.70 mg /l au mois de Mars (semaine 11). Signalons par ailleurs, qu'une forte concentration en azote ammoniacal conduit à une inhibition de l'activité photosynthètique des algues ce qui pourrait s'ajouter au déséquilibre DBO_5-N-P qui, lui handicape la flore bactérienne **(Berdai et *al*, 1991)**. Le processus d'élimination de l'azote est amorcé par la nitrification **(Koné et *al*, 2012)**.

Le même profil a été analysé pour les eaux usées traitées de la station, on a trouvé que les teneurs s'échelonnent entre 28.20 mg/l au mois d'Août (semaine 30) et 68.30 au mois d'Octobre (semaine 41) mg/l. Les teneurs relativement élevées enregistrées en période sèche traduisent le processus de minéralisation incomplet de la matière organique.

Les concentrations faibles observées en période froide, peuvent s'interpréter en terme de consommation d'éléments azotés par la biomasse phytoplanctonique ; l'azote serait alors considéré comme un facteur limitant pour la production phytoplanctonique.

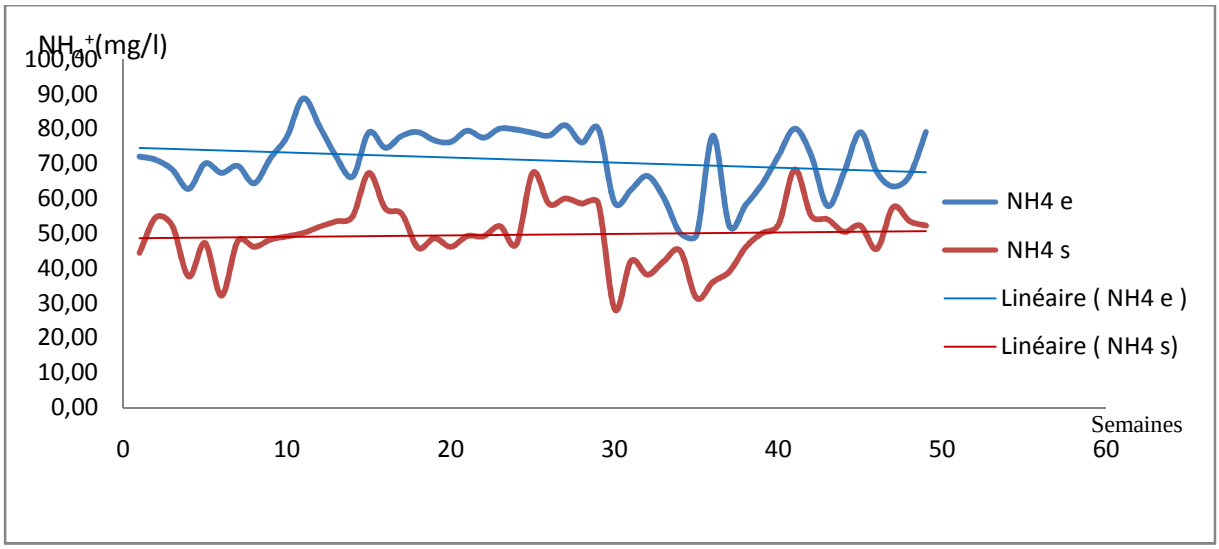


Figure N°42: Evolution hebdomadaire de l'azote ammoniacalau cours de l'année

i. Nitrates (NO^-_3)

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l et leurs teneurs dans les eaux usées non traitées sont faibles (***UNEP/MAP/MEDPOL*, 2004).**

Les résultats des analyses des nitrates dans les eaux usées brutes montrent que leurs teneurs oscillent entre 0.25 mg/l au mois d'Août (semaine 33) et 2.70 mg/l au mois de septembre (semaine 34) avec une moyenne annuelle de 0.66 mg/l. Pour les eaux usées traitées les teneurs oscillent entre 0.19 mg/l au mois de juin (semaine 22-semaine 23) et 7.49 mg/l au mois de Février (semaine 8) et mois de Mars (semaine 12) avec une moyenne annuelle de 3.65 mg/l (**figure 43).**

On peut interpréter la concentration très faible des nitrates dans les eaux de la sortie de la station d'épuration par leur utilisation par les bactéries lors de traitement biologique. Les eaux traitées sont donc d'une excellente qualité et qui ne forme aucune nuisance sur le milieu récepteur**.**

La norme algérienne (**Arrêté du 02/01/2012)** et internationale **(FAO, 2003)** imposent que les teneurs en nitrates n'excédent pas 30 mg/l ; de ce fait, les eaux épurées de la station de Kouinine sont confortent à l'utilisation pour des fins d'irrigation.

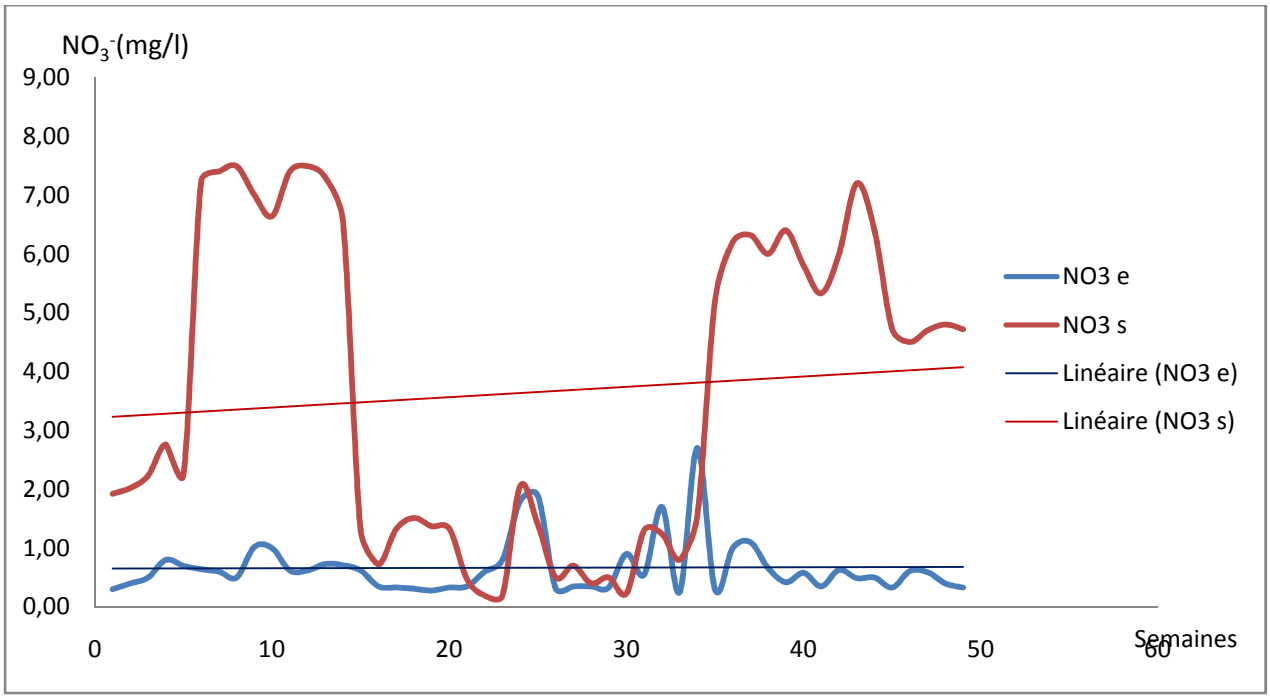


Figure 43: Evolution hebdomadaire des nitratesau cours de l'année

j. Nitrite (NO^-_2)

Les analyses des eaux d'entrée de la station indiquent une concentration moyenne annuelle en nitrites de l'ordre de 0.34 mg/l, un minimum de l'ordre de 0.12 mg/l au mois de Juin (semaine 23) et un maximum de l'ordre de 0.62 mg/l au mois d'octobre (semaine 41).Dans les eaux de sortie elles se situent entre 0.10 mg/l au mois de Juillet (semaine 27) et 3.56 mg/l au mois de septembre (semaine 37) avec une moyenne annuel de l'ordre de 0.79 mg/l (**figure 44)**.Les résultats obtenus révèlent que la station d'épuration présente des teneurs en nitrites ne dépassant pas le seuil des normes de rejet l'**OMS (1999)** (<1 mg/l).

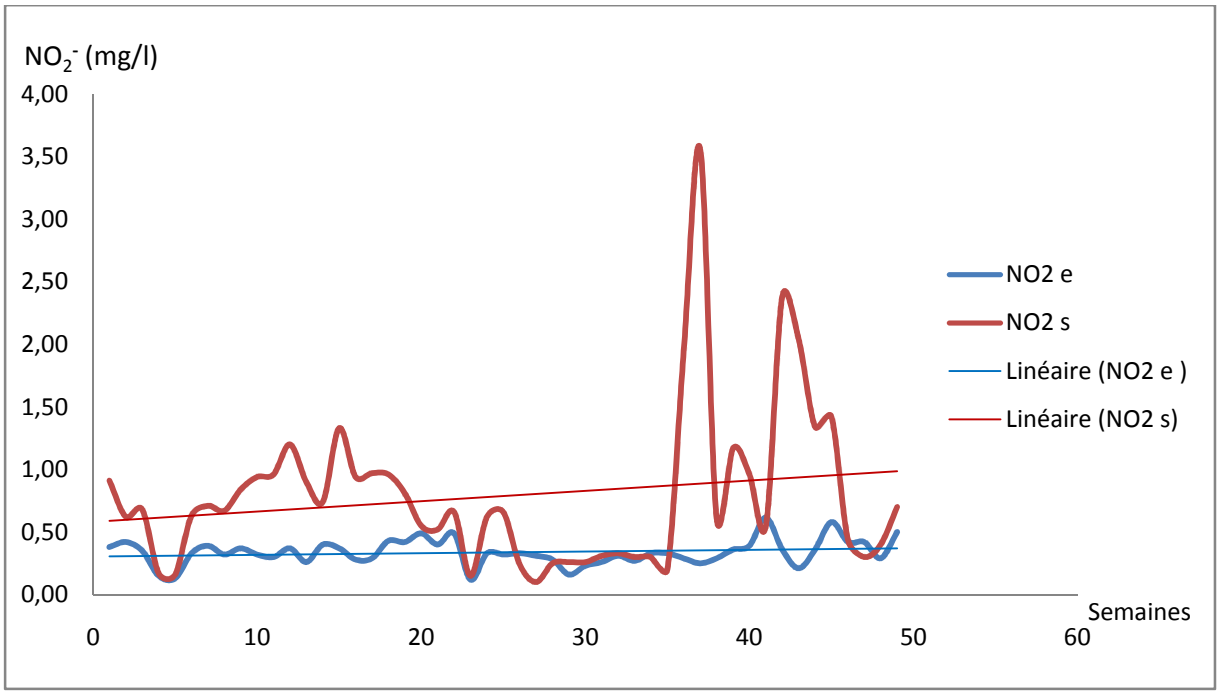


Figure 44: Evolution hebdomadaire de nitrites au cours de l'année

k. Azote total (Nt)

Des valeurs très élevées de l'azote total (Nt) ont été enregistrés dans les eaux usées brutes de la station entre 35 mg/l au mois de Juin (semaine 22) et 120 mg/l au mois de Décembre (semaine 47) avec une moyenne de 74.88 mg/l. Concernant les eaux usées traitées, les valeurs enregistrées varient entre 3.90 mg/l au mois de Janvier (semaine 1) et 102 mg/l au mois de Décembre (semaine 47) avec une moyenne de 49.83 mg/l (**figure 45).**

On a noté que les mesures de Nt ont abouti à des performances moyennes d'élimination plus élevée en période fraiche (automne et hiver) (49.24%) par rapport au période chaude (printemps et été) (22.83%). Au cours cette période, toutes les valeurs du Nt enregistrées dépassent les normes algériennes (**Arrêté du 02/01/2012**) et les normes internationales (**FAO, 2003**) (>30 mg/l), de ce fait, elles ne conviennent pas à l'irrigation.

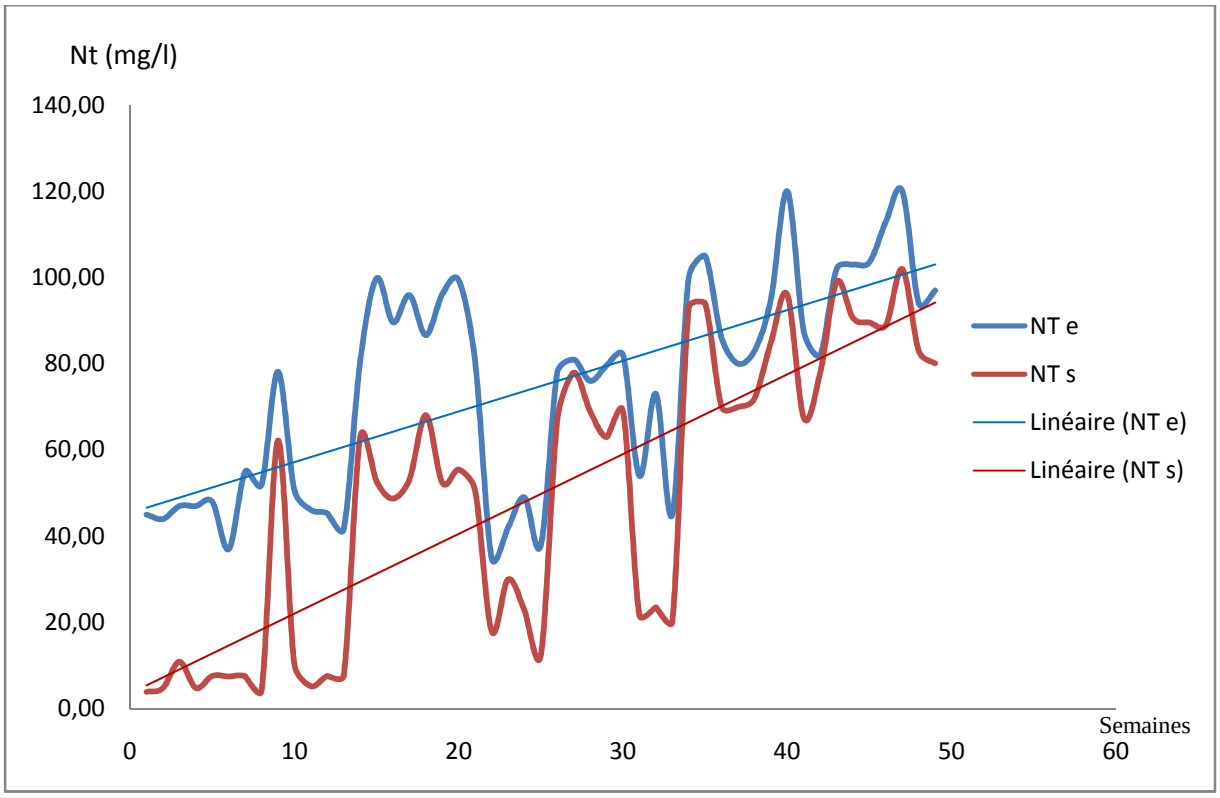


Figure 45: Evolution hebdomadaire de l'azote total au cours de l'année

l. Orthophosphates (PO_4^{-3})

Les teneurs des eaux usées brutes en orthophosphates varient entre 2.60 mg/l au mois de Septembre (semaine 36) et 14.40 mg/l au mois de Janvier (semaine 5) avec une moyenne annuelle de 6.93 mg/l. Nous enregistrons aussi une teneur maximale de 4.13 mg/l au mois d'Août (semaine 31) et une valeur minimale de 0.05 mg/l au mois de Février (semaine 8) avec une moyenne annuelle de 2.22 mg/l pour les eaux traitées (**figure 46)**. Ces valeurs moyennes dépassent les normes internationales de rejets (2 mg/l) de **l'OMS (1999)**.

Les concentrations des orthophosphates des eaux usées épurées pendant la période fraiche sont légèrement plus faibles par rapport à la période chaude.

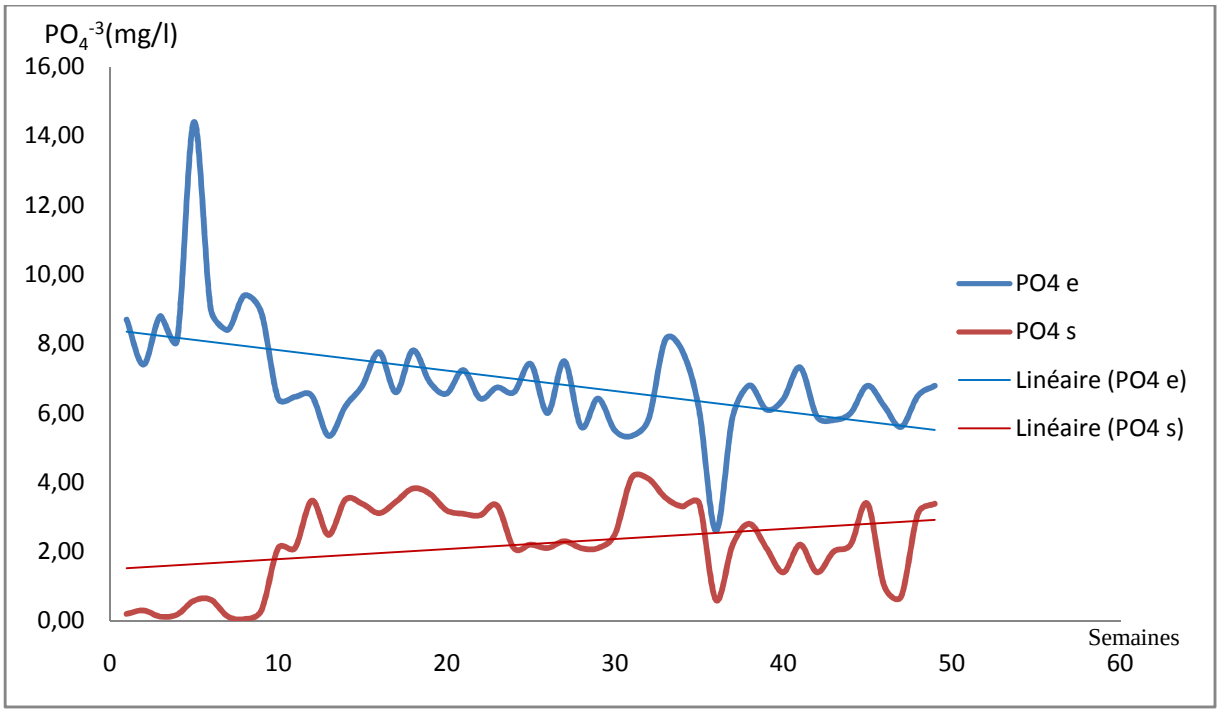


Figure 46: Evolution hebdomadaire des orthophosphates au cours de l'année

m. Phosphore total

Les teneurs résiduelles moyennes en phosphore total de l'effluent à la sortie de la filière oscillent entre 3.50 mg/l au mois de Septembre (semaine 37) et 59.42 mg/l au mois de Juin (semaine 25) avec une moyenne de 7.59 mg/l. Les teneurs moyennes de l'effluent à l'entrée de la station oscillent entre 8.72 mg/l au mois de Février (semaine 7) et 80.80 mg/l au mois de Juin (semaine 25) soit une moyenne de 13.27 mg/l (**figure 47).** On a remarqué qu'il ya un pique des teneurs en phosphore total des eaux usées brutes et traitées au mois de Juin (semaine 24 et 25) dû à l'arrivée d'une grande charge polluante à la STEP1.

Le niveau d'élimination du phosphore total est faible et instable avec un rendement d'élimination moyen de 48.66 % en période fraiche (automne et hiver) et 41.35% en période chaude (printemps et été).

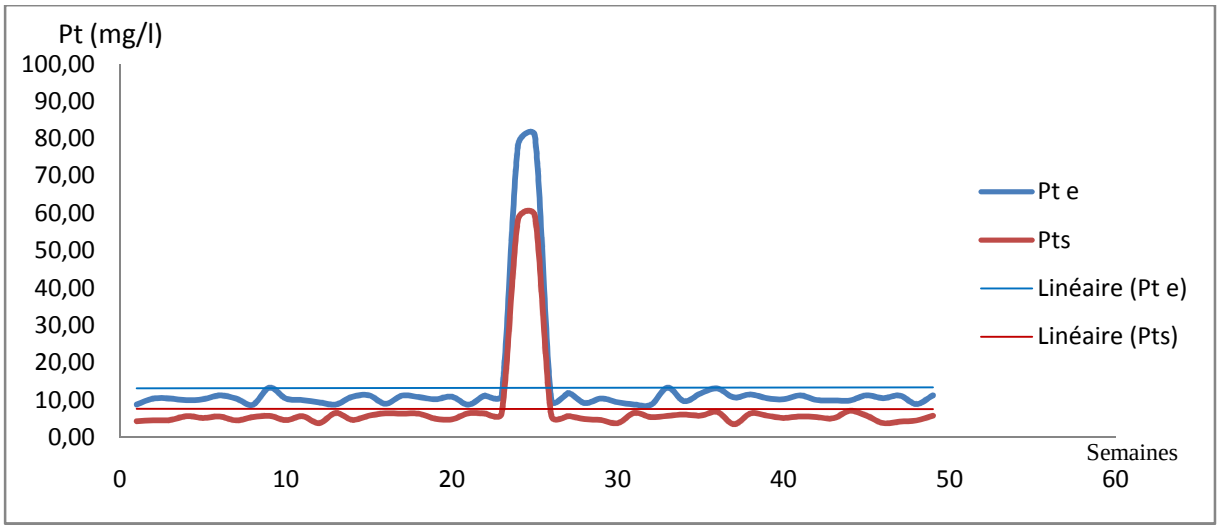


Figure 47: Evolution hebdomadaire du phosphore total au cours de l'année

n. Plomb (Pb)

Les valeurs mensuelles de la concentration du plomb varient entre 0.21 et 0.89 mg/l pour les eaux brutes, elles sont de 0.1 à 0.32 mg/l dans les eaux traitées ; la valeur moyenne est de 0.20 mg/l. Ces valeurs sont inférieures à la norme nationale algérienne (**Arrêté du 02/01/2012**) (10 mg/l) et aux normes internationales (**FAO, 2003**) (10 mg/l), donc valables pour une mobilisation en irrigation (**figure 48)**.

Le rendement d'épuration de cette pollution est en moyenne de 51.53% ; l'automne est la saison où celui-ci est maximal soit le rendement 70 %. Selon **Savary (2010)**, le plomb est présent naturellement en faible quantité, il contribue à la pollution de l'environnement, sa solubilité est plus importante à en pH inferieur à 7.5. Une augmentation de la température de l'eau multiple la solubilité du plomb et le mauvais état des réseaux d'assainissement enrichi l'eau par cet élément.

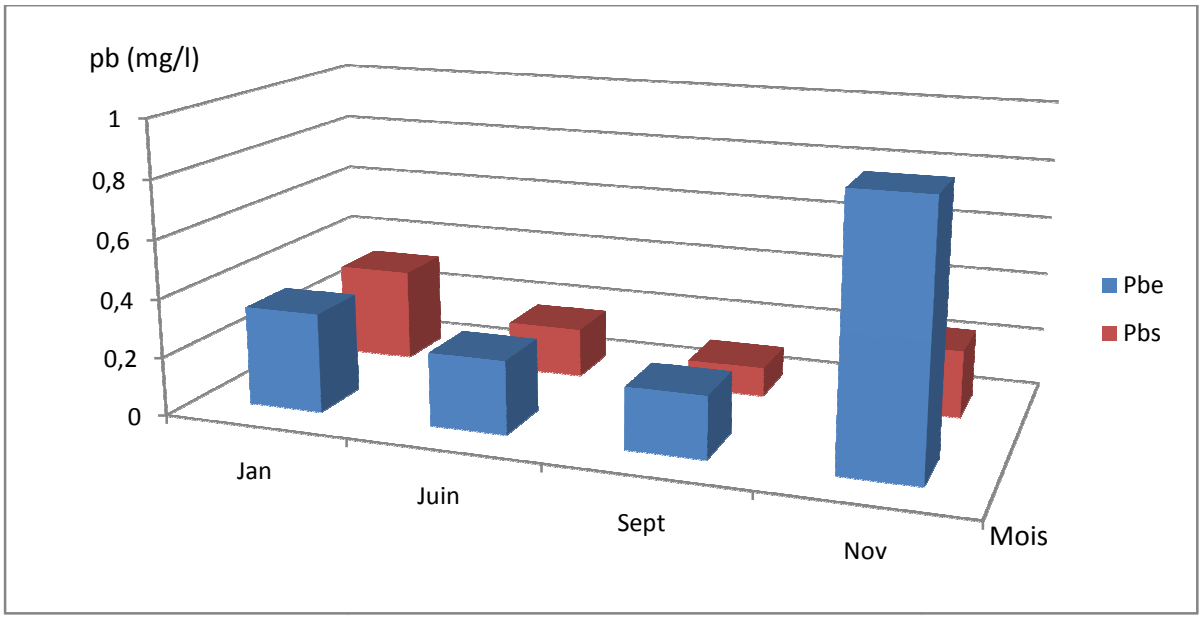


Figure 48: Evolution de plomb total au cours de l'expérimentation

o. Cadmium (Cd)

Les résultats indiquent des teneurs en Cd des eaux brutes variant entre 0.26 mg/l (janvier) et 0.72 mg/l (septembre). La concentration en Cd des eaux traitées est en moyenne de de l'ordre de 0.23 mg/l pour les quatre mois d'étude soit une moyenne de 0.55 mg/l (f**igure 49**). Cette dernière dépasse ainsi les normes internationales de la **FAO (2003)** (0.05 mg/l) et algériennes (0.05 mg/l) **(Arrêté du 02/01/2012)** d'où un risque quant à l'utilisation dans le secteur agricole.

Il faut noter un abattement moyen de 58.19 % de cette pollution où le rendement est meilleur pendant la période hivernale (64.52 %).

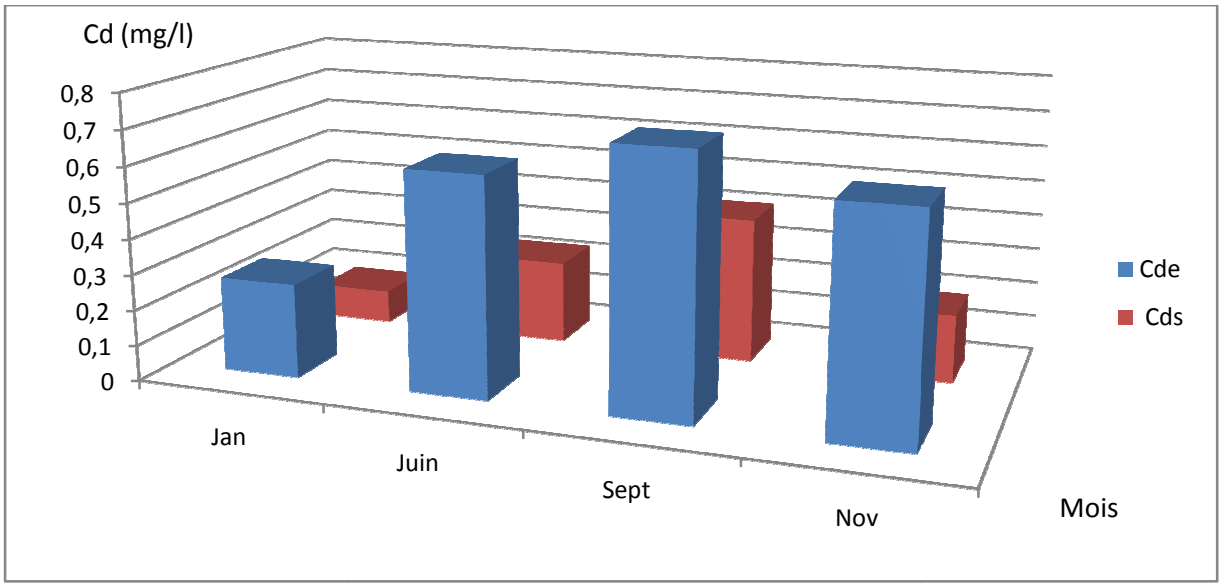


Figure 49: Evolution du cadmium au cours de l'expérimentation

p. Chrome (Cr)

Les résultats obtenus indiquent une concentration en chrome des eaux brutes variant de 0.4 mg/l (juin) à 0.5 mg/l (novembre) soit une moyenne de 0.47 mg/l. Parallèlement, la concentration en Cd des eaux traitées varie entre 0.06 mg/l au mois de novembre et 0.3 mg/l au mois de septembre soit une moyenne de 0.14 mg/l pour toute la période de l'expérimentation (**figure50)**. Cette valeur est en dessous des normes algériennes (1 mg/l) (**Arrêté du 02/01/2012)** et des normes internationales de **FAO (2003)** (1 mg/l) d'où un faible risque de contamination par l'irrigation.

Le rendement moyen de ces 04 mois d'expérimentation est de 69.57 %, il renseigne parfaitement sur l'efficacité des bassins de la station d'El-Oued dans le traitement de ce type de pollution. Ce rendement passe par un maximum de 76.85 % en hiver et un minimum (28 %) en automne. Cette diminution du rendement revient vraisemblablement à l'effet de l'utilisation importante de l'eau par les agglomérations de la ville au cours de cette période.

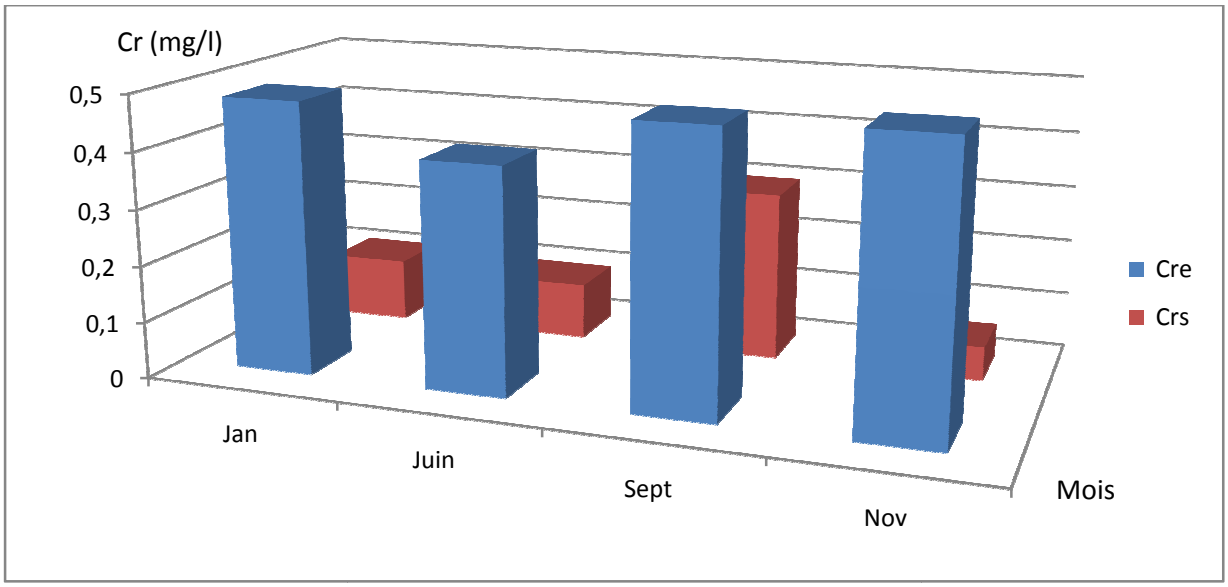


Figure 50: Evolution de chrome au cours de l'expérimentation

q. Cuivre (Cu)

La représentation graphique des variations saisonnières des concentrations en Cu des eaux brutes montre le balancement de ce paramètre entre une valeur minimale de 1.42 mg/l au mois de juin et une valeur maximale de 1.88 mg/l au mois de janvier, donnant une moyenne générale de 1.67 mg/l pour les quatre mois d'étude. Concernant les eaux traitées, leur concentration en Cu oscille dans un intervalle borné par les extrêmes suivant: un minimum de 0.06 mg/l au mois de novembre et un maximum de 0.8 mg/l au mois de janvier avec une moyenne de 0.35 mg/l pour toute la période d'étude (**figure 51**). Cette valeur place le Cu des eaux rejetées par la STEP1 au-dessous de la barre mentionnée dans les normes nationales (5 mg/l) (**Arrêté du 02/01/2012)** et normes internationales de **FAO (2003)** (5 mg/l), alors elle admette à l'irrigation agricole. Le rendement épuratoire pour cette pollution, ayant varié lui aussi d'une saison à un autre, il enregistre un minimum de 57.44 % en hiver et un maximum de 90.84% en été.

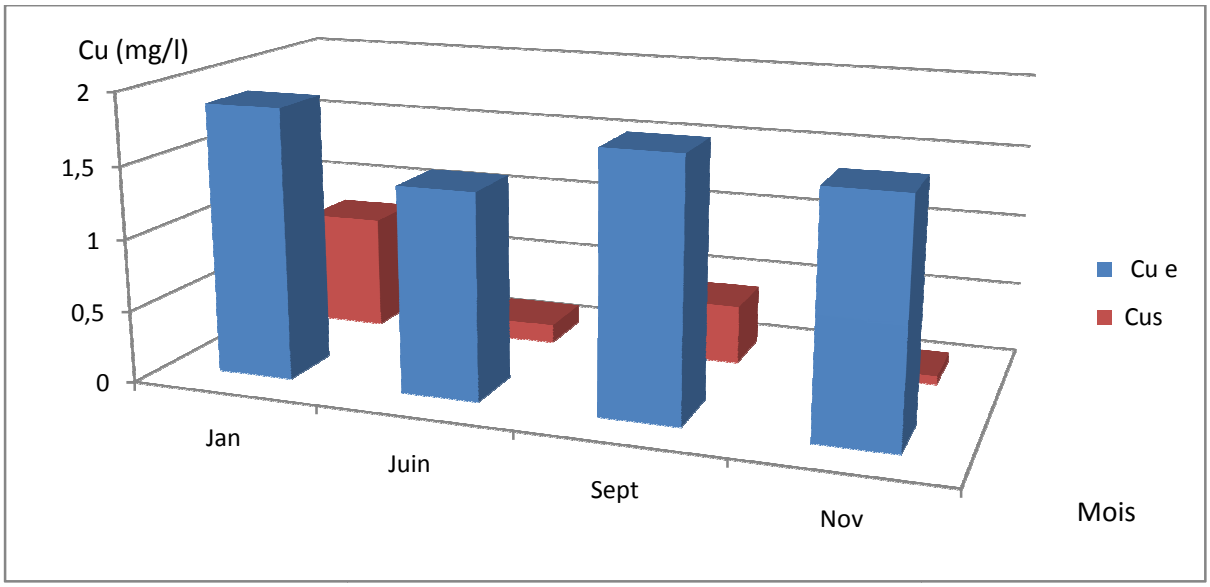


Figure 51: Evolution de cuivre au cours de l'expérimentation

r. Cyanures (CN)

La présence des cyanures à fortes concentrations dans les eaux usées les rend nocives et quelquefois extrêmement toxiques **(Chaouki et *al*, 2014)**. Les résultats obtenus indiquent une variation mensuelle des concentrations en CN au cours du temps. Elles se situent entre 0.094 mg/l enregistré au mois de juin et 0.129 mg/l au mois de septembre dans les eaux brutes et entre 0.013 mg/l au mois de novembre et 0.03 mg/l au mois de janvier dans les eaux traitées avec une valeur moyenne de 0.024 mg/l **(figure 52)**. Cette valeur est conforme aux normes algériennes d'irrigation (0.5 mg/l) (**Arrêté du 02/01/2012)**. La présence des cyanures est due aux rejets d'effluents industriels et agricoles **(Savary, 2010).**

Le rendement moyen obtenu est de 77.35 % passant par un maximum de 83.76 % en automne et un minimum de 69.07% en hiver.

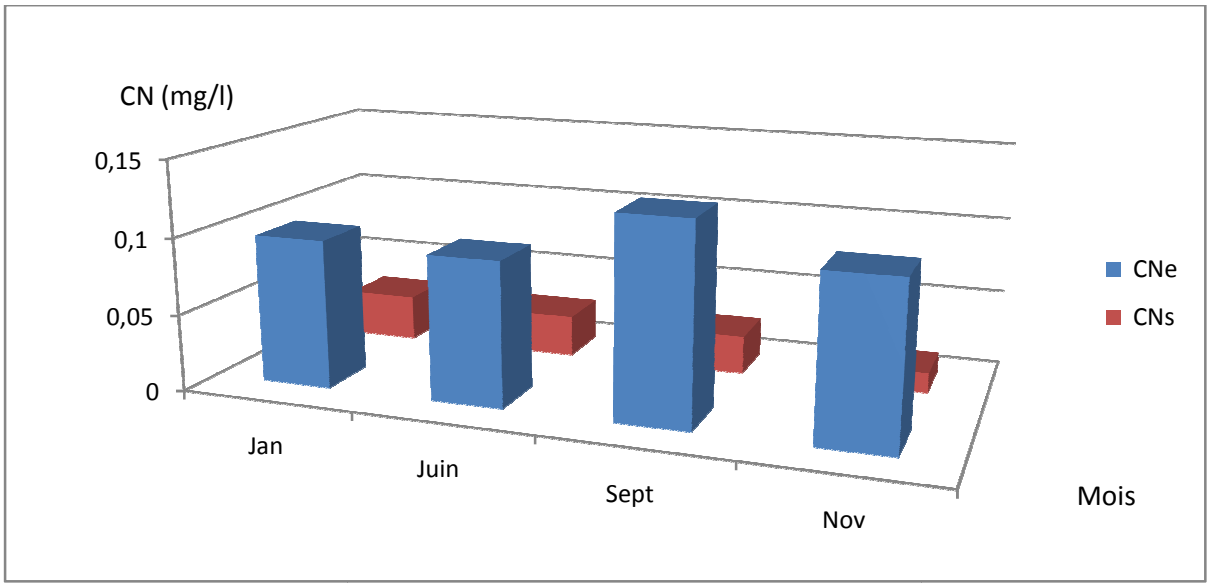


Figure 52: Evolution des cyanures au cours de l'expérimentation

s. Nickel (Ni)

Les résultats indiquent des concentrations en nickel des eaux brutes à hauteur de 2.73 mg/l en septembre et 7.05 mg/l au mois de juin soit une moyenne de 5.228 mg/l. Les eaux traitées relèvent une concentration de 1 mg/l au mois de janvier et 4.42 mg/l au mois de juin soit une moyenne de 2.77 mg/l pour toute la période de l'expérimentation (**figure 53**), ceci peut être expliqué par les rejets des petites industries ainsi que par la corrosion des conduits du réseau d'assainissement de la ville. Cette dernière valeur indique un dépassement des normes algériennes (2 mg/l) (**Arrêté du 02/01/2012)** et des normes internationales de la **FAO (2003)** (2 mg/l) d'où des risques de pollution.

Le rendement de Ni a atteint un maximum de 81.06 % en hiver et minimum 33.91 % en automne. D'après **Savary(2010),** la présence du nickel est liée aux activités humaines, les concentrations dans l'eau traitée peuvent être significatives du fait de l'utilisation d'accessoires de plomberie nickelés. Cet abaissement du rendement revient vraisemblablement à l'effet de la diminution des températures au cours de cette période. L'élimination de ce type de pollution par les bassins de la STEP1 d'El-Oued n'est pas satisfaisant pour le moment.

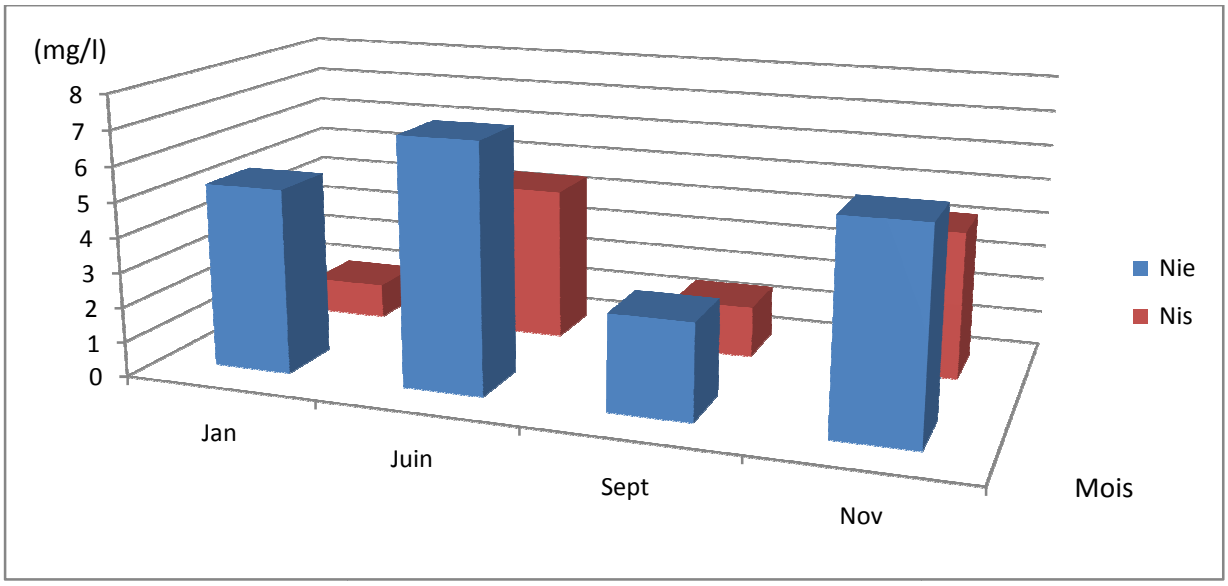


Figure 53: Evolution du Nickel au cours de l'expérimentation

Conclusion

Le suivi des paramètres physico chimiques des eaux usées brutes et épurées de la nouvelle station d'épuration de Kouinine nous a permis de déduire que :

- Les rendements épuratoires de la technique de lagunage aéré ont atteint des valeurs de 83.09%, 81.45% et 79.14%, respectivement pour la DBO_5, DCO et MES. Nous avons constaté que les rendements en DBO_5 sont plus importants que ceux de la DCO, puisque le système d'épuration par lagunage aéré réduit considérablement la partie biodégradable de l'effluent.
- Les concentrations des métaux analysés au niveau de la sortie de la STEP1 suit en général l'ordre suivant Ni > Cu > Cd> Pb > Cr > CN**.**
    - Pour les substances azotées, l'azote ammoniacal présente une teneur très élevée par rapport aux autres formes oxydées. La quantité d'azote excédentaire peut avoir des impacts néfastes sur l'environnement. En effet, l'azote en quantité excessive peut, d'une part, provoquer dans un sol très perméable la contamination des eaux souterraines et, d'autre part, retarder la maturation de certaines cultures et accentuer la tendance à la verse pour les céréales **(Faby et *al*, 1997).**

- La qualité des eaux épurées de la station est conforme aux valeurs limites nationales et internationales pour les paramètres suivants: **pH, T, NO_3^-, NO_2^-, Pb, Cr, Cu, CN**. Elle dépasse ces normes pour les paramètres suivants : **O_2, CE, DCO, DBO_5, MES, NT, PO_4^{-3}, Cd, Ni.**

Au terme de cette évaluation du degré de pollution physico-chimique, on conclut que l'ensemble des paramètres étudiés, en particulier les paramètres de pollution organique (DBO_5, DCO et MES) situent les eaux usées de ville d'El Oued dans la tranche de concentration moyenne à importante d'après **Metcalf & Eddy, Inc(2003)**. Ceci est lié à la faible dilution de la matière organique en raison de la consommation plus ou moins limitée d'eau par habitant en comparaison avec les pays développés.

1.1.2. Analyses bactériologiques

L'étude des paramètres bactériologiques a porté sur la quantification des paramètres d'origine fécale: coliformes fécaux (CF) et streptocoques fécaux (SF). La présence de bactéries coliformes dans un milieu signifie forcement une contamination fécale **(Merradi, 2012)**. Concernant les germes pathogènes, seuls les salmonelles, staphylocoques, les clostridiums et les vibriocholoriques ont été déterminés, étant donné le risque épidémiologique associé à leur présence dans une eau qui peut être destinée à la réutilisation.

Cependant, il est bon de signaler que la seule recherche des bactéries témoins de contamination fécale en vue d'évaluation des performances épuratrices sanitaires d'une filière de traitement des eaux usées est discutable **(Borrego et *al*, 1983 ; 1987 ; 1990 ; Lijklema et *al*, 1987)**. En effet, la sensibilité ou la résistance des bactéries témoins de contamination fécale soumises aux phénomènes d'épuration en bassins de lagunage n'est, peut-être, pas comparable à celle des bactéries pathogènes rencontrées dans les eaux usées urbaines **(Walker, 1977)**.

Les résultats des analyses bactériologiques à l'entrée de la station d'épuration révèlent la présence de germes indicateurs de contamination fécale ainsi que certains germes pathogènes. Nous remarquons que les coliformes fécaux à la sortie de la station varient entre 160 et 11.10^2 UFC/100 ml avec une moyenne de $7,86.10^2$ UFC/100 ml, alors qu'à l'entrée de la station, les coliformes fécaux sont relativement stables oscillant autour d'une valeur de

l'ordre de 14.10^7 UFC/100 ml (**Tableau 13)**. Les résultats montrent une grande concentration de coliformes fécaux dans les eaux usées à l'entrée ce qui signifie une dense contamination des eaux. Cette concentration est remarquablement diminuée dans les eaux traitées. La présence des (CF) dans les eaux usées brutes ne présente pas de fluctuations significatives durant toute la période de notre étude.

L'élimination des coliformes fécaux dans le lagunage dans la station de Kouinine est due à la combinaison de plusieurs conditions qui leur sont défavorables et qui sont plus accentuées en été. La température du milieu à une action directe sur la survie des micro-organismes **(Mara, 1980)**. Selon **Pearson *et al,* (1987)** et **Olukanni & Ducoste (2011)**, la vitesse d'élimination des bactéries augmenterait, avec la température par augmentation de leur activité métabolique. Selon **El hachemi (2012),** le rayonnement UV peut avoir une action directe sur l'élimination des germes indicateurs par leur action photochimique, induisant des dommages dans le matériel génétique des cellules et empêchant ainsi leur reproduction. Le facteur oxygène dissous pourrait revêtir également une importance quant à l'effet sur la viabilité des bactéries dans l'eau **(Pearson et *al,* 1987; Olukanni & Ducoste, 2011)**. La teneur en oxygène dissous dans une station de lagunage dépasse souvent la saturation et atteint ses valeurs maximales en été.

De plus, l'importante prolifération algale en cette période de l'année (été) y contribue, et ce, par deux processus différents, à savoir : l'augmentation du pH par consommation du CO2 dissous dans l'eau **(Pearson et *al,* 1987; James, 1987; Olukanni & Ducoste, 2011)** et la sécrétion de certaines substances bactéricides **(Aubert et Auber, 1986)**. En effet, **Pearson et *al* (1987)** et **James (1987),** rapportent que des valeurs de pH voisines de 9 favorisent la disparition des coliformes fécaux.

Il est démontré sous climat tempéré que l'abattement des coliformes fécaux dans les bassins de lagunage suit un cycle saisonnier avec des maxima en été des minima en hiver **(Mezrioui, 1987; Bahlaoui, 1990)**. Les principaux facteurs identifiés par ces auteurs comme ayant une influence directe sur l'abattement de ces bactéries sont : le rayonnement solaire et la température de l'eau du bassin. D'autres facteurs tels que la charge en DBO_5, les concentrations en oxygène dissous semblent avoir respectivement des effets positifs et négatifs sur la survie des coliformes fécaux dans les bassins de lagunage **Bahlaoui (1990)**.

D'après **Koné et *al* (2002),** l'intensité et la durée du rayonnement solaire sont des facteurs qui plaident en faveur du bon fonctionnement des bassins de lagunage en Afrique. Elle favorise une intense activité photosynthèse algale qui peut contribuer à maintenir le pH à des valeurs supérieures à 8.

Les résultats obtenus sont très encourageants car la réduction des risques sanitaires doit être le principal objectif de l'épuration des eaux dans cette région pour une meilleure promotion de la réutilisation des eaux traitées. L'augmentation de la charge organique influence négativement l'abattement des coliformes fécaux.

Concernant l'analyses des streptocoques fécaux (SF), on a obtenu des résultats qui varient entre 200 et 300 UFC/100 ml avec une moyenne de 235 UFC/100 ml pour la sortie, ces valeurs à l'entrée de la station varient entre 300 UFC/100 ml et 14.10^2 UFC/100 ml. Le nombre des streptocoques est assez élevé dans les eaux brutes et cela est dû probablement à la température qui est le seul facteur influençant leur développement. Pour les eaux épurées, le nombre a diminué sous l'effet du traitement.

Le nombre des streptocoques dans l'eau est lié à la concentration de la matière fécale dans cette eau. Ces bactéries sont très sensibles aux variations physicochimiques du milieu et indiquent, souvent une contamination récente de ce milieu **(Joffin, 1999).**

Les résultats obtenus indiquant une diminution significative des coliformes fécaux de 88.57% et des streptocoques fécaux de 85% attestent d'un rôle très satisfaisant que joue cette station d'épuration dans la décontamination des eaux usées brutes.

Les résultats d'analyse des coliformes fécaux en dates de **01/10/2013 et 21/11/2013** (160 UFC/100 ml) et des Streptocoques fécaux des eaux traitées,se situent au-dessous des normes algériennes ($<10^3$ UFC/100 ml) (**Arrêté du 02/01/2012).** De ce fait, il est possible d'utiliser ces eaux usées traitées pour une irrigation restrictive des arbustes fourragers et différentes cultures céréalières, industrielles et pour les arbres fruitiers, forestiers et aussi pour les plantes florales et ornementales à condition, bien entendu, que la concentration en nématodes intestinaux soit inférieure à 1 œuf par litre, comme le stipule l'Arrêté du **02/01/2012**.

Les germes pathogènes des salmonelles et des vibriocholoriques sont absents à l'entrée et à la sortie de la station sauf les staphylocoques et les clostridiums dont le nombre varie entre 6 et 19 spores à l'entrée de la station et 0 et 1 spore a la sortie de la station (**tableau 13)**.

Par comparaison entre la quantité des germes dans les eaux brutes et les eaux traitées, on a marqué que pour les coliformes fécaux le rendement atteint un maximum de 99.99% durant la période chaude et un minimum de 88.57% durant la période fraiche. Pour les streptocoques fécaux, le rendement atteint un maximum de 85% au printemps et un minimum de 33.33% en l'été. Durant cette même saison, le rendement des clostridiums oscille entre 66.66% durant le mois de juillet et 100% durant le mois d'Août (**tableau 13**).

Tableau 13 : Résultats des analyses Bactériologiques des eaux usées de la STEP1 (2013)

Date	Germes														
	Coliformes fécaux /100 ml			Streptocoques fécaux/100ml			Clostridiums(spores)			Salmonelles		Staphylocoques		Vibriocholorique	
	CFe	**CFs**	**Rdt (%)**	**SFe**	**SFs**	**Rdt (%)**	**ClOe**	**CLOs**	**Rdt (%)**	**SAe**	**SAs**	**STe**	**STs**	**VIe**	**Vis**
22/05/2013	14.10^7	11.10^2	99,99	14.10^2	210	85	19	1	94,73	_	_	+	+	_	_
24/06/2013	14.10^7	11.10^2	99,99	300	200	33,33	15	1	93,33	_	_	+	+	_	_
10/07/2013	14.10^7	11.10^2	99,99	300	200	33,33	6	2	66,66	_	_	+	+	_	_
25/08/2013	14.10^7	11.10^2	99,99	14.10^2	300	78,57	10	0	100	_	_	+	+	_	_
01/10/2013	14.10^2	160	88,57	14.10^2	250	82,14	19	2	89,47	_	_	+	+	_	_
21/11/2013	14.10^2	160	88,57	14.10^2	250	82,14	16	2	87,5	_	_	+	+	_	_

Rdt : Rendement

+ Présentes

-Absentes

e : entrée, **s** : sortie.

1.1.3. Analyses parasitologiques

A l'entrée de la station, l'étude parasitologique a révélé l'existence d'œufs d'helminthes avec une concentration moyenne de 06 œufs/l. À la sortie, l'eau traitée ne contient plus d'œufs. La station de traitement des eaux usées de Kouinine assure donc une élimination totale des œufs d'helminthes. Ces résultats correspondent à ceux rencontrés dans la littérature **(El halouani, 1993 ; 1995)**. En effet, les œufs d'helminthes, caractérisés par une importante densité, sont éliminés généralement au niveau du premier bassin de lagunage par simple décantation **(El hachemi, 2012)**.

L'examen microscopique des échantillons des eaux usées brutes a permis de mettre en évidence des œufs appartenant à deux groupes d'helminthes parasites : les nématodes et les cestodes et à trois espèces (**tableau 14)** qui sont: **Taenia humenolepis nana (photo 24), Ascaris l'ambriocoide trichocéphale (photo 25), Enterobius vermicularis (photo 26).** Il est généralement admis que l'élimination des œufs d'helminthes dans les systèmes de lagunage se fait par décantation. Les résultats que nous avons obtenus pour les eaux usées traitées sont conformes aux normes algériennes de réutilisation agricole (**Arrêté du 02/01/2012**). Par conséquent, en tenant compte de la concentration en coliformes fécaux trouvée ($<10^3$ UFC/100 ml) et de la concentration en œufs d'helminthes qui est < 1 œuf/l, on peut conclure que ces effluents pourraient être réutilisés pour une irrigation restrictive des arbustes fourragers et différentes cultures céréalières, industrielles et pour les arbres fruitiers, forestiers et aussi pour les plantes florales et ornementales.

Tableau 14 : Nombre d'espèces indicatrices de pollution parasitaire (œufs d'helminthes) dans les eaux usées brutes de la STEP1 **(2013)**

Agent patogènes	Groupe	Nombre d'œufs/l
Taeniahumenolepisnana	**Cestode**	**02**
Ascarisl'ambriocoidetrichocéphale	**Nématode**	**03**
Enterobiusvermicularis	**Nématode**	**01**
Total	**/**	**06**

Photo 24: Taenia humenolepis nana
Sous microscope **($G \times 40$)**

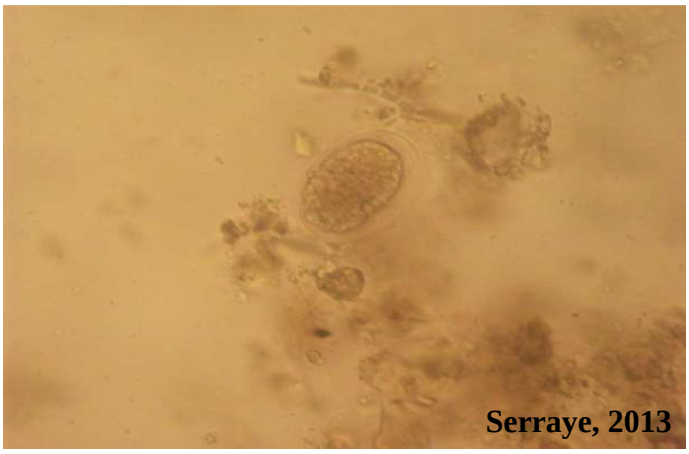


Photo 25: Ascarisl'ambriocoide trichocéphale
Sous microscope **($G \times 40$)**

Photo 26: Enterobius vermicularis sous microscope **($G \times 40$)**

1.1.4. Identification des phytoplanctons

Après l'examen microscopique des échantillons d'eau prélevés, nous présentons dans le **tableau 15** la liste systématique du phytoplancton collecté dans les bassins de finition de la STEP1 d'El-Oued suivant la classification établie par **Bourrelly (1970) et Sournia (1986)**. Nous avons également utilisé un site Web spécialisé dans la systématique des algues microscopiques **(http://www.algaebase.org/search/genus/detail/ ? genus_ id=43720)**. L'identification a été poussée jusqu'au genre seulement, ceci est dû à la forte similitude entre les espèces qui représentent le même genre. En ce qui concerne l'étude phytoplanctonique, nos résultats montrent que le site prospecté regroupent une flore microalguale composée de 07 genres, appartenant à 07 classes, qui sont: Zygnemophyceae, Synurophyceae, Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Euglenophyceae, Trebouxiophyceae, Chlorophyceae **(photos 27 à 33)**.

Tableau 15 : Inventaire taxinomique du phytoplancton recensé dans la station de traitement des eaux usées traitées de STEP1 d' El-Oued **(2013)**.

Classe	**Ordre**	**Famille**	**Genre**	**25/05/2013**	**26/06/2013**	**01/10/2013**
Zygnemophyceae	Desmidiales	Closteriaceae	*Closterium*	+	+	-
Chlorophyceae	Chlorococcales	Scenedesmaceae	*Scenedesmus*	+	+	+
Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	*Synedra*	+	-	+
Cyanophyceae	Oscillatoriales	Pseudanabaenaceae	*Spirulina*	+	+	+
Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	*Euglena*	-	+	+
Trebouxiophyceae	Chlorellales	Oocystaceae	*Oocystis*	+	+	+
Synurophyceae	Synurales	Mallomonadaceae	*Synura*	-	-	+

+ Présent - Absent.

Le maillon phytoplanctonique joue un rôle primordial dans le fonctionnement d'une filière de lagunage pour le traitement des eaux usées ; la variation de sa densité et de sa composition a un effet direct sur les performances épuratrices vis-à-vis de la charge organique et microbiologique. Il est également à l'origine de variations de certaines caractéristiques chimiques de l'eau, telles que la teneur en oxygène dissous ou les valeurs de pH. L'élimination ou la récupération du phytoplancton pourrait être une intéressante perspective pour améliorer la qualité de l'effluent traité. Ceci pourrait se faire par plusieurs procédés tels que la flottation, la centrifugation, la filtration sur sable ou encore la floculation **(El hachemi, 2012)**.

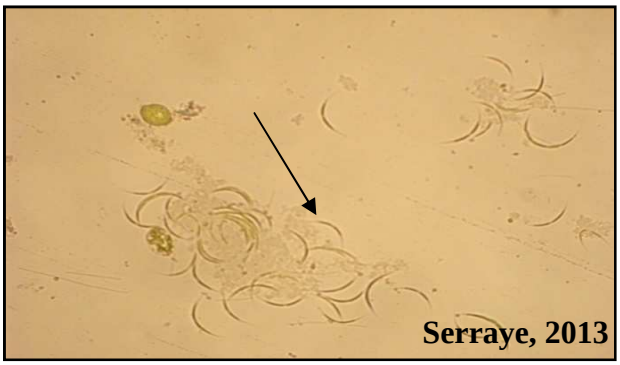


Photo 27: *Closterium* sousmicroscope
(G ×40)

Photo 28:*Scenedesmus*sousmicroscope
(G ×40)

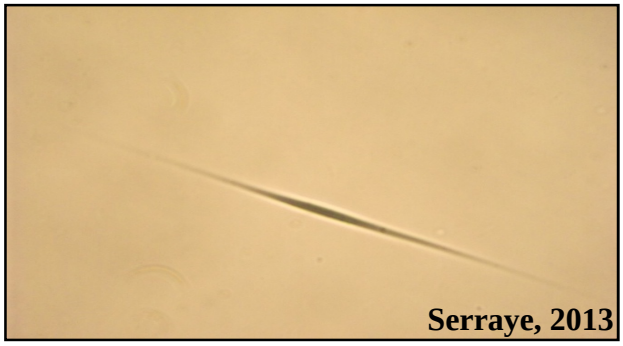


Photo 29:*Synedra* sousmicroscope
(G ×40)

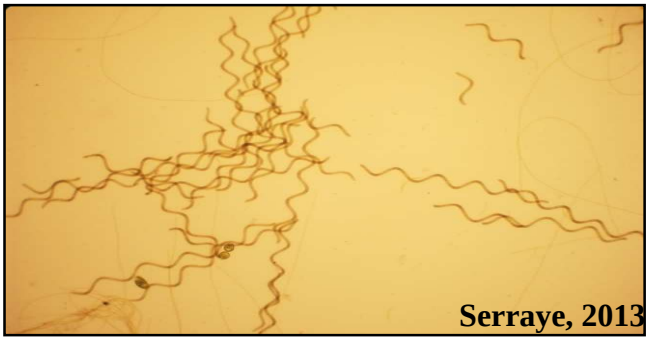


Photo 30:*Spirulina* sousmicroscope
(G ×40)

Photo 31:*Euglena* sousmicroscope
(G ×100)

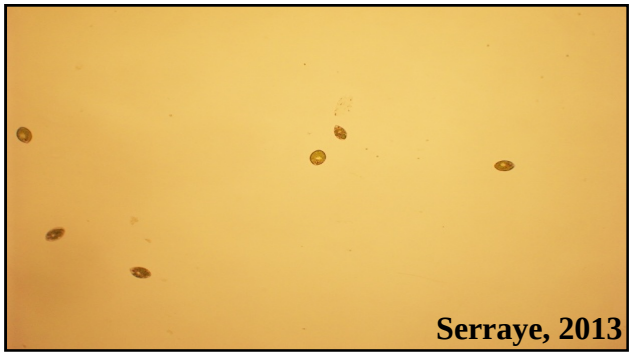


Photo 32:*Oocystis* sousmicroscope
(G ×40)

Photo 33:*Synura* sousmicroscope
(G ×40)

1.2. Caractérisation quantitative

Le volume annuel des eaux usées brutes, arrivant à la STEP1 par réseau d'assainissement est de l'ordre de 6827785 m^3 **(tableau 16)**. Concernant les eaux usées traitées et rejetées au niveau du récepteur chott Halloufa, le volume annuel est de 6552770 m^3 pour une moyenne de 546064,1 m^3/mois. A partir d'une comparaison entre les volumes des eaux à l'entrée et ceux de la sortie de la station d'épuration, une différence de 22917,91 m^3/mois ressort entre les débits moyens mensuels pour s'élever à 275015 m^3 comme volume annuel perdu au niveau de la STEP1. Ces volumes sont essentiellement perdus sous l'effet de l'évaporation importante caractérisant le milieu saharien, étant donné que les pertes dans le sol peuvent être considérées comme nulles du fait de l'existence d'une géomembrane au fond de chaque bassin qui empêche toute infiltration des eaux en profondeur.

Tableau 16 : Volume des eaux usées d'entrée et de sortie de la STEP1 **(2013)**

Année 2013	**Volume d'eau usée m^3 /mois**	
les mois	**Eaux d'entrée (brutes)**	**Eaux de sortie (traitées)**
Janvier	556198	552720
Février	513187	488118
Mars	577170	555511
Avril	561256	520545
Mai	556386	534898
Juin	551587	542980
Juillet	553721	535504
Aout	566228	536822
Septembre	573962	549640
Octobre	607511	579079
Novembre	605003	561884
Décembre	605576	595069
Total	6827785	6552770

2. Eaux de drainage

2.1. Caractérisation qualitative

La caractérisation qualitative des eaux de drainage à été réalisée au niveau de la station de pompage ST10.

2.1.1. Analyses physico-chimiques

a. Salinité et conductivité électrique : Nous avons enregistré une valeur moyenne de salinité de l'ordre de 3.6 mg/l ainsi qu'une conductivité électrique de ces eaux est de 6.64 mS/cm. Les différentes caractéristiques des eaux de drainage sont mentionnées dans le **tableau 17** ci-après.

b. Composition ionique : la composition chimique de l'eau de drainage indique une présence d'anions dans l'ordre suivant : SO_4^{--}> Cl^-> HCO_3^- avec un rapport Cl^-/SO^-_4 de **0.19**. Quant aux cations, ils se classent dans l'ordre suivant: Ca^{2+}> K^+> Na^+ >Mg^{2+} avec un rapport $Ca^{2+/}Mg^{2+}$ de **6.38** d'où des eaux de drainage dominées par un caractère sulfato-calcique.

En plus de sa dominance dans la composition anionique, le SO_4^{2-}enregistre une valeur de 6491.20 mg/l, l'expression de ce dernier en pourcentage de la somme des anions donne la valeur de 81.03 %. Pour les ions Cl^- bien que leurs concentrations soient moins élevées par rapport à celles du SO_4^{2-}, on a enregistré une valeur de 1276.30 mg/l. Les ions PO^-_4 présentent les teneurs les plus faibles dont la valeur est de 0.40 mg/l.

Les eaux de drainage se chargent en potassium dont la concentration est de 417.90 mg/l. Du point de vue des teneurs relatives par rapport aux autres cations, on note un enrichissement en potassium dans les eaux drainées de 24.84%.

En plus de sa dominance dans la composition cationique, le Ca^{2+} enregistre une valeur de 729.45 mg/l. L'expression de ce dernier en pourcentage de la somme des anions donne relativement un accroissement de 43.36 %. Les teneurs des ions Mg^{2+} atteignent une valeur de 114.23 mg/l, leur teneur relative par rapport aux autres cations est de 6.79 %. Les eaux de pluies successives peuvent solubiliser les ions Ca^{2+} à partir des roches carbonatées et Mg^{2+} à

partir des roches dolomitiques **(Rodier, 1996)** et les faire parvenir jusqu'aux eaux de la nappe **(Hagedorn et *al*, 1999)**.

Tableau 17 : Caractéristiques des eaux de drainage (20/05/2013)

Paramètres	**Station de pompage (ST10)**
Ca^{++} (mg/l)	729.45
Mg^{++} (mg/l)	114.23
Na^{+} (mg/l)	420.47
K^{+} (mg/l)	417.90
Fe^{2+} (mg/l)	00
∑cation (mg/l)	1682,05
Cl^{-} (mg/l)	1276.30
SO_4^{--} (mg/l)	6491.20
CO_3^{--} (mg/l)	00
HCO_3^{-} (mg/l)	179.340
NO^{-}_2 (mg/l)	2.75
NO^{-}_3 (mg/l)	60.49
PO^{--}_4 (mg/l)	0.40
∑anion (mg/l)	8010,48
Ca^{++}/Mg^{++}	6.38
Cl^{-}/SO_4^{-}	0.19
pH	7.12
CE (mS/cm)	6.64
T (°C)	27.3
Salinité (g/l)	3.6
Turbidité (NTU)	1.01

2.2. Caractérisation quantitative

En suivant la démarche décrite dans la partie matériels et méthodes, le volume annuel des eaux de drainage, pompé au niveau de la ST10 et rejoignant chott Halloufa, est estimé à 5940601,80m3/an **(ONA, 2013)**. Toutefois, il est important de rappeler que les quantités

d'eaux excédentaires pompées et évacuées à 45 km en dehors de la ville d'El-Oued, participeront au désengorgement progressif de la palmeraie des ghouts. Cet excédent hydrique agricole va également charrier avec lui tous les éléments pouvant provoquer la salinisation des sols au niveau milieu récepteur.

3. Impacts des aménagements

3.1. Quantités de sels exportées annuellement en dehors d'El-Oued par les eaux excédentaires

Les quantités de sels exportées en dehors d'El Oued par les eaux excédentaires vers le chott Halloufa ont été quantifiés en date du le 17/12/2013 **(tableau 18).** A cette date et à l'arrivée de ce mélange (eaux usées traitées et eaux de drainage) au niveau du chott, l'eau présentait une teneur en sels de l'ordre 3.3 mg/l. En multipliant cette dernière par le volume annuel des eaux excédentaires (**12493371,8m^3**), la masse de sels qui est exportée annuellement par cet excédent hydrique agricole avoisine les **41.22 tonnes**.

Cette énorme quantité de sels explique parfaitement la contribution du réseau d'assainissement agricole dans la lutte contre la salinisation des sols de la palmeraie. S'agissant de l'impact de ce système d'évacuation sur le lieu de rejet, on peut considérer que cet apport en sels sur les sols du chott n'est pas à craindre du fait que ce milieu récepteur constitue déjà un lieu d'accumulation de sels et une zone d'épandage naturelle. La précipitation des sels sous l'effet de l'évaporation, ainsi qu'avec d'autres sédiments, favorisera le colmatage qui contribuera à renforcer progressivement l'imperméabilité des sols du milieu récepteur.

Tableau 18 : Caractéristiques des eaux de rejet prélevées à chott Halloufa le 17/12/2013

Paramètre	**Unité**	**Eau de rejet (Mélange)**
pH	/	6.92
T	°C	11.8
Conductivité	ms/cm	6.47
Salinité	g/l	3.3
Concentration d'oxygène	mg/l	7.6
Turbidité	NTU	3.25
DBO_5	mg/l	11.5
DCO	mg/l	30
$N\text{-}NO^-_2$	mg/l	0.7
$N\text{-}NO^-_3$	mg/l	10.9
$N\text{-}NH^+_4$	mg/l	8.1
$P\text{-}PO_4^{3-}$	mg/l	1.4
MES	mg/l	11

3.2. Impacts sur la nappe phréatique

En se référant aux résultats **(tableau 19)**, représentant la variation de la profondeur d'eau de la nappe phréatique dans quelques points de la ville d'El-Oued entre décembre 2006 et janvier 2012, il apparaît que le niveau général de cette nappe a légèrement monté passant respectivement de 5.95 à 5.73 m soit une différence 0.21m. Cependant, les travaux d'aménagement pour la lutte contre la remontée de la nappe phréatique ont généré, au niveau de la moitié des piézomètres recensés, un rabattement très net dans trois endroits : Ecole NEDJMOUH Med Tahar (D40), Hôtel des finances (D43) et Ecole MEÏACI Abdelouahab (D45). Au niveau de ces trois piézomètres, la nappe a connu un rabattement respectif de 1.1m, 5.13m et 1.5m. Aussi, on a remarqué un léger rabattement de la nappe phréatique entre 0.17 et 0.82 m au niveau du Château d'eau Chott (D1), CEM Tiksebt Nord (D3) et École Ferhat Ben Amara (D8).

En définitive, les résultats obtenus concernant la variation du niveau de la nappe phréatique ne sont pour le moment pas très concluants dans la mesure où le système de drainage vertical mis en place dans le cadre du projet de lutte contre la remontée de la nappe

phréatique n'a été mis en service qu'en 2012. Il est donc trop tôt d'évaluer son effet sur le rabattement du niveau de la nappe.

Tableau 19 : Variation de la profondeur d'eau de la nappe phréatique entre deux campagnes (**Décembre 2006 et Janvier 2012**)

N° de Forage	Profondeur eau (m)		
	Décembre 2006	**Janvier 2012**	**Variation**
D 01	4.94	5.11	0.17
D 03	6.99	7.81	0.82
D 08	3.27	3.60	0.33
D 13	2.69	1.00	-1.69
D 14	2.59	2.50	-0.09
D 18	7.40	1.90	-5.50
D 39	11.41	7.88	-3.53
D 40	11.10	12.20	1.10
D 43	5.77	10.90	5.13
D 45	4.32	5.82	1.50
D 54	4.94	4.36	-0.58
Moyenne	5.95	5.73	-0.21

4. Analyse statistique

L'Analyse en Composantes Principales Normalisées (ACP) des données physicochimiques et bactériologiques des eaux usées brutes et traitées, nous a permis de faire ressortir les corrélations existantes entre les différents paramètres et de différencier une zonalité de la qualité d'eau usée dans la région étudiée.

4.1. Analyse statistique des paramètres physico-chimiques

Les caractéristiques des variables à l'entrée et à la sortie du STEP1 durant la période d'étude (moyenne, écart type) sont mentionnées dans le **tableau 0I, annexe 01.** La contribution des individus (semaine 1 jusqu'à la semaine 49) et des variables (paramètres physico-chimiques) pour la construction des axes est égale 16.33% pour l'axe 1 et 13.36%

pour l'axe 2. Les deux premières composantes principales (axe 1 et axe 2) expliquent 29.69% d'inertie (ces axes sont retenus pour la suite de l'étude).

La matrice de corrélation (**tableau 02, annexe 01)** entre les paramètres montre :

- L'existence d'une très forte corrélation entre le phosphore total des eaux usées brutes et traitées (r=0.995) et la température des eaux usées brutes et traitées (r=0.789). l'azote totale des eaux usées brutes et traitées (r=0.917). par ailleurs, la température des eaux usées traitées est inversement corrélée avec l'oxygène des eaux usées traitées (r= -0.687) et brutes (r=- 0.595).
- L'existence d'une forte corrélation entre la conductivité électrique des eaux usées brutes et traitées (r=0.564), les nitrates des eaux usées brutes et le phosphore total des eaux usées brutes (r=0.510) et le phosphore total des eaux usées traitées (r=0.516); l'azote ammoniacal des eaux usées brutes et traitées (r=0.530).
- L'existence de 40 autres corrélations dont 22 sont négatives.

Le **tableau 03, annexe 01** mentionne les cosinus carrés des treize variables présentent sur l'axe 1 et 2, les paramètres pris en considération notamment la température des eaux usées brutes (0.494) et traitées (0.604), le phosphore total des eaux usées brutes (0.462) et traitées (0.482) sont fortement corrélés dans la formation de l'axe 1 par rapport à l'axe 2 qui est faiblement corrélé avec ces mesures.

L'axe 1 (**figure 54**) est fortement dominé par l'opposition entre: **T, DBO_5, Nt, CE, NO_2^-**d'une part et: **DCO, NO_3^-, MES, Pt, NH_4^+, O_2**, d'autre part. Cet axe décrit l'activité épuratrice de la STEP1.La représentation des individus dans la carte factorielle (**figure 51**) indique des groupements en fonction des facteurs climatiques et des facteurs de charge polluante ; nous distinguons 3 groupes: -

-**Groupe A:** correspondant au mois de Janvier à Mars, caractérisé par une forte dominance des valeurs de PO_4^{3-} des eaux usées à l'entrée de la station ; du pH au niveau à la sortie de la station et DCO, NO_3^-, MES, Pt, NH_4^+ et O_2 dans les deux cas.

- Groupe B: correspondant au mois de Avril à Décembre, caractérisé par une forte dominance des valeurs de : T, DBO_5, Nt, CE, NO_2^-.

- **Groupe C:**correspondant au mois de Juin caractérisé par un pique des teneurs en phosphore total (Pt) causé vraisemblablement par l'arrivée d'effluents fortement chargés en matière organique phosphorée à la STEP1.

Cette analyse en composantes principales a permis de mettre en évidence :

- L'importance des facteurs climatiques dans le fonctionnement du lagunage aéré,

- L'impact des fortes charges polluantes sur l'efficacité épuratoire de l'écosystème.

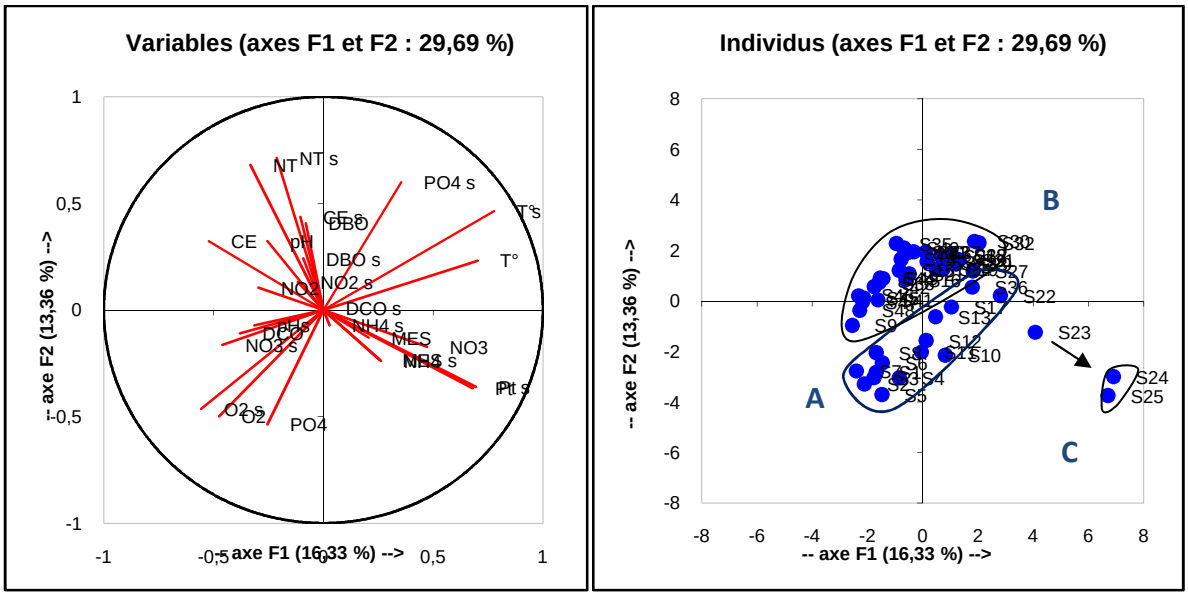


Figure 54: Analyse en composante principale. **A :** Cercle de corrélations des paramètres physicochimiques dans le plan factoriel, **B :** carte factorielle des semaines.

4.2. Analyse statistique des métaux

Les caractéristiques des variables à l'entrée et à la sortie de la STEP1 durant la période d'étude (moyenne, écart type) sont donnés dans le **tableau 04, annexe 01.** La contribution des individus (Janvier, Juin, Septembre, Novembre) et des variables (métaux) pour la construction des axes est égales 42.49% pour l'axe 1 et 36.64% pour l'axe 2. Les deux premières composantes principales (axe 1 et axe 2) expliquent 79.13% d'inertie lesquels sont retenus pour la suite de l'étude. La matrice de corrélation (**tableau 05, annexe 01)** entre les paramètres montre:

- L'existence d'une très forte corrélation entre le cadmium des eaux usées brutes et traitées(r= 0.849) ; le cadmium et le chrome des eaux usées traitées (r=0.836) ; le cadmium des eaux usées traitées et les cyanures des eaux usées brutes (r= 0.852) ; le chrome des eaux usées traitées et le cyanure des eaux usées brutes (r= 0.882) ; le cuivre des eaux usées brutes et traitées(r= 0.836).

-L'existence d'une très forte corrélation négative entre le plomb des eaux usées brutes et les cyanures des eaux usées traitées (r= -0.90) ; le plomb des eaux usées traitées et le cadmium des eaux usées brutes et traitées respectivement r= -0.918 et -0.964; le nickel des eaux usées brutes et le chrome des eaux usées traitées et le cyanures des eaux usées brutes respectivement r= -0.896 et -0.928 ; le nickel des eaux usées traitées et le cuivre des eaux usées brutes et traitées respectivement r= -0.913 et -0.917 .

- L'existence d'une forte corrélation entre: le plomb et le chrome, le nickel et le cuivre, le nickel et le chrome, le cuivre et le cadmium, le cuivre et le chrome.

- L'existence de 08 autres corrélations dont 04 sont inversement corrélées.

Le **tableau 06, annexe 01** expose les cosinus carrés des différentes variables présentent sur l'axe 1 et 2, les paramètres pris en considération notamment le chrome des eaux traitées (r= 0.949), les cyanures des eaux usées brutes (0.815) et le nickel des eaux usées brutes (0.938) et les autres paramètres sont fortement corrélés dans la formation de l'axe 1 par rapport à l'axe 2 qui est faiblement corrélé avec ces mensurations.

Le cercle de corrélation des variables (**figure 55**) indique que toutes les variables sont bien représentées dans le plan factoriel à l'exception des variables plomb et chrome. L'axe 1 est fortement dominé par l'opposition entre le nickel et le cadmium d'une part et le cuivre et le plomb d'autre part. L'axe 2 présente une opposition du nickel et du plomb avec tous les autres métaux.

En projetant les individus dans le plan factoriel, on dégage deux groupes distincts

- Groupe 1: correspondant au mois de Juin, Septembre et Novembre, caractérisé par une forte concentration des teneurs de Ni, CN et Pb des eaux usées brutes; Cd et Cr des eaux usées traitées.

- Groupe 2 : correspondant au mois de Janvier caractérisé par une forte concentration des teneurs de Pb, Cu, CN des eaux traitées et Cr, Cu des eaux brutes.

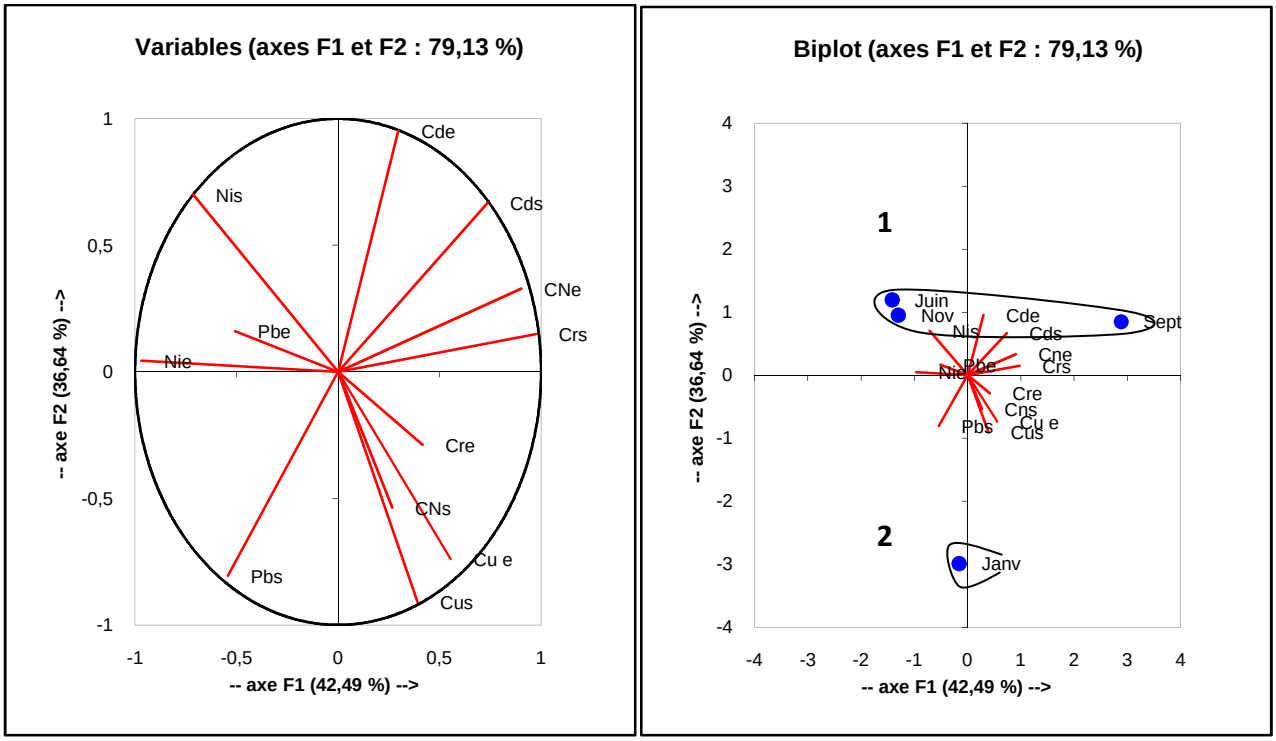


Figure 55: Analyse en composante principale. **A :** Cercle de corrélations des métaux dans le plan factoriel, **B :** Représentation des variables et des individus dans le plan des deux premières composantes principales.

4.3. Analyse statistique des paramètres bactériologiques

Les caractéristiques des variables à l'entrée et à la sortie de la STEP1 durant la période d'étude (moyenne, écart type) sont donnés dans le **tableau 07, annexe 01.** La contribution des individus (Mais, Juin, Juillet, Août, Octobre et Novembre) et des variables (CF, SF, Clostridium) pour la construction des axes est égale à 52.26% pour l'axe 1 et 30.49% pour l'axe 2 ; les deux premières composantes principales (axe 1 et axe 2) expliquent 82.75% d'inertie lesquels sont retenus pour la suite de l'étude. Selon la matrice de corrélation des paramètres bactériologiques (**tableau 08, annexe 01**) avec un seuil de 5%, une corrélation positive très fortement significative a été observée entre les coliformes des eaux brutes et traitées, ainsi que les streptocoques des eaux usées brutes et les streptocoques des eaux usées traitées (r= 0.689). Clostridiums et les streptocoques des eaux usées brutes (r= 0.547). Nous

notons une corrélation négative (r= -0.50) entre les coliformes fécaux et les streptocoques des eaux usées brutes.

Le **tableau 09, annexe 01,** expose les cosinus carrés des différentes variables présentent sur l'axe 1 et 2, les paramètres pris en considération notamment les coliformes fécaux (0.921), les streptocoques et les Clostridiums des eaux usées traitées respectivement 0.67 et 0.70. Ils sont fortement corrélés dans la formation de l'axe 1 par rapport à l'axe 2 qui est faiblement corrélé avec ces mesures.

Dans le plan factoriel F1 x F2, l'axe 2 est déterminé par les coliformes fécaux en opposition avec les streptocoques et les Clostridiums. Il définit le gradient d'épuration bactériologique des eaux usées. En projetant les individus dans le plan factoriel, on dégage deux groupes distincts (**figure 56**):

- Groupe I: correspondant au mois de Mai, Juin, Juillet et Août, caractérisé par l'importante concentration des teneurs des coliformes.

- Groupe II: correspondant au mois d'Octobre et Novembre caractérisé par une concentration remarquable des streptocoques et Clostridiums.

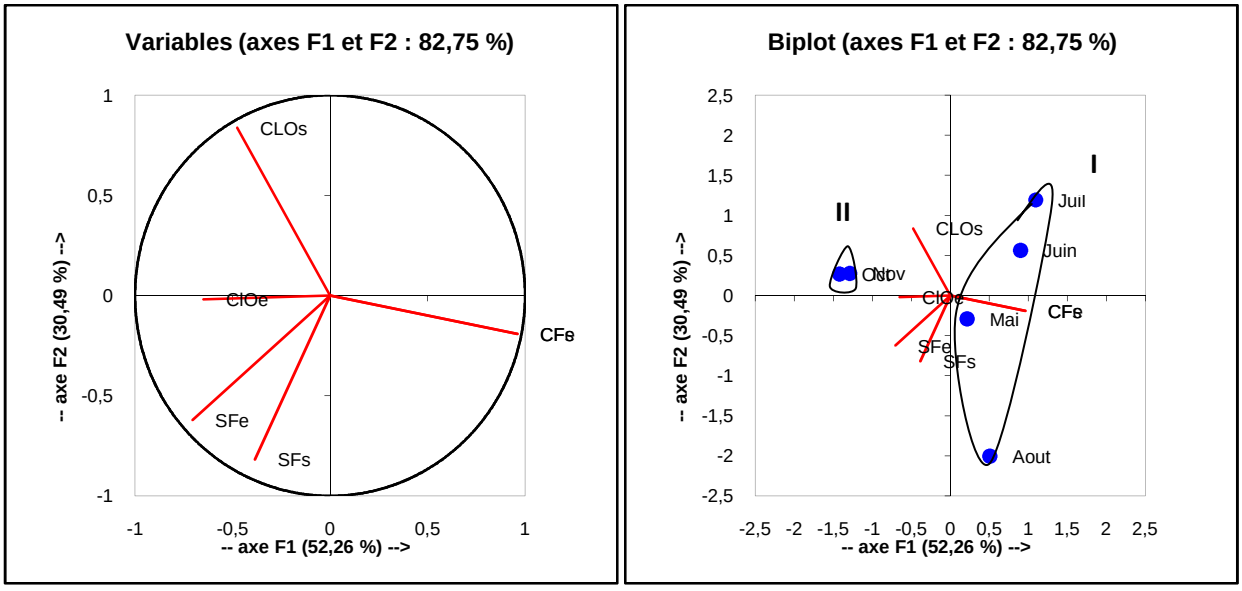


Figure 56: Analyse en composante principale. **A :** Cercle de corrélations des bactéries dans le plan factoriel, **B :** Représentation des variables et des individus dans le plan des deux premières composantes principales.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'agro-éco-système particulier du Souf a connu une transformation radicale à partir des années quatre-vingt de par son extension et aussi de l'introduction de nouveaux systèmes de production nécessitant ainsi la mobilisation de grandes quantités d'eau pour l'irrigation de milliers d'hectares nouvellement mis en valeur.

Devant l'absence d'un exutoire naturel des excédents hydriques, la nappe phréatique a subit une remontée progressive au point d'inonder des centaines de Ghouts et par conséquent la mort de milliers de palmiers dattiers ; cette situation a aussi contribué à la dégradation des conditions de vie des populations surtout au niveau de la grande agglomération d'El Oued.

L'étude de la gestion actuelle des excédents hydriques de la ville d'El-Oued a permis de caractériser qualitativement et quantitativement, d'une part, les eaux usées urbaines brutes et traitées, et d'autre part, les eaux de drainage agricole. Aussi, ce travail a pu déceler globalement l'impact de toutes les composantes des nouveaux travaux d'assainissement et de lutte contre la remontée de la nappe phréatique dans la ville d'El-Oued lancés en 2005. En effet, le réseau d'assainissement urbain a permis de désengorger la ville.

La station d'épuration mise en place a considérablement réduit les différents types de pollution grâce à ses performances épuratoires globalement intéressantes. Le réseau d'assainissement agricole a atténué l'asphyxie des palmiers dattiers des ghouts et la salinisation des sols et chott Halloufa, en tant qu'exutoire final des eaux usées, reçoit toutes les eaux excédentaires après leur acheminement à travers un canal de transfert long de 45 km.

En ce qui concerne plus particulièrement la station d'épuration par lagunage aéré, qui reçoit via le réseau d'assainissement urbain un volume annuel d'eaux usées brutes de **6827785**m^3/an, elle a contribué à réduire significativement les DBO_5, DCO et MES respectivement de 83.09, 81.45 et 79.14%. Les rendements respectifs obtenus pour l'azote total, les orthophosphates, les coliformes fécaux, les streptocoques fécaux et les clostridiums ont été de 33.45, 67.96, 96.18, 65.75 et 88.61%.

Ces rendements épuratoires obtenus sont relativement intéressants. Les performances les plus élevées concernent celles de la DBO_5, la DCO, les coliformes fécaux et les clostridiums qui dépassent toutes le seuil de 80%. La relative bonne élimination des bactéries

indicatrices de la contamination fécale traduit les rôles importants de l'insolation intense et de la température élevée, caractérisant la région d'étude.

Les valeurs de **pH, T, NO_3^-, NO_2^-** et quelques métaux **(Pb, Cr, Cu, CN)** obtenues pour les eaux épurées révèlent la conformité de ces dernières aux normes nationales et internationales de réutilisation pour l'irrigation ; par opposition, les concentrations en **O_2, CE, DCO, DBO_5, MES, NT, PO_4^{-3}, Cd et Ni** dépassent les normes admises et de ce fait présentent un risque quant à la réutilisation de ces eaux épurées en irrigation.

Les performances épuratoires de la station de traitement STEP1 de la ville d'El-Oued sont donc satisfaisantes pour certains éléments et non pour d'autres, annoncent quand même une assez bonne adaptation du lagunage comme technique de traitement des eaux usées urbaines pour cette région, et par conséquent à toutes les agglomérations du milieu saharien.

Sur le plan quantitatif, le rôle de la station de traitement est aussi très intéressant : la réception de **6827785 m^3/an** d'eaux usées brutes et rejet à la sortie de **6552770 m^3/an** d'eaux usées traitées, montre que **275015 m^3/an** peuvent être évaporés au sein de la station. Ceci met nettement en évidence son rôle sur l'aspect quantitatif dans l'élimination d'une partie des excédents hydriques urbains de l'agglomération.

Sur le plan de la valorisation agricole des effluents traités, leur conductivité électrique de **5.51 mS/cm,** qui parait a priori élevée, ne devra en principe pas constituer une contrainte majeure pour une réutilisation agricole dans le Sahara car cette valeur reste tout de même bien inférieure à la limite de tolérance du palmier dattier dans les sols sablonneux bien drainés qui est estimée à 15 mS/cm **(Durand, 1958)**. La réutilisation des eaux usées traitées, sur la base de leur volume annuel et des besoins du palmier dattier, de l'ordre de 18000 à 24000 m^3/an, permettra d'irriguer annuellement une superficie agricole de 273 à 364 hectares.

L'autre maillon essentiel du nouveau système d'évacuation des eaux excédentaires de la ville d'El-Oued est le réseau de drainage. Du point de vue qualitatif, ce dernier constitue la carte maîtresse pour la lutte contre la salinisation des sols due à la stagnation des excédents hydriques agricoles au niveau des ghouts. En effet, il apparaît que l'effet de ce réseau ne pourra être que positif sur la ville d'El-Oued, surtout en tenant compte de la salinité élevée des eaux de drainage atteignant 3.6 g/l. Sur le plan quantitatif, les effets du réseau de drainage ne pourront également être que bénéfiques sur la palmeraie d'où sont évacuées

annuellement **5940601,80 m^3** d'eaux excédentaires agricoles. Donc, le pompage et le transfert de ces volumes importants vers le nouveau milieu récepteur atténueront implicitement l'asphyxie des palmeraies des ghouts. Une fois à chott Halloufa, cet excédent agricole sera mélangé avec celui des eaux usées urbaines traitées pour constituer un volume total annuel d'excédents hydriques de **12493371,8 m^3** rejeté. Ce volume transportera vers l'exutoire une quantité de sels annuelle estimée à **41.22** tonnes.

Enfin, les travaux de recherches futures devront s'orienter prioritairement vers l'amélioration des performances épuratoires des stations de traitement des eaux usées et, en fonction de la qualité des eaux épurées réutilisées dans l'irrigation, évaluer les conséquences à moyen et long terme sur les ressources naturelles essentiellement le sol et les nappes.

Références bibliographiques

1. **A.B.H.S (A**gence des **B**assins **H**ydrographiques du **S**ahara**)., 2011.** Rapports et bilans sur les missions et les compagnes réalisées par l'ABHS. Wilaya d'El-Oued.
2. **ADAMOU A., 2006.** Contribution à l'étude de l'avifaune de la région de Ouargla, phénologie de la reproduction de l'Echasse blanche (Himantopushimantopus) dans le chott Ain El Beida. Mémoire magistere. Agr. Univ. Kasdi Merbah Ouargla. Pp 1-35.
3. **ABISSY M. et MANDI L 1999.** Utilisation des plantes aquatiques enracinées pour le traitement des eaux usées urbaines : cas de roseau, Revue des sciences de l'eau.,Rev.Sci.Eau 12/2 285-315.
4. **A.D.E** (**A**lgérienne **D**es **E**aux)., 2010. Fiche d'analyses physico-chimiques du 1ertrimestre.
5. **A.N.R.H., 2009.** Les ressources en eaux de La Wilaya d'El-Oued. Rapports techniques. 27p.
6. **ARAB R., TABTI S., HADBI H., KAMLA O. et 2009.** Dispositif d'étanchéité par géosynthétique de la station d'épuration d'Oued Souf,Colloque International Sols Non Saturés et Environnement « UNSATlemcen09 » Tlemcen. pp526-536.
7. **ARRETE INTERMINISTERIEL., 2012.** Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation. Journal officiel N° 41 de la république algérienne démocratique et populaire. Correspondant au 15 juillet 2012. 27p.
8. **BAHLAOUI A., 2000.** Dynamique des écosystèmes d'épuration des eaux usées par lagunage : Analyse spatio-temporelle des effets des facteurs environnementaux, Doctorat d'état Es-Science, Ecole Mohammadia d'ingénieurs, Université Mohammed V, Rabat, Maroc, 218p.
9. **BAUDRAN C., BLANCHARD P. et LOYER S., 2008.** Caractérisation et évolution du climat. Région Pays de la Loire Quelles conséquences pour la végétation forestière ?, ONF – CRPF Pays de la Loire, pp44.
10. **BELGHYTI B., EL GUAMRI Y., ZTIT G., MOUAHIDI L., JOTI M., HARCHRASS A., AMGHAR H., BOUCHOUATA O., EL KHARRIM K et BOUNOUIRA H., 2009.** Caractérisation physico- chimique des eaux usées d'abattoir en vue de la mise en oeuvre d'un traitement adéquat : cas de Kénitra au Maroc, Afrique SCIENCE 05(2) 199 – 216, ISSN 1813-548X.

11. **BERDAI H., JELLAL B., EL HAMOURI., 1991.** Traitement des eaux usées domestiques dans un chenal algal à haut rendement et leur réutilisation pour l'irrigation du chou, Rev. Homme, Terre et Eau.
12. **BERLAND J.M., BOUTIN C., MOLLE P., COOPER P., 2001.** Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 éq-hab): mise en œuvre de la directive du Conseil européen n°91-271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires. Luxembourg: Office International de l'eau, 41p.
13. **BISSON G., 1971.**Principe, méthodes et résultats d'une étude stratigraphique du Mesozoique saharien. Thèse. Paris VI, 443 p.
14. **BLAIS J.F., 2006.** Assainissement des eaux usées. Institut National de la Recherche.
15. **BONNARD et GARDEL., 2001.**Vallée du Souf. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Mesures complémentaires contre la remontée de la nappe phréatique. Mission 1A, Diagnostic Réseaux eaux usées, Rapport de synthèse. RADP, AGEP. 6002.01/RNO16.
16. **BONNARD et GARDEL., 2002**. Rapport Vallée du Souf Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation, MISSION IB -2002.
17. **BONNARD et GARDEL., 2003.**Vallée du Souf. Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission IB Schéma Directeur d'Assainissement, réseau d'eaux usées structurants, Cahier de plans et profils en long.265p.
18. **BONNARD et GARDEL., 2003.** Vallée du Souf. Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique. Mission II A essais de pompage. Ministère des ressources en eau. Alger. Algérie. 65p.
19. **BONNARD et GARDEL., 2004.** Vallée du Souf. Etudes d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation. Avant projet sommaire, réseau de transfert et collecte. Mission IC, Rapport de synthèse. 555/011/B. 225p.
20. **BONNARD et GARDEL., 2004.** Vallée du Souf. Étude d'assainissement des eaux résiduaires, pluviales et d'irrigation Mesures complémentaires de lutte contre la remontée de la nappe phréatique, APS du système de drainage vertical. Mission II-6002.01/RN061. 168p.
21. **BONNARD et GARDEL., 2010.** projet remontée des eaux de Oued souf contrôle et suivie des travaux, rapport d'activités N° 6494-RN4475,2010.23p.

22. **BORREGO JJ., ARRABEL F., DEVICENTE A., GOMEZ LF. et ROMERO P., 1983.** Study of microbial inactivation in the marine environment, J. Water Pollut. Control Fed., 55: 297-302.
23. **BORREGO JJ., MORIÑIGO MA., DEVICENTE A., CORNAX A. et ROMERO P., 1987.** Coliphages as indicator of fecal pollution in water. Its relationship with indicator and pathogenic microorganisms, Wat. Res., 21: 1473-1480.
24. **BORREGO JJ., CORNAX R., MORIÑIGO M A., MARTINEZ-MANZANARES E. et ROMERO P., 1990.** Coliphages as indicator of fecal pollution in water. Their survival and productive infectivity in natural aquatic environments, Wat. Res., 24: 111-116.
25. **BOUBIR H.,MEDARAG N. et FARHI A., 2009.** Le rôle des services et des investissements dans l'hypertrophie de la ville d'El-Oued au bas Sahara algérien, Environnement urbain, volume, 3-2009, p.c-l à c-23
26. **BOURRELLY P., 1970.** Ordre des Euglénales. In: Les Algues d'eau douce. Ed. Boubée et Cie., Paris: pp123-159.
27. **BOUSELSAL BOUALEM., KHERICI NACER., 2014.** Effets de la remontée des eaux de la nappe phréatique sur l'homme et l'environnement : cas de la région d'El-Oued (SE Algérie), Afrique SCIENCE 10(3) (2014) 161 – 170.
28. **BOUTAYEB M., BOUZIDI M. et FEKHAOUI M., 2012.** Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie, n° 34 (2), p. 145-150.
29. **BOUTAYEB M., BOUZIDI M. et FEKHAOUI M., 2012.**Epuration des eaux usées domestiques par lagunage naturel dans cinq stations d'épuration de la région de la Chaouia Ouardigha-Maroc.
30. **BRAHIC N., 2012.** Mécanismes de remontée capillaire en nappe superficielle, THÈSE doctorat, l'Institut National Agronomique de Paris Grignon.181p.
31. **CANOVAS S., CASELLAS C., et PICOT B., 1991.** Evolution annuelle du peuplement zooplanctonique dans un lagunage à haut rendement et incidence du temps de séjour, Rev. des sciences de l'eau, 4(1991) 269-289
32. **CASTANY G., 1982.** Bassin sédimentaire du Sahara septentrional (Algérie, Tunisie). Aquifère du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal. Bulletin du BRGM (2), I II (2), pp: 127-177.
33. **COLLIN., 2004,** Les eaux souterraines connaissance et gestion. Ed. Hermann édition. 176p.

34. **CHAOUKI H., ELWATIK L., RAMCHOUN Y., FATH-ALLAH R., AYYACH A., FATHALLAH Z., EL MIDAOUI A. et HBAIZ E., 2014.**Étude des performances épuratoires de la technique du lagunage aéré appliquée à la station d'épuration de la ville d'Errachidia – Maroc, Afrique SCIENCE 10(2) (2014) 173 – 183.
35. **C.N.R.C., 2004**. Optimisation du lagunage. Une règle de l'art du guide national pour des infrastructures municipales durables. Quebec. p67.
36. **COTE M., 1998.** Des oasis malades de trop d'eau. Sécheresse vol. 9, n° 2. pp 123-130.
37. **COTE M., 2006**. Si le Souf m'était conté, comment fait et se défait un paysage. Édition Média-plus, Constantine. 135 p.
38. **COTE M., 2001.** L'agriculture peut-elle résoudre le problème de la remontée de la nappe », Note, Aix-en-Provence, 16p.
39. **Daddi bouhoun Mustapha., Saker Mohamed Lakhdar., Hacini Messaoud., 2011.** Effets de la remontée des eaux phréatiques sur la salinisation des sols dans les Ghouts à Oued Souf (Sud Est Algérien), Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides, Université Kasdi Merbah Ouargla,(Algérie).
40. **DAVIS J.C., 1984.** Statistics and data analysis in geology. 2e édition, WILEy (éditeur), New-york, états-unis, 550 p.
41. **DELARRAS C, 2007.**Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire.68-76-128-129-247-339-357p.
42. **DIETTE S., VIMONT M., 2007.** lagunage écologique,Fiche technique, Centre de Ressources EnviroB.A.T-Méditerranée .
43. **D.R.E., 2011.** Documents techniques. Alger, Direction des ressources en eau. Wilaya d'El-Oued.
44. **D.S.A., 1998**. Effet de phénomène de remontée d'eau sur le secteur agricole la région d'El-Oued Souf, rapport synthèse.
45. **D.S.A., 2002**. Participation de secteur agricole dans la lutte contre la remontée des eaux. rapport synthèse.
46. **D.S.A., 2005**. La remontée des eaux de la nappe phréatique dans la région d'El-Oued Souf, rapport synthèse.
47. **D.S.A., 2005** Etude de l'inventaire du patrimoine phoenicicole de la Wilaya d'El-Oued.

48. **D. S. P., 1993.** Statistiques sur la répartition des cas des maladies de transmission hydrique par secteur sanitaire de 2007 à 2013. Wilaya d'El-Oued.

49. **DUBIEF J., 1963.** Le climat de sahara. Alger.Mémoire. h.s Tome II, 298p.
50. **DUBOST D., 1991.** Ecologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes ; Thèse de doctorat ; Université François Rabelais, Tours, p 544**.**
51. **DURAND J.H., et GUYOT J., 1955**. Irrigation des cultures dans l'Oued Righ. Travaux de l'IRS. Tome 13. Univ. D'Alger.
52. **DURAND JH. 1958 .,** Les sols irrigables- étude pédologique. Alger, 190p.
53. **ECOSITE., 2009.** L'épuration des eaux usées. Le lagunage naturel. Cas de la station de Mèze-Loupian. Ecosite du pays de Thau. Mèze, France.
54. **EDDADRA O., 2012.** Evaluation de la contamination bactériologique des eaux usée des stations d'épuration du grand agadir : isolement, caractérisation moluculaires et antébiorésistance des espèse du genre vibrio, agadir.
55. **EDELINE F., 1993.** L'épuration biologique des eaux théorie & technologie des réacteurs. Liège, Cebedoc Editeur [etc.]. 303 p.
56. **El HACHEMI O., 2012.** Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertiques (oasis de figuig): performances épuratoires et aspect phytoplanctonique, Oujda. Mém. Magister. Univ. Mohammed Premier Oujda. pp 14-32.
57. **EL HAITE H., 2010.** Traitement des eaux usées par reservoirsoperationnels et réutilisation pour l'irrigation. Thèse de doctorat Univ. Saint Etienne. 204 p.
58. **ELHALOUANI H., PICOT B., CASELLAS C., PENA G. & BONTOUX J., 1993.** Elimination de l'azote et du phosphore dans un lagunage à haut rendement, Revue des Sciences de l'Eau, 6 : 47-61.
59. **EL HALOUANI H., 1995.** Réutilisation des eaux usées en agriculture et leur impact sur l'environnement: Cas de la ville d'Oujda, Thèse de Doctorat ès-Sciences, Faculté des Sciences, Univ. Mohammed Premier, Oujda, 193p.
60. **ENGEES.**, **2002.** Traitement des eaux usées urbaines. Le lagunage. Ed. ENGEES. Strasbourg. 254p.
61. **ENTECH 2008**.Renforcement de la station d'épuration par lagunage de Vendres – littoral, N°01 02 1466, Version c.

62. **FABY JA. & FRANCOIS B., 1997.** Office international de l'eau, direction de la documentation et des données (France).

63. **F.A.E (Facilité Africaine de l'Eau)., 2010**. Geoaquifer, Cartographie des usages de l'eau par télédétection dans un bassin transfrontière: le Système Aquifère du Sahara Septentrional. 22 pp.
64. **F.A.O., 2003.** Irrigation avec les eaux usées traitées. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Bureau Régional pour le Proche Orient et Bureau sous régional pour l'Afrique du Nord. 73 p.
65. **FILMED** (**F**orum **I**nterrégionaldes **L**agunes **M**éditerranéennes**)., 2010.** Boite à outils, interprétations des données. V4 avril 2010. pp 7-8.
66. **GARDIR., 1973.** Sahra. Ed., Kummerlyet Frey, Paris, 3ème edition. pp 49-51.
67. **GUEZOUL O., CHENCHOUNI H., SEKOUR M., ABABSA L., SOUTTOU K. et DOUMANDJI S., 2013.**An avifaunal survey of mesic manmade ecosystems ''Oases'' in algerian hot-hyperarid lands, Saudi Journal of Biological Sciences 20, pp37–43.
68. **HAGEDORN LS., PASCARELLA ET., Edison M., BRAXTON JM ., NORA A. et TERENZINI PT., 1999.**Institutional context and the development of critical thinking: A research note. Rev. of Higher Education, 22(3), pp265-285.
69. **HEBERT S. et LEGRE S., 2000.** Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec, 5 p.
70. **HIMMI N., HASNAOUI M., FEKHAOUI M. et FOUTLANE A., 2005.** Variabilité des descripteurs physiques, chimiques et biologiques d'un réservoir de stockage (Lagunage mixte, Ben Slimane-Maroc). Rev.Sci. Eau 18/spécial 91-107.
71. **IDDER T., IDDER A. et MENSOUS M., 2011.** Les conséquences écologiques d'une gestion non raisonnée des eaux agricoles dans les oasis du Sahara algérien. Atelier N° 3, Univ de Provence, Marseille.
72. **IN VIVO-ENVIRONNEMNT., 2007.** Utilisation des procédés SUBMIX pour l'amélioration de la qualité des eaux. Etude réalisée par InVivo-Environnemnt pour Tech Sub. France.16 p.
73. **JANUEL Y., 2010.** Dans le contexte d'une nouvelle dynamique agricole, quels avantages du système traditionnel des Ghouts par rapport au système oasien évolué ?, Rapport de stage, Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie. pp 4-9
74. **JOFFIN J.N., et LEYRAL G., 1988**. Microbiologie technique. Tome 1, 278 p.
75. **KHADRAOUI A., 2007.** Eau et impact enviromental dans le Sahara algérien. Définition- évaluation et perspectives de développement. Ed, ISBN. 299p.

76. **KHADRAOUI A. et TALEB S., 2008**. Qualité des eaux dans le sud algérien potabilité- pollution et impact sur le milieu. Ed, KHYAM. 367p.
77. **KHECHANA S., 2008.** Etude de la gestion intégrée des ressources en eaux dans la vallé de Oued souf (Sud-Est Algérien), Magistère en Hydrogéologie. Université BADJI MOKHTAR Annaba. 151p.
78. **KHECHANA S., DERRADJI F. et DEROUICHE A., 2010.** La gestion intégrée des ressources en eau dans la vallée d'Oued-Souf (SE Algérien) : Enjeux d'adaptation d'une nouvelle stratégie, Revue des sciences fondamentales et appliquées, vol. 2, n° 2, 2010, p 22-36.
79. **KHECHANA S., 2011.** Hydrochemical Characteristics of Groundwater in Oued-Souf Valley (South East of Algeria), European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.62 No.2 (2011), pp. 207-215.
80. **KHECHANA S. et EL FADEL., 2012.** Management of Water Resources in a Hyper-Arid Area: Strategy and Issues (Case of Oued-Souf Valley-South Eastern of Algeria), Journal of Water Resource and Protection, 2012, 4, 922-928.
81. **KHOLLADI M-K., 2005.** SIG pour le suivi de la remontée des eaux de la wilaya d'El Oued Souf, Congrès internationale en Informatique appliquée CiiA'05 du 19 au 21 Novembre 2005 à Bordj Bou Arreridj, 10 p.
82. **KONE D., 2002.** Epuration des eaux usées par lagunage à microphytes et à macrophytes en Afrique de l'Ouest et du Centre: Etat des lieux, performances épuratoires et critères de dimensionnement. Thèse pour l'obtention de Docteur Es Science Techniques dans le domaine des sciences et ingénierie de l'environnement. Faculté environnement naturel, architectural et construit. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.170p.
83. **KONE M., BONOU L., KOULIDIATI J., JOLY P., SODRE S. et BOUVET Y., 2012.** Traitement d'eaux usées urbaines par infiltration-percolation sur sable et sur substrat de coco après un bassin anaérobie de lagune sous climat tropical, Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 25, n° 2, 2012, pp.139-151.
84. **LEBRES. et MOUFFOK F., 2008.** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratique des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, 53p.
85. **LIJKLEMA L., HABEKOTTE B., HOOIJMANS C., AALDERINK R H. et HAVELAAR AH., 1987.** Survival of indicator organisms in a detention pond receiving combined sewer overflow, Wat. Sci. Technol., 19: 547-555.

86. **MAKHOUKH M., SBAA A., BERRAHOU M., CLOOSTER V., 2011.** Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, pp. 149-169.
87. **MARA D D., 1987**. "Waste Stabilization Ponds: Problems and controversies. Water Quality International(1).p 20-22.
88. **MENSOUS M., 2011.** Étude du système de gestion des eaux usées dans la cuvette de Ouargla. Mémoire Magistère en sciences de la Nature Et de la Vie. Kasdi Merbah Ouargla. 149 p.
89. **MERRADI., 2012.** Contribution à l'étude d'un agent microbien auto-épurateur de l'eau isolée d'un écosystème aquatique continental de la région de Khenchela. Mémoire Magistère en sciences de la Nature Et de la Vie Université Abbès Laghrour Khenchela, 98p.
90. **MESSEKHER I., MENANI M., 2010**. Evolution de la Piézometrie de la Ville D'oued Souf (Entre 1993, 2002 et 2007) - Perspectives de la Maitrise du phénomène de Remontée de la Nappe phréatique, International Network Environmental Management Conflicts, Santa Catarina – Brasil, 1(1), pp 259-266.
91. **METCALF et EDDY. Inc., 2003.** Wastewater engineering: Treatment and Reuse. 4ème Edition Mc Graw-Hill New York. Pp 24-32.
92. **MEZIANI H., DRIDI M. et KALLA., 2012.** La réutilisation des eaux usées dans la région de Souf-Sahara Algérien, Canadian Journal of Technology and Scientific Management, Vol. 1, Issue 1. Pp.106.
93. **MEZRIOUI NE., 1987.** Etude expérimentale des effets du pH, du rayonnement et de la température sur la disparition des bactéries d'intérêt sanitaire et évaluation de la résistance aux antibiotiques d'E.Coli lors de l'épuration des eaux usées. Thèse de doctorat, Université de Montpellier. 150 p.
94. **MILOUDI A., 2008.** Mécanismes et remèdes de phénomène de la remontée des eaux dans la région d'Oued Souf, L'impact sur l'environnement de la région, mémoire Magistère Hydrolique. Univ Kasdi Merbah. Ouargla. 116p.
95. **OLUKANNI D O., et DUCOSTE JJ., 2011.** Optimization of waste stabilization ponds for developing nations using computation fluid dynamics, Ecological Engineering, 37 (2011): 1878-1888.
96. **O.M.S., 1999.** Aide-mémoire. Genève.p 210.

97. **O.N.A** (**O**ffice **N**ational d'**A**ssainissement)., **2006 ;2007 ;2009 ;2011 ;2013 ;2014.**rapports techniques.

98. **O.N.M.** (**O**ffice **N**ational de la **M**étrologie d'El-Oued).,**2013**. Bulletins mensuels de relevés des paramètres climatologiques en willaya d'El-Oued de 2000 à 2014. 4p.

99. **O.N.R.G.M., 1999.** Office national de recherche géologique et minière, Livret des substances utile non métallique d'Algérie.

100. **O.N.S., 2008** (**O**ffice **N**ational des **S**tatistiques), Evolution des agglomérations 1998-2013, Collections statistiques.

101. **OUALI S., 2006.** Etude géothermique du sud de l'Algérie. Mémoire de Magistere, Univ M'hamed Bouguerra Boumerdes, 84p.

102. **PAEPEGAEY PY., SEYNAVE O., SAADI N.,**2011. Etanchéité de lagunes aérées dans la vallée du souf par géomembrane bitumineuse. Rencontre Géosynthétique.pp264-267.

103. **PEARSON MD., 1987.** Waste stabilization ponds : Design manual for Mediterranean Europe. . Coppenhag: World Health Organization - Regional Office for Europe.

104. **RACAULT Y., 1997.** Le lagunage naturel. Les leçons tirées de 15 ans de pratique en France. Groupe de travail Sates-Cemagref. 59p.

105. **RASSAM A, CHAOUCH A, BOURKHISS B et BOURKHISS M., 2012.** Performances de la dégradation de la matière organique par lagunage aéré dans la station d'épuration des eaux usées de la ville d'Oujda (Maroc oriental), Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège, Vol. 81 2012, p. 121 – 125.

106. **REDDY KR., 1983.** "Fate of nitrogen and phosphorus in a waste-water retention reservoir containing aquatic macrophytes." J. Environ. Qual. 12(1): 137-141.

107. **REMINI B., 2005.** L'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides et semi arides, exemple Algérien, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04, pp.81-89.

108. **REMINI B., 2006.** La disposition des ghouts dans la région d'El-Oued (Algérie), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n€ 05, pp.49-62.

109. **REMINI B., Miloudi A., 2011.** Mécanisme et remèdes de la remontée des eaux de la nappe traditionnelle de la région du Souf, 1er Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara Ouargla.pp 416-421

110. **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., 1996.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.8eme édition. Ed. Dunod, Paris. 1096p.

111. **RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J.P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H. et RODI L., 2005.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème édition. Ed. Dunod, Paris. 1383p

112. **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009.** Analyse de l'eau. 9ème édition. Ed. DUNOD, Paris. 1579p.

113. **SAKER M.L., 2000.** Les contraintes du patrimoine phoenicicole de la région de l'Oued Righ et leurs conséquences sur la dégradation des palmeraies. Problèmes posés et perspectives de développement ; Thèse de doctorat ; Université Louis Pasteur, Strasbourg, p 335**.**

114. **Saker M. L., Daddi bouhoun M., Hacini M., Ould El Hadj M.D.,** Brinis L., 2011. Remontée des nappes phréatiques à Oued Righ : situation actuelle et perspectives d'aménagement (Sud Est Algérien), Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides, Université Kasdi Merbah Ouargla, (Algérie).

115. **SAVARAY., 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Ed. territorial.264p.

116. **SHILTON A., 1996.** "Ammonia volatilization from a piggery pond." Water Science and Technology 33(7): 183-189.

117. **SOURNIA A., 1986.** Atlas du phytoplancton marin, Vol 1, Cyanophycées, DinophycéesDictyochophycées, Raphidophycées. Ed. CNRS. Paris, 219 pp.

118. **THOMAS O., 1995.** Météorologie des eaux résiduaires. Ed. Cedeboc. 135p.

119. **UNEP/MAP/MEDPOL., 2004.** Guide lines on environmental inspection systems for mediterranean region. MAP technical reports series N° 149.

120. **U.N.E.S.C.O., 1972.** Projet Reg 100. Etude des ressources en eau du Sahara septentrional. Rapport sur les résultats du projet. Paris. 84p.

121. **U.N.E.S.C.O** (**O**rganisation des **N**ation **U**nies pour l'**E**ducation, la **S**cience et la **C**ulture)**, 2008.** Traitement des eaux usées par lagunage fiche technique. Bureau de l'UNESCO à Rabat, Bureau Multi-pays pour le Maghreb. 8p.

122. **VOISIN A.R., 2004**. Les Souf monographie, Edition El-Walid, El Oued-Algérie. 319 p.

123. **VU B., 2006.** Récupérer et gérer les eaux pluviales. Ed.Eyrolles, 140p

124. **WALKER J., CARBONNELLE B. et LECLERC H. 1977.**Auto-épurationmicrobienne par lagunage, It,ater Research Vol I1. pp 17-29. Pergamon Press 1977 Printed in Great Britain.

125. **Januel Y., 2010.** Dans le contexte d'une nouvelle dynamique agricole, quels avantages du système traditionnel des Ghouts par rapports au système oasien évolué ?, Rapport de stage, l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie. pp 4-9.

126. **ZINE., 2010.** La remontée des eaux souterraines en surface: mécanisme et l'impact sur l'environnement (cas d'Oued Souf). Mémoire Magistère en Hydraulique. Univ Kasdi Merbah Ouargla. 145p.

Site d'internet

(http://www.algaebase.org/search/genus/detail/ ? genus_ id=43720).

Annexes

Annexe1

Tableau N°I: Moyennes et écart types des variables(paramètres physico-chimiques)

Variables	Moyenne	Ecart-type
pH	8,204	0,204
pHs	8,449	0,220
T°	17,468	5,675
T°s	15,890	6,905
O2	1,039	0,729
O2 s	6,966	1,096
DCO	513,520	162,026
DCO s	95,272	22,825
DBO	222,592	54,368
DBO s	37,627	24,609
NH4	71,014	8,826
NH4 s	49,570	8,536
NO2	0,338	0,100
NO2 s	0,789	0,632
NO3	0,664	0,471
NO3 s	3,654	2,640
NT	74,877	24,605
NT s	49,832	32,698
PO4	6,934	1,598
PO4 s	2,215	1,220
Pt	13,269	13,742
Pt s	7,587	10,630
CE	5,145	0,332
CE s	5,508	0,254
MES	268,386	54,053
MES s	55,955	10,212

Tableau N°II: Matrice de corrélation entre les variables(paramètres physico-chimiques)

	pH	pHs	T°	T°s	O2	O2 s	DCO	DCO s	DBO	DBO s	NH4	NH4 s	NO2	NO2 s	NO3	NO3 s	NT	NT s	PO4	PO4 s	Pt	Pt s	CE	CE s	MES	MES s
pH	1	**0,399**	-0,275	-0,145	0,142	-0,108	-0,138	-0,002	0,045	0,200	-0,192	-0,067	0,038	-0,041	-0,122	-0,065	**0,342**	0,247	-0,108	0,178	-0,086	-0,073	0,162	0,202	0,092	-0,234
pHs	**0,399**	1	-0,220	-0,208	0,153	0,135	-0,012	0,005	-0,036	0,119	-0,077	-0,083	0,113	-0,249	-0,221	-0,122	0,058	-0,039	**0,318**	-0,078	-0,157	-0,134	-0,031	-0,145	-0,035	**-0,299**
T°	-0,275	-0,220	1	**0,789**	**-0,384**	**-0,345**	-0,125	0,020	0,046	-0,037	0,132	-0,167	-0,185	-0,058	0,252	**-0,332**	-0,133	-0,037	-0,174	**0,333**	**0,304**	**0,312**	-0,202	0,157	0,030	0,049
T°s	-0,145	-0,208	**0,789**	1	**-0,595**	**-0,687**	-0,230	-0,044	0,188	0,091	0,059	-0,105	**-0,292**	-0,079	0,162	**-0,497**	-0,088	0,047	**-0,373**	**0,495**	0,210	0,223	-0,234	0,062	0,041	0,044
O2	0,142	0,153	**-0,384**	**-0,595**	1	**0,461**	0,107	-0,046	**-0,293**	0,040	-0,077	0,030	0,067	-0,077	-0,065	0,165	-0,099	-0,148	**0,362**	**-0,336**	-0,121	-0,127	0,036	-0,239	0,069	-0,055
O2 s	-0,108	0,135	**-0,345**	**-0,687**	**0,461**	1	0,118	-0,166	-0,209	-0,138	-0,008	0,046	0,265	0,106	-0,113	**0,482**	-0,052	-0,118	0,212	**-0,405**	-0,120	-0,140	0,095	0,005	-0,082	-0,048
DCO	-0,138	-0,012	-0,125	-0,230	0,107	0,118	1	**0,308**	0,155	-0,074	0,054	0,025	0,088	-0,107	-0,234	-0,036	-0,047	-0,152	**0,289**	**-0,284**	**-0,345**	**-0,347**	**0,296**	0,082	0,013	-0,101
DCO s	-0,002	0,005	0,020	-0,044	-0,046	-0,166	**0,308**	1	0,035	-0,094	-0,051	-0,230	-0,082	0,010	0,024	-0,134	-0,062	-0,104	0,134	0,087	-0,052	-0,061	0,182	0,050	**0,303**	0,045
DBO	0,045	-0,036	0,046	0,188	**-0,293**	-0,209	0,155	0,035	1	0,086	-0,041	0,023	-0,034	-0,005	-0,171	-0,038	-0,008	0,003	-0,068	0,207	**-0,344**	**-0,319**	**0,282**	0,212	-0,124	-0,022
DBO s	0,200	0,119	-0,037	0,091	0,040	-0,138	-0,074	-0,094	0,086	1	0,017	-0,035	0,241	0,231	-0,170	0,000	0,151	0,191	-0,197	0,025	-0,166	-0,158	-0,148	-0,212	-0,026	0,013
NH4	-0,192	-0,077	0,132	0,059	-0,077	-0,008	0,054	-0,051	-0,041	0,017	1	**0,530**	0,266	-0,067	-0,228	-0,189	-0,186	-0,243	-0,025	0,070	0,196	0,205	**-0,408**	-0,257	-0,035	0,161
NH4 s	-0,067	-0,083	-0,167	-0,105	0,030	0,046	0,025	-0,230	0,023	-0,035	**0,530**	1	0,247	-0,003	-0,158	-0,108	0,124	0,118	0,010	0,070	0,183	0,188	-0,057	-0,039	-0,084	0,109
NO2	0,038	0,113	-0,185	**-0,292**	0,067	0,265	0,088	-0,082	-0,034	0,241	0,266	0,247	1	0,081	-0,193	0,142	**0,313**	0,227	-0,109	0,104	-0,013	-0,030	0,032	0,051	-0,219	-0,195
NO2 s	-0,041	-0,249	-0,058	-0,079	-0,077	0,106	-0,107	0,010	-0,005	0,231	-0,067	-0,003	0,081	1	0,023	**0,467**	0,170	0,196	**-0,295**	-0,063	-0,042	-0,055	0,027	-0,121	0,046	-0,046
NO3	-0,122	-0,221	0,252	0,162	-0,065	-0,113	-0,234	0,024	-0,171	-0,170	-0,228	-0,158	-0,193	0,023	1	-0,024	-0,153	-0,098	-0,027	0,016	**0,510**	**0,516**	-0,175	0,042	0,135	0,059
NO3 s	-0,065	-0,122	**-0,332**	**-0,497**	0,165	**0,482**	-0,036	-0,134	-0,038	0,000	-0,189	-0,108	0,142	**0,467**	-0,024	1	0,075	0,084	-0,096	**-0,333**	-0,143	-0,160	0,144	-0,073	-0,233	0,087
NT	**0,342**	0,058	-0,133	-0,088	-0,099	-0,052	-0,047	-0,062	-0,008	0,151	-0,186	0,124	**0,313**	0,170	-0,153	0,075	1	**0,917**	**-0,351**	0,237	-0,252	-0,263	0,275	0,242	-0,131	-0,214
NT s	0,247	-0,039	-0,037	0,047	-0,148	-0,118	-0,152	-0,104	0,003	0,191	-0,243	0,118	0,227	0,196	-0,098	0,084	**0,917**	1	**-0,416**	0,236	-0,185	-0,199	0,195	0,256	-0,105	-0,247
PO4	-0,108	**0,318**	-0,174	**-0,373**	**0,362**	0,212	**0,289**	0,134	-0,068	-0,197	-0,025	0,010	-0,109	**-0,295**	-0,027	-0,096	**-0,351**	**-0,416**	1	**-0,338**	0,009	0,004	0,233	0,002	-0,135	-0,011
PO4 s	0,178	-0,078	**0,333**	**0,495**	**-0,336**	**-0,405**	**-0,284**	0,087	0,207	0,025	0,070	0,070	0,104	-0,063	0,016	**-0,333**	0,237	0,236	**-0,338**	1	-0,015	0,013	0,002	0,175	-0,033	-0,033
Pt	-0,086	-0,157	**0,304**	0,210	-0,121	-0,120	**-0,345**	-0,052	**-0,344**	-0,166	0,196	0,183	-0,013	-0,042	**0,510**	-0,143	-0,252	-0,185	0,009	-0,015	1	**0,995**	**-0,392**	-0,110	0,107	0,165
Pt s	-0,073	-0,134	**0,312**	0,223	-0,127	-0,140	**-0,347**	-0,061	**-0,319**	-0,158	0,205	0,188	-0,030	-0,055	**0,516**	-0,160	-0,263	-0,199	0,004	0,013	**0,995**	1	**-0,401**	-0,117	0,112	0,170
CE	0,162	-0,031	-0,202	-0,234	0,036	0,095	**0,296**	0,182	**0,282**	-0,148	**-0,408**	-0,057	0,032	0,027	-0,175	0,144	0,275	0,195	0,233	0,002	**-0,392**	**-0,401**	1	**0,564**	-0,237	-0,129
CE s	0,202	-0,145	0,157	0,062	-0,239	0,005	0,082	0,050	0,212	-0,212	-0,257	-0,039	0,051	-0,121	0,042	-0,073	0,242	0,256	0,002	0,175	-0,110	-0,117	**0,564**	1	-0,137	-0,022
MES	0,092	-0,035	0,030	0,041	0,069	-0,082	0,013	**0,303**	-0,124	-0,026	-0,035	-0,084	-0,219	0,046	0,135	-0,233	-0,131	-0,105	-0,135	-0,033	0,107	0,112	-0,237	-0,137	1	0,054
MES s	-0,234	**-0,299**	0,049	0,044	-0,055	-0,048	-0,101	0,045	-0,022	0,013	0,161	0,109	-0,195	-0,046	0,059	0,087	-0,214	-0,247	-0,011	-0,033	0,165	0,170	-0,129	-0,022	0,054	1

En gras, valeurs significatives (hors diagonale) au seuil alpha=0,050 (test bilatéral)

Tableau N°III: Les cosinus ca
physicochimic

Variable
pH
pHs
T°
T°s
O2
O2 s
DCO
DCO s
DBO
DBO s
NH4
NH4 s
NO2
NO2 s
NO3
NO3 s
NT
NT s
PO4
PO4 s
Pt
Pt s
CE
CE s
MES
MES s

Tableau N°IV: Moyennes et écart type

variables
Pbe

Variables	Moyenne	Ecart-type
CFe	93333800,000	65995972
CFs	786,667	443
SFe	1033,333	518
SFs	235,000	35
ClOe	14,167	4
CLOs	1,333	0

Tableau IX: Arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, paramètres microbiologiques.

SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION

1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/1) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée

(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.

L'irrigation par aspersion est à éviter.

(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.

(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.

Tableau X: Arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, paramètres physico-chimiques.

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES

PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = o - 3 CE	ds/m	0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12		0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
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
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/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

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

Tableau XI: Normes de qualité physico-chimique d'eau usée pour l'irrigation (**FAO 2003**)

Problèmes Potentiels en Irrigation	Unités	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à modéré	Sévère
Salinité				
EC_w[1]	dS/m	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
ou				
TDS	mg/l	< 450	450 – 2000	> 2000
Infiltration				
SAR[2] =0 - 3 et EC_w =	dS/m	> 0.7	0.7 - 0.2	< 0.2
=3 – 6 =		> 1.2	1.2 - 0.3	< 0.3
=6 – 12 =		> 1.9	1.9 - 0.5	< 0.5
=12 – 20 =		> 2.9	2.9 - 1.3	< 1.3
=20 – 40 =		> 5.0	5.0 - 2.9	< 2.9
Toxicité Spécifique des ions				
Sodium (Na)				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 – 9	> 9
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	
Chlorure(Cl)				
Irrigation de surface	méq/l	< 4	4 – 10	> 10
Irrigation par aspersion	méq/l	< 3	> 3	
Bore (B)	mg/l	< 0.7	0.7 - 3.0	> 3.0
effets divers				
Azote (NO_3-N)[3]	mg/l	< 5	5 – 30	> 30
Bicarbonate (HCO_3)	méq/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pH	Gamme normale 6.5 - 8.4			

1 ECw signifie la conductivité électrique en deciSiemens par mètre à 25°C.
2 SAR signifie le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio).
3 NO_3 -N signifie l'azote sous forme de nitrate rapporté en terme d'azote élémentaire. NH_4-N et N-organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

Tableau XII: Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (**FAO 2003**).

Constituent	Utilisation à long terme[b] (mg/l)	Court terme[c] (mg/l)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.10	2.0
Béryllium	0.10	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

[a] Adapté de: Académie nationale des sciences - National Academy of Engineering (1973)

[b] Pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols

[c] Pour l'eau utilisée pendant une période d'au plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins

Résumé

La problématique de gestion des excédents hydriques dans la ville d'El-Oued, Impacts environnementaux et recommandations

La ville d'El-Oued souffre, à l'instar de nombreuses agglomérations du Sahara algérien, d'un problème aigu d'excédents hydriques urbains et agricoles. Notre travail a porté sur l'étude de la gestion de ces excédents avant et après la mise en place du projet d'assainissement et de lutte contre la remontée de la nappe phréatique lancé en 2005 dans cette oasis.

Nous avons mesuré les premiers impacts de chaque composante de ce projet sur le rabattement du niveau général de la nappe phréatique et donc sur l'amélioration des conditions générales d'assainissement dans la ville. D'une part, nous avons évalué les performances épuratoires de la station d'épuration de Kouinine qui a été réalisée afin de réduire la pollution des eaux urbaines et de permettre leur réutilisation à des fins agricoles. Nous avons mis en évidence que les eaux épurées, compte tenu de leurs qualités microbilogiques, pourraient être réutilisées pour l'irrigation restrictive des arbustes fourragers et des différentes cultures céréalières et industrielles et pour l'arrosage des arbres fruitiers et forestiers et des plantes florales et ornementales, malgré leur conductivité électrique relativement élevée.

Au niveau du milieu récepteur « chott Haloufa », les excédents hydriques (agricoles et eaux traitées) qui lui parviennent véhiculent une masse appréciable de sels estimée à environ 41 tonnes/an d'où des retombées plus que favorables pour le secteur agricole.

Mots clé: Assainissement, Excédents hydriques, Station d'épuration, Drainage, milieu récepteur, El-Oued-Algérie

ملخص

إشكالية تصريف المياه الزائدة في مدينة الوادي و تأثير ذلك على الجانب البيئي مع التوصيات المقترحة

تعانـي مدينة الوادي على غرار العديد من المدن في الصحراء الجزائرية من مشكلة خطيرة تتمثل في تصاعد المياه في المناطق الحضرية والزراعية. ارتكز عملنا على دراسة إشكالية تصريف المياه الزائدة قبل وبعد تنفيذ مشروع الصرف الهادف إلى مقاومة تصاعد المياه و الذي تم انجازه عام 2005 في هذه الواحات.

قمنـا بقياس الأثر الأولي لكل عنصر من عناصر المشروع على انخفاض المستوى العام لمنسوب المياه الجوفية وبالتالي تحسين حالة الصرف الصحي في المدينة. لقد قمنا من جهة بتقدير إمكانيات محطة كوينين لتصفية مياه الصرف الصحي التي أقيمت من أجل الحد من تلوث المياه في المناطق الحضرية و جعلها مناسبة للأغراض الزراعية، بناءا على الخصائص الميكروبيولوجية للمياه المصفاة تبين أنه يمكننا استعمالها في السقي لأنواع محددة من الشجيرات العلفية والحبوب المختلفة والمحاصيل الصناعية والفواكه الأشجار الغابية ،النباتات الزهرية ونباتات الزينة، على الرغم من درجة الملوحة العالية.

فيما يخص المصب النهائي "شط حلوفة"، المياه الزائدة (للمناطق الحضرية و الزراعية) و التي تنقل كمية معتبرة من الملح مقدره ب 41 طن/عام و منه تأثيراته الايجابية من الناحية الزراعية.

الكلمات المفتاحية: ، نظام الصرف الصحي، المياه الزائدة ، محطة تصفية المياه ،التصريف، مصب نهائي ، الوادي-الجزائر.

Summary

The problematic of management of surplus water in El-Oued city, Environmental Impacts and Recommendations

El-Oued city suffers like many cities in the Algerian Sahara of serious problem of surpluses urban and agricultural water. Our work is focused on the study of surpluses water before and after the implementation of the sanitation project against ascent of the general level of the groundwater, which was lanced in 2005 in this oasis.

We measured the initial impact of each component of the project on the folding of the general level of the groundwater and as a consequence on the general sanitation situation in the city. First, we are evaluated the performance of Kouinine WWTP which was operated to reduce water urban pollution and for using in agricultures' purposes. We have demonstrated that purified water, given their microbilogiques qualities could be reused for restrictive irrigation fodder shrubs, different grain, industrial crops, watering fruit, forest trees, flowering and ornamental plants, despite their high electrical conductivity.

On the level of receiver milieu "Chott Haloufa", the surpluses water (agricultural and urban treaties water) which vehicle an appreciable quantity of salt esteemed by environ of 41 tone/year from where a positive effects on the agriculture sector.

Keywords: Sanitation, excess water, WWTP, drainage, receiving milieu, El-Oued-Algeria.