



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

N série:.....

Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en
Sciences biologiques

Spécialité : Biodiversité et environnement

THEME

**Valorisation des eaux usées épurées par lagunage
aérée en irrigation- cas de la région d'el-oued**

Présentés Par :

M^{elle}: Khennoufa Amira

M^{elle}: Labsi Linda

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{elle}.Rezkallah chafika M.A.A, Université d'El Oued.

examineur : M^{elle}.Merabet Soumia M.A.A, Université d'El Oued

promoteur : M^{elle}. Serraye Aicha. M.A.A, Université d'El Oued

Année universitaire 2016/2017-

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes très chers parents pour leur générosité et leurs sacrifices

A mes chers mari

A mes chers enfants

Assil ; Iyad

A mes chers frères

Ilyes ; Tarak ; Mohammed

A mes chères soeurs

Imane ; Raioya ; Houda

A toute ma famille

*A toutes mes amis sans exception, et mes collègues de la promotion de
Master Aridoculture (2016 /2017)*

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

apporté leurs aides

A tout, du fond de mon coeur je vous dédie ce travail

Amira

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

A mes très chers parents pour leur générosité et leurs sacrifices

A mes chers fiancé

Hamza Allag

A mes chers frères

Brahim; Nabil; Ali

A mes chères soeurs

Feryal; Meriem

A toute ma famille

*A toutes mes amis sans exception, et mes collègues de la promotion de
Master Aridoculture (2016 /2017)*

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

apporté leurs aides

A tout, du fond de mon coeur je vous dédie ce travail

Linda

Remerciements

Merci Dieu tout-puissant, qui nous aident pour compléter cette recherche, qui est notre Dieu, la santé et le bien-être et la détermination.

Nous adressons nos sincères remerciements au superviseur Professeur Serraye Aïcha nous est donné des conseils et des informations précieuses ont contribué à l'enrichissement du sujet de notre étude dans divers aspects, et nos sincères remerciements aux membres de la discussion Comité distingué, bien, je transmets mes sincères remerciements à mes professeurs clients, et tous ceux qui ont contribué à l'éducation .

** Aussi ne pas oublier tous les membres de la station d'épuration de l'eau Kouinine . De même que l'eau des travailleurs algériens.*

** Nous remercions aussi tous ceux qui nous ont aidés de loin, même près de croire en la parole ou une invitation valable.*

SOMMAIRE

Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des figures	
Liste des abreviations	
Résumés	
Introduction	01

Partie1: Synthèse bibliographique

Chapitre I : Caractéristiques de la région d'étude.....	05
I.Caractéristiquesgéographiques.....	06
I.1.SituationGéographique.....	06
I.2.Répartitionadministratifetdémographique.....	08
I.3.Géologie.....	09
I.4.Géomorphologie.....	09
I.5.Hydrogéologie.....	11
I.6.Climatologie.....	13
I.6.1.Température.....	13
I.6.1.1.Température moyenneannuelle	13
I.6.2.Les precipitation.....	13
I.6.2.1.Répartition moyenneannuelle.....	14
I.6.3.L'humidité relative de l'air.....	14

I.6.4.Le vent.....	15
I.6.5.Evaporation.....	16
I.6.6.Diagramme Ombrothermique.....	17
Conclusion.....	17
Chapitre II :Réutilisation des eaux usées épurées dans l'écosystème saharien	19
II.1.Définition des eaux usées	19
II.1.1.Types des eaux usées.....	19
II.1.2.Composition des eaux usées.....	19
II.1.2.1. Microorganismes des eaux usées	19
II.1.2.2.Matières en suspension (MES) et colloïdes	19
II.1.2.3.Micropolluants.....	20
II.1.2.4.Substances nutritives.....	20
II.2.Indicateurs et paramètres de qualité d'une eau.....	20
II.2.1.Pouvoir fertilisant des eaux usées.....	20
II.2.2.Historique de recyclage des eaux usées.....	21
II.2.3.Bilan mondial.....	22
II.3.Tendance à la réutilisation des eaux usées dans les zones sahariennes.	22
II.4.Les différentes réglementations de réutilisation des eaux usées	23
II.5.Réutilisation des eaux usées traitées.....	24
II.5.1. Modes de réutilisation des eaux usées traitées.....	24
II.5.2.Domaines de réutilisation des eaux usées	25
II.5.3.Intérêt et contraintes de la réutilisation agricole des eaux usées.....	25
II.5.4.Limites de la réutilisation	26
II.5.6.Risques de la réutilisation des eaux usées	26
II.5.6.1.Le risque environnemental.....	26

II.5.6.1.A.Effets sur les eaux souterraines	26
II.5.6.1.B.Effets sur les eaux de surface	26
II.5.6.1.C. Effets sur les cultures.....	27
II.5.6.1.D. Effet sur le sol.....	27
II.5.6.2.Risque sanitaire	27

DEUXIEME PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

Matériel et méthodes.....	29
1. Choix de la zone d'étude.....	30
2. Prise et transport d'échantillons.....	30
3. Matériel utilisé.....	31
4. Analyses de l'eau.....	36
4.1. Analyses physico-chimiques de l'eau.....	36
4.1.1. Analyses physiques.....	36
4.1.1.A.Matières en suspension (MES)	36
4.1.2. Analyses chimiques.....	37
4.1.2.A.PH.....	37
4.1.2.B.Oxygène dissous (O ₂).....	37
4.1.2.C. Demande biologique en oxygène(DBO ₅).....	37
4.1.2.D.Azote total (NT).....	37
4.1.2.E.Orthophosphates (PO ₄ ⁻³).....	37
4.1.2.F.Calcium(Ca ⁺⁺) et Magnésium(Mg ⁺⁺).....	37
4.1.2.G.Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	37
4.1.2.H.Métaux (Zn ,Cu ,Cd)	37
4.1.2.I.Potassium (K ⁺⁺).....	38
5.Analyse du végétal.....	38
5.1. Analyse du phosphore.....	38
5.2.Analyse du potassium.....	38

Résultat et discussion	40
1. Analyses physico-chimiques des eaux	40
1.1. le pH.....	40
1.2.la température(T°C).....	41
1.3.la salinité.....	42
1.4. Les MES.....	43
1.5.Evolution Orthophosphates (PO ₄ ⁻³).....	43
1.6. les métaux lourd (Zn, Cd, Cu)	43
1.7. la DBO ₅	44
1.8.l'Azote total (Nt).....	44
1.9. l'Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	44
1.10. L'oxygène dissous.....	44
1.11. le Magnésium(Mg ⁺).....	45
1.12. le Potassium (K ⁺).....	45
1.13. le Calcium (Ca ⁺⁺).....	45
2. Analyses des plantes	46
2.1. Analyses chimiques des plantes	46
2.1.1.le phosphore (P)	46
2.1.2. le potassium (K ⁺)	47
2.2. Mesure de critères morphologique de plante.....	48
2.2.1.Longueur des plantes.....	48
2.2.2.Poids de plante.....	49

Conclusion générale.....	52
Références bibliographique.....	54
Annexes.....	60

Resumé et mots-clés

La liste de figure

N°	Titres	Page
1	Situation géographique de la région d'EL Oued	07
2	Découpage administratif des communes de la wilaya d'El- Oued	08
3	Plan géologique du Grand Erg Oriental	09
4	Carte représentation des Géomorphologie de la région du Souf	10
5	Coupe hydrogéologique du Souf	12
6	Températures moyennes annuelles durant la période 2006/2016	13
7	Variabilité des précipitations annuelles durant la période 2006/2016	14
8	Humidités moyennes annuelles durant la période 2006/2016	15
9	Vents moyennes annuelles Durant la période 2006/2016	16
10	Evaporations moyennes annuelles durant la période 2006/2016	17
11	Diagramme Ombrothermique entre 2006/2016	17

12	Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie	24
13	Localisation de la zone d'étude (2017)	30
14	Système d'irrigation par goutte a goutte	32
15	Echantillon de pomme de terre	33
16	Echantillon de blé	34
17	Schéma présente le protocole de travail(2017)	35
18	Analyses de MES dans le laboratoire (2017)	36
19	Mesure de pH	40
20	Mesure de température(T°C)	41
21	Mesure de la salinité (mg/l)	42
22	Mesure des paramètres chimiques	46
23	Concentration moyenne de phosphore dans la partie aérienne (feuille).	47
24	Concentration moyenne de potassium dans la partie aérienne (feuille).	48
25	Evolution des Longueurs pour la culture	49
26	Evolution des poids pour la culture	50

Liste des abbreviations

ADE :Algérienne Des Eaux.

D.P.S.B: Direction de la programmation et le suivi du budget

DBO₅: Demande biochimique en oxygène

DRE : Direction des Ressources en Eau

EUT –EUE :Eaux Usées Épurées.

FAO :Food and Agricultural Organization (Organisation des Nations UniesPour l'Alimentation et l'Agriculture).

MES: Matières En Suspension

MO : Matière organique

OMS :Organisation Mondiale de la Santé.

ONA :Office National d'Assainissement.

ONM: Office National Météorologique.

PH : potentiel d'hydrologie.

STEP: Station d'Épuration.

RÉSUMÉ

Résumé

Les eaux usées traitées sont largement réutilisées en irrigation agricole, en particulier, là où les sols sont déficitaires en matière organique. Nous avons confirmé que les eaux usées traitées de la STEP1 de Kouinine sont riches en matières organiques nécessaires à l'accoisement des cultures de blé et pomme de terre notamment le phosphore et le potassium. On résulte aussi que l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des plantes a un effet positif sur le développement de vu morphologique.

Les valeurs de PH, T°, O₂, Salinité, Ca⁺, Mg⁺, et de quelques métaux lourds (Zn, Cu, Cd) révèlent la conformité de ces dernières aux normes nationales et internationales de réutilisation pour l'irrigation ; par contre, les concentrations en DBO₅, PO₄-3, Nt, NH₄, MES dépassent les normes admises, c'est pour cela nous avons constaté que 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.

Mots clés : valorisation, station d'épuration, Kouinine, eaux usées traitées, irrigation.

ملخص

لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الري الزراعي على نطاق واسع، وخصوصاً حيث التربة تعاني من نقص في المواد العضوية. أكدنا أن مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة مياه الصرف كوينين غنية بالمواد العضوية اللازمة لزيادة القمح والبطاطا وخصوصاً الفوسفور والبوتاسيوم. ويترتب على ذلك أيضاً أن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في ري النباتات له تأثير إيجابي على التطوير بالنظر المرفولوجي.

قيم PH، T°، O₂، الملوحة، Ca⁺، Mg⁺، وبعض المعادن الثقيلة (الزنك والنحاس والكاديوم) تكشف عن الامتثال للمعايير الوطنية والدولية الأخيرة لإعادة استخدامها لأغراض الري. من سلبيات، وتركيزات DBO₅، PO₄⁻³، NT، NH₄، MES تتجاوز المعايير المقبولة، لهذا السبب وجدنا ان اداء محطة معالجة الصرف الصحي لمدينة الواد مرضية لعناصر معينة وليس للآخرين.

الكلمات الرئيسية: تقويم، محطة تصفية، كوينين، مياه الصرف الصحي، الري.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale :

L'eau douce est une denrée de plus en plus rare en Algérie et de moins en moins renouvelable. Elle fait actuellement l'objet d'une exploitation concurrentielle entre les besoins de la population, ceux de l'agriculture et de l'industrie qui se disputent une disponibilité limitée (**KIR et al., 2013**).

La pollution des eaux de surface et souterraines par les rejets d'eaux usées tant domestiques qu'industrielles ainsi que par l'utilisation d'engrais et des pesticides en agriculture, à un risque de pénurie d'eau (**Nebil., 2010**).

Devant la rareté de la ressource en eau conventionnelle, l'Algérie ne peut plusse permettre de tourner le dos à la possibilité de réutiliser les énormes quantités d'eaux usées rejetées dans la nature ou à la mer. C'est donc à l'enracinement d'une nouvelle culture de l'eau, qu'il faut s'atteler pour espérer l'émergence d'une mentalité et d'un comportement nouveaux (**MRE, 2003**).

Selon une étude de (**Global Water Intelligence, 2005**), seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global d'environ 0,18% de la demande mondiale en eau, mais ce marché enregistre, aux États-Unis comme en Europe, une croissance d'environ 25% par an. La réutilisation des eaux usées est donc une activité en plein développement (**Moussaoui R et Benhabib A, 2015**).

L'agriculture constitue le plus gros consommateur des ressources hydriques, vu la diminution des apports en eau constatée depuis plusieurs décennies. Les agriculteurs s'intéressent à l'utilisation des eaux usées (**Hannachi et al ; 2014**).

Un projet de réutilisation des eaux usées reste un projet d'utilisation d'eau, le fait que cette eau soit usée n'importe en effet que des compléments ou correctifs techniques (**Valiron, 1983**). Les pluies, les eaux des barrages et des forages ne suffiront plus pour la satisfaction des besoins, ce qui explique aujourd'hui, l'ambition de l'Algérie de traiter un milliard de mètres cube d'eaux usées pour l'irrigation de 100000 hectares. Pour le moment, l'Algérie consacre 65% de ses ressources hydriques au secteur de l'agriculture (**MRE, 2012**).

Seulement, ces réalisations n'ont pas été suffisantes pour atteindre l'objectif de protéger l'environnement d'une manière générale et les ressources hydriques en particulier : La politique de valorisation des eaux usées traitées est nécessaire d'autant plus que celles-ci une fois traitées, pourraient constituer une source non négligeable pouvant participer à la réduction du déficit du bilan hydrique par sa valorisation en irrigation (**Djedii., 2007**).

L'épuration de l'eau usée et son utilisation en irrigation est une option attrayante, en particulier dans les zones arides et semi-arides, car elle représente une source d'eau et d'engrais additionnels renouvelables et fiables

(FAO;2003).

Il faut penser de réutiliser les eaux usées traitées dans l'agriculture, parce qu'elles sont avantageuse par leur richesse en substances nutritives pour les plantes. L'utilisation de l'eau usée traitée pour la production agricole permet en effet, de valoriser les matières fertilisantes qu'elle contient au lieu de les rejeter **(Hannachi.A et al. 2016).**

Ainsi, la réutilisation des eaux usées est justifiée dans beaucoup de cas par le fait qu'elles contiennent divers éléments nutritifs pour la terre, notamment les composés à base de nitrates, de phosphore et de potassium. Pour l'industrie, c'est également une ressource hydrique très importante. D'autre part elle peut avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée et des boues, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation **(Okba et al.,2013).**

En Algérie, la réutilisation et l'exploitation des eaux usées destinées à l'agriculture sont actuellement de l'ordre de 650 millions m³. En 2011, ce chiffre s'élèvera à 750 millions m³ pour devenir 1 milliard m³ à l'horizon de l'année 2015 en signalant que les capacités de notre pays au début des années 1990 ne dépassaient pas 98 millions m³ seulement. Les eaux utilisées doivent être destinées vers l'agriculture qui enregistre en Algérie un déficit remarquable, car 65% de ces eaux sont destinés à l'irrigation agricole alors que nos voisins en Tunisie ont pu atteindre 80%.

Cette réutilisation des eaux est devenue un enjeu politique important, elle contribue aussi comme les autres secteurs au développement durable qui a été défini comme un « développement qui dure », ou qui « assure durablement une prospérité maximale à partir des ressources disponibles » **(Mousaoui R et Benhabib A, 2015).**

L'objectif de notre travail est d'évaluation les effets d'irrigation par eaux usées traitées de la STEP -1-de Kouinine sur la croissance de certaines cultures épanouies dans ses vingt ans dans la région d'El-Oued.

Pour effectuer ce travail, il a fallu entre prendre plusieurs sorties de terrain afin d'approfondir nos connaissances sur la valorisation des eaux usées épurées par lagunage aérée en irrigation, aussi, les prélèvements d'échantillons pour analyse. Il a été également nécessaire de se rapprocher des différents acteurs locaux ayant eu un lien étroit avec la réalisation de notre travail, en particulier, Office National d'Assainissement et la Conservation des Forêts de la wilaya d'El-Oued.

Sur le plan bibliographique, l'établissement de ce travail s'est appuyé sur l'exploitation des différents travaux réalisés sur la gestion et la valorisation des eaux usées au niveau national et international.

Les analyses physico-chimiques des eaux usées urbaines traitées ont été réalisées au niveau du laboratoire de la station d'épuration d'El-Oued.

Les analyses chimiques des plantes ont été effectuées au laboratoire de l'université de Biskra.

Des analyses physiques et chimiques de l'eau au Laboratoire A.D.E (Eau algérienne).

Ce mémoire est partagé en deux parties complémentaires :

- La première partie concerne la synthèse bibliographique. Cette dernière présente les deux chapitres suivants : caractéristique de la région d'étude, La réutilisation des eaux usées épurées
- La deuxième partie : cette partie présente une description de la méthodologie de notre travail et l'indication des différentes méthodes et des protocoles d'analyse utilisés, aussi les résultats obtenus, ainsi que leur discussion.

Enfin, nous concluons sur les effets des eaux usées traitées de la station de Kouinine sur la croissance des plantes dans le périmètre irrigué et les caractéristiques physico-chimiques des eaux d'irrigation et présenterons les perspectives qu'ouvre ce travail pour des éventuelles extensions de cette pratique.

PREMIÈRE PARTIE

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

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 d'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 1**). (**Khechana et El-fadel, 2012**).

Elle occupe une superficie de 4458608 km² et englobe une population de plus de 820000 habitants (**D.P.S.B; 2016**).

La vallée d'Oued-Souf s'étend sur 3000 km² dans une configuration géographique caractérisée par une topographie plane et sans exutoire (**Rabah et al, 2009**).

El-Oued 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 Melhir au nord et le Chott El Jerid à l'est (**Guezoul et al, 2013**).

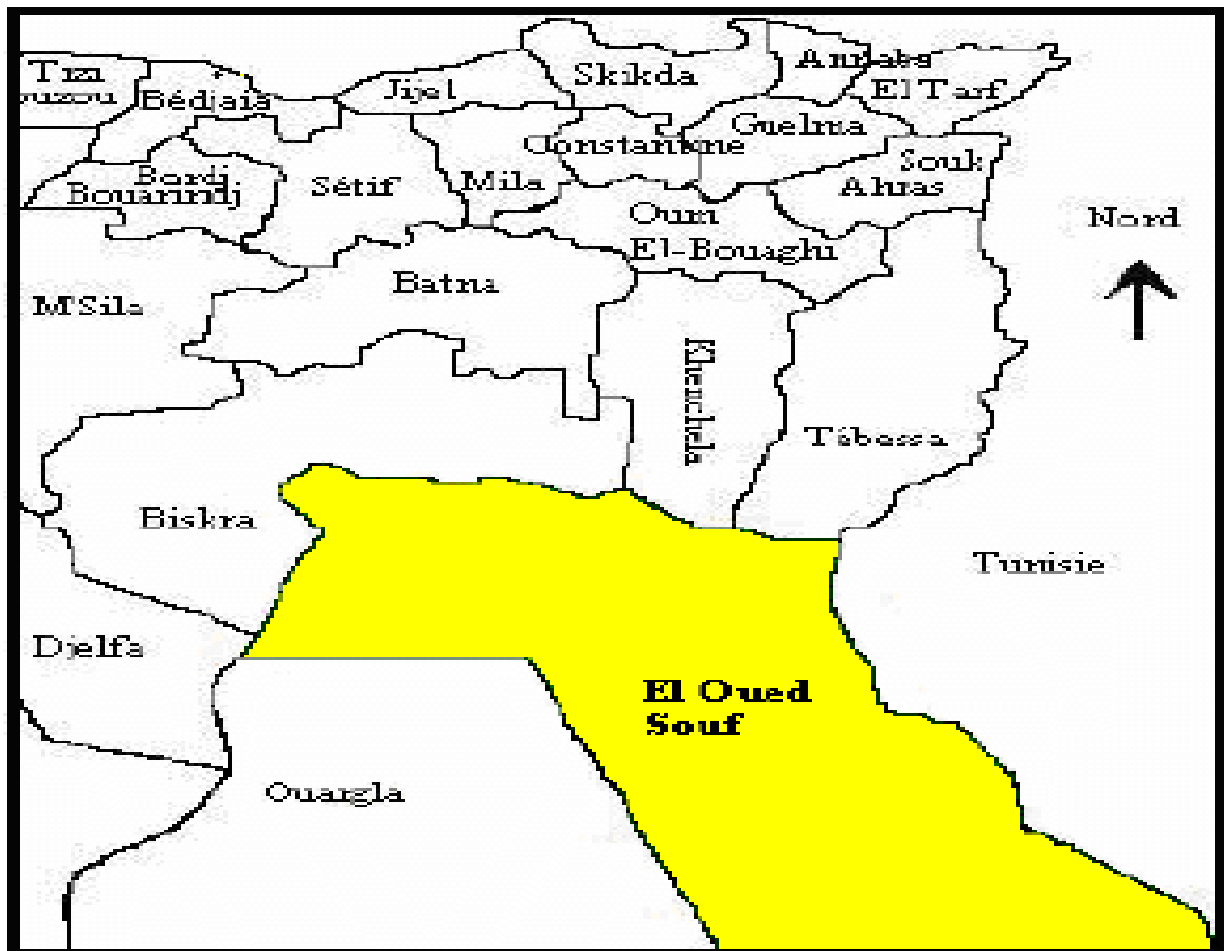
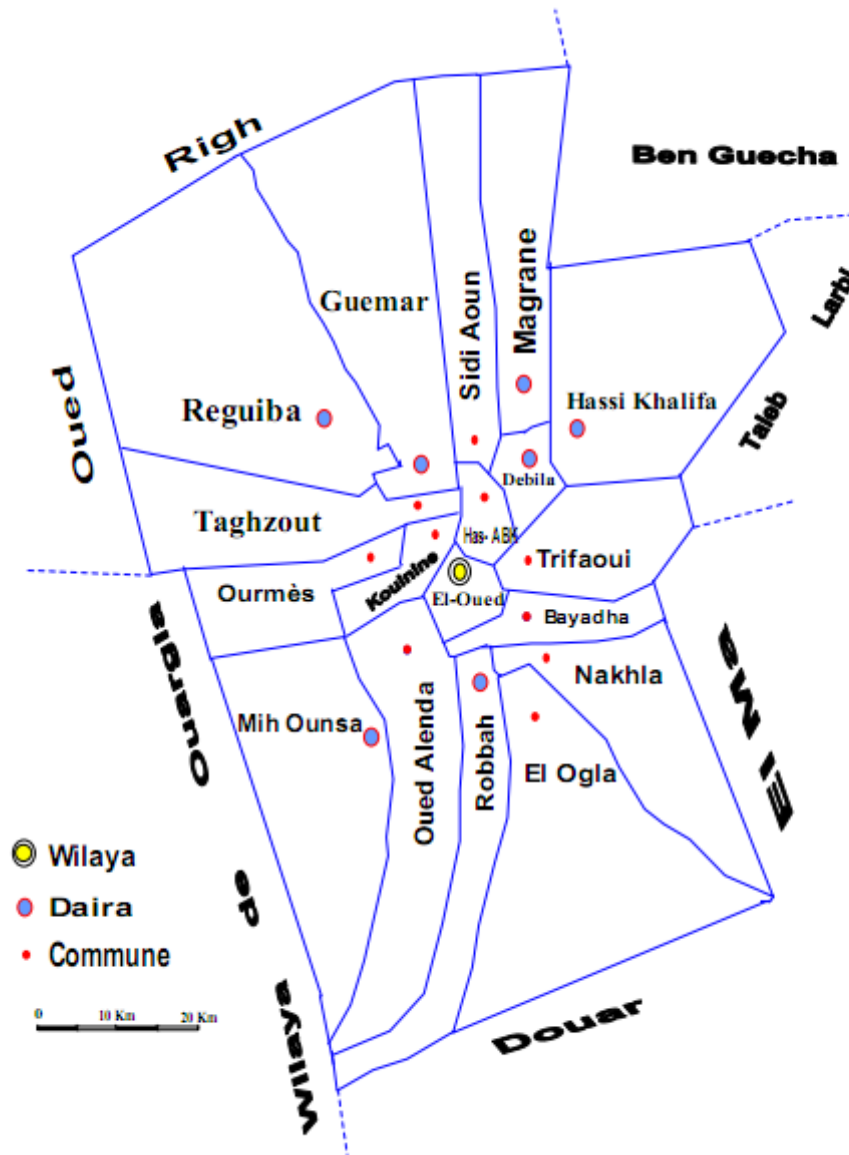


Figure N°1: Situation géographique de la région d'EL Oued (Kholladi, 2005)

I. 2. Répartition administratif et démographique

Elle couvre une superficie totale de 44586,8 km² divisé en 30 communes (Figure 2).



Nord

Figure N°2 : Découpage administratif des communes de la wilaya d'El- Oued (DRE, 2013)

I.3. Géologie

La région du Souf se situe dans une mer de sable de couleur jaune ocre, issue de Dépôts quaternaires.

Dans la région du Souf, les conditions tectoniques et paléogéographiques ont permis la mise en place d'une série sédimentaire à caractère lithologique divers et variable dans le temps, plutôt calme, régulière et homogène dans l'espace (**Figure N°3**). CES caractéristiques ont favorisé la formation dans le Souf et dans tout le bas Sahara de plusieurs terrains aquifères à comportement hydrodynamique variable en fonction de leurs faciès (**Miloudi.A., 2008**).

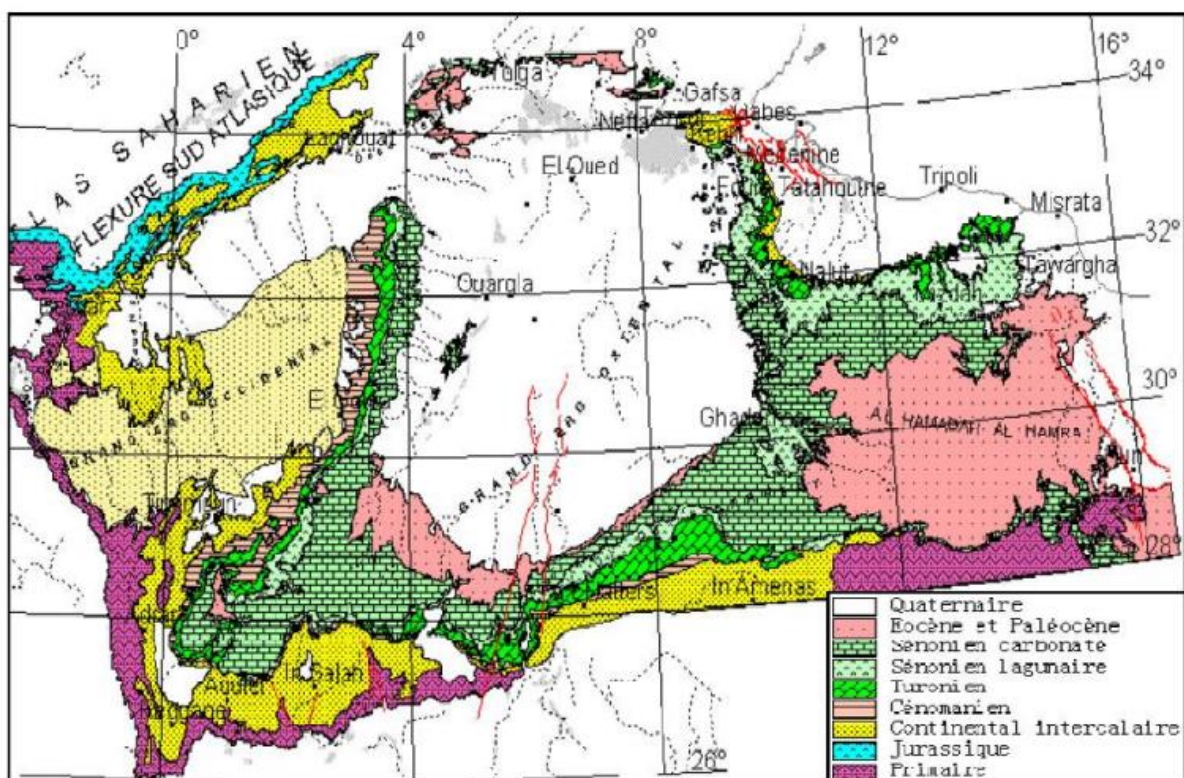


Figure N°3:Plan géologique du Grand Erg Oriental, (MILOUDI.A., 2008).

I.4. Géomorphologie

Les reliefs de la région d'Oued Souf sont formés essentiellement par trois zones principales:

- * Une zone sableuse qui se présente sous un double aspects l'erg et le Sahara.
- * Une forme de plateau rocheux qui s'étend vers le Sud avec une alternance de dunes et crêtes rocheuses.
- * Une zone de dépression caractérisée par la présence de chotts qui plonge vers L'Est.

La région de Souf se trouve dans la partie Nord de grand Erg oriental qui se caractérise par un ensemble des dunes de sable d'origine continentale et d'erg quaternaire.

Ces dunes sont déposées longitudinalement portant la dénomination du SIF dépassent parfois 60m de hauteur entre les cordons dunaires se forment les plateaux déprimés souvent assez étendus et parfois caillouteux au recouverts par les vieilles formations d'encroutement gypseux du quaternaire (Figure.4) (Drouiche.A., 2008).

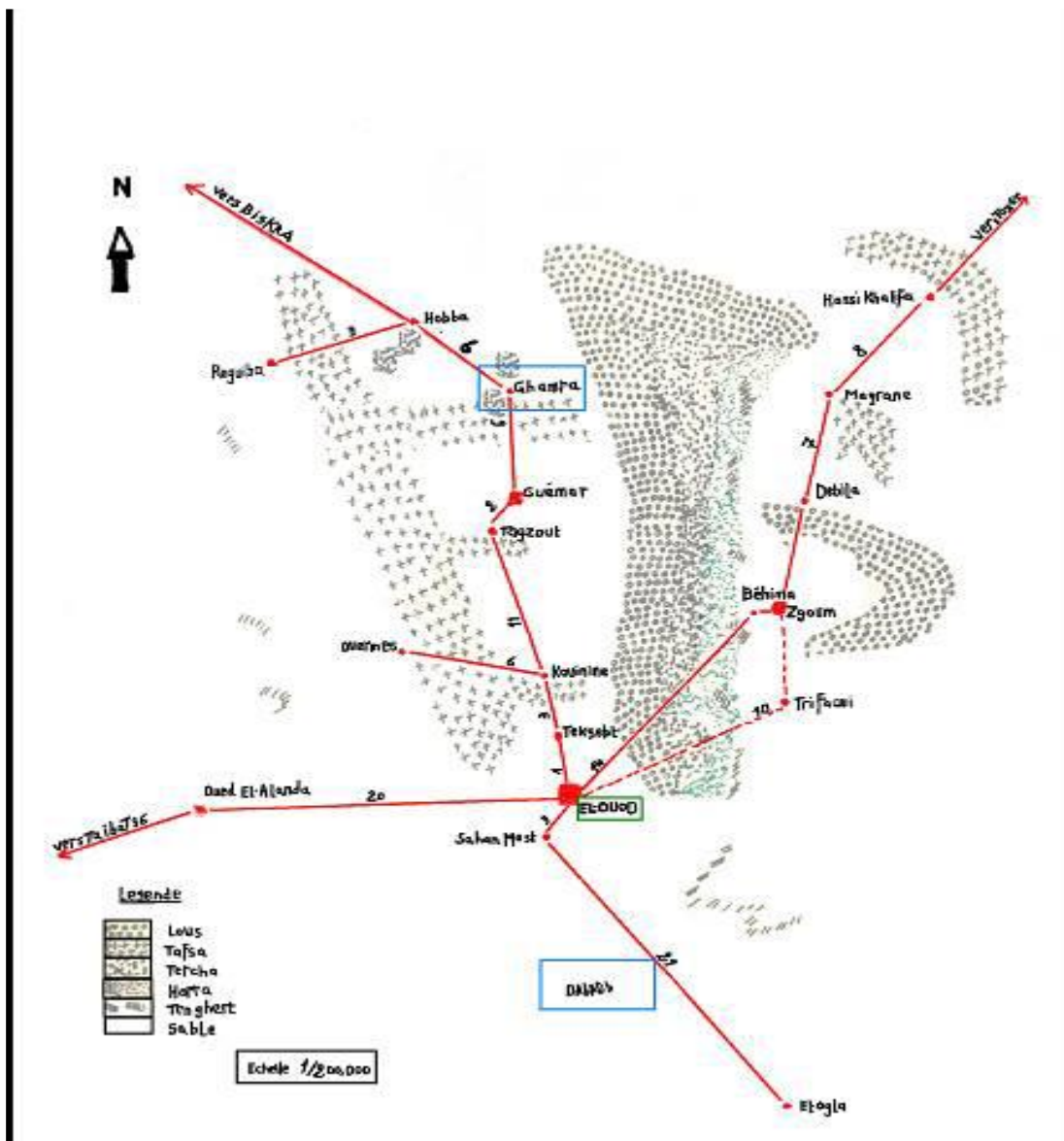


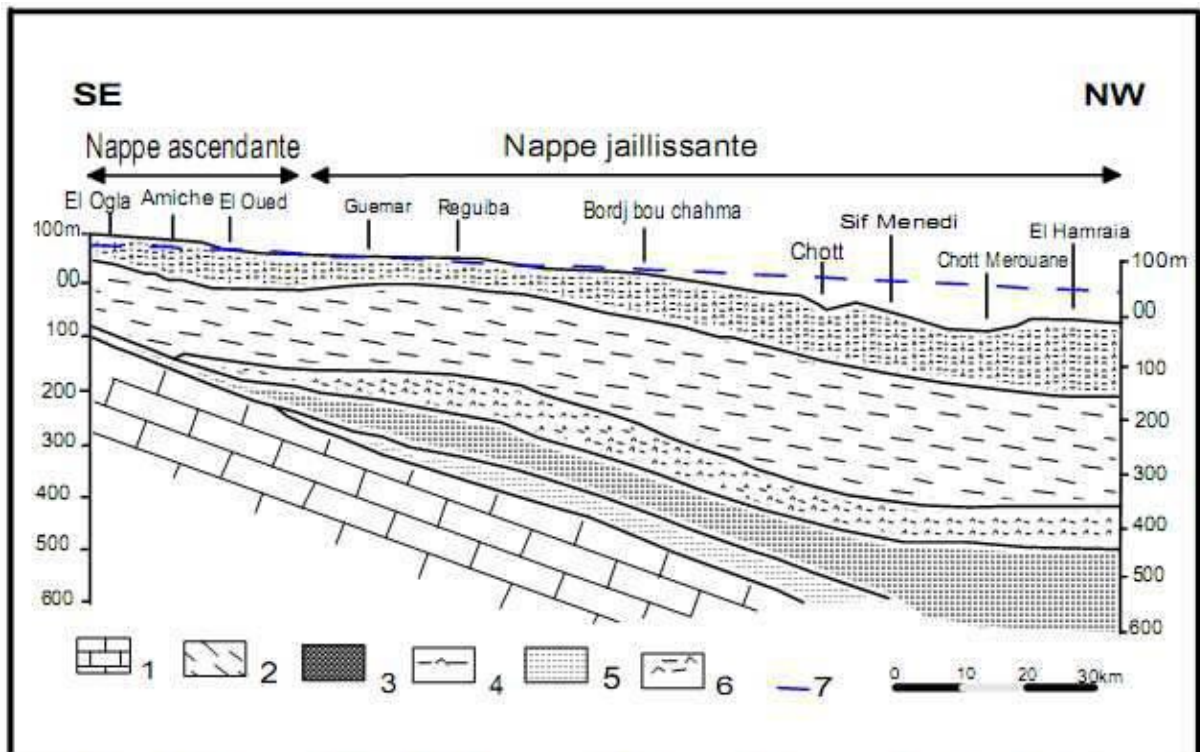
Figure N°4: Carte représentation des Géomorphologie de la région du Souf (Voisin. A.R., 2004).

I.5. Hydrogéologie

Les ressources en eaux souterraines dans la région sont représentées, comme partout dans les régions du Sahara septentrional algéro-tunisien, par deux grands systèmes aquifères superposés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT). Ces derniers renferment d'importantes réserves évaluées à $31.000 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Les prélèvements étaient de 1,4 milliards de m^3 par an en 2009, ce qui s'est traduit sur le plan pratique, par des rabattements continus des nappes. Du point de vue qualitatif, ces eaux souterraines sont fortement minéralisées (**Bouhanna. Aet al, 2015**).

Dans ce désert de sable on ne peut trouver l'eau que sous forme souterraine, des études géologiques indiquent la présence de roches perméables qui renferment des nappes aquifères, soit entre les grains de la roche (sable ou grès) soit dans des fissures (calcaires), d'autres roches sont imperméables et constituent soit des planchers supportant les nappes soit un toit étanche protégeant les nappes. Dans la région du Souf existe une nappe artésienne profonde et une autre nappe phréatique superficielle peu profonde, en moyenne la profondeur de l'eau est d'une dizaine de mètres, les deux nappes sont séparées par le Pontien supérieure (roche imperméable). La nappe phréatique s'écoule très lentement vers le Nord-est, le degré de sel dans l'eau est variable selon la zone dont il est puisé, pour certaines régions il est trop élevée et l'eau devient impropre à la consommation humaine. Dans ces cas, elle est utilisée pour les autres besoins de l'homme, et pour l'irrigation des palmiers qui ont la capacité de filtrer l'eau; tandis que pour d'autres zones, l'eau est potable (**Figure 5**) (**Allou.M, 2006**).



1- calcaire de l'Eocène inférieur marin et de l'Eocène moyen évaporitique. **2-** Argiles sableuses et marnes de la base du continental terminal. **3-** Sable grossiers à graviers du Pontien inférieur. **4-** Argiles et gypse dominants. **5-** Argiles et sable dominants. **6-** Argile sable et gypse (les trois derniers étages appartiennent au Mio-Pliocène supérieur). **7-** Niveau hydrostatique de la nappe du Pontien inférieur.

Figure N°5: Coupe hydrogéologique du Souf (Drouiche.A., 2008).

I.6. Climatologie

les 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.

I.6. 1. Température

I.6. 1.1. Température moyenne annuelle

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 (12°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 (34.25°C) ; la moyenne annuelle est de l'ordre de 22.72°C (Figure6).

La ville d'El-Oued présente de forts maxima de température en été, alors qu'en hiver elles peuvent être très basses(Voisin, 2004).

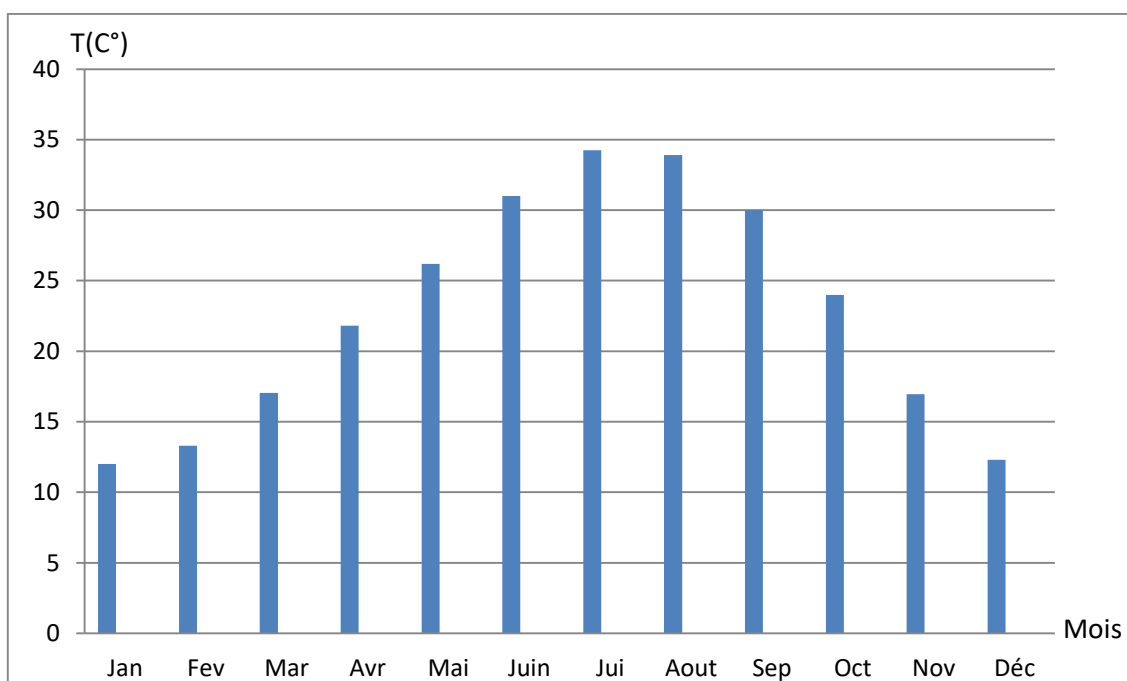


Figure N° 6:températuresmoyenne annuelle durant la période 2006/2016.

I.6.2. 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).

I.6.2.1. Répartition moyenne annuelle

Les précipitations relevées au niveau de la station de Guemar montrent une grande variabilité d'une année à une autre. Ainsi, le mois la plus arrosée était celle de Janvier avec 21.80 mm/an et la mois la plus sèche était celle de Juillet avec 0.16 mm/an (**figure 7**).

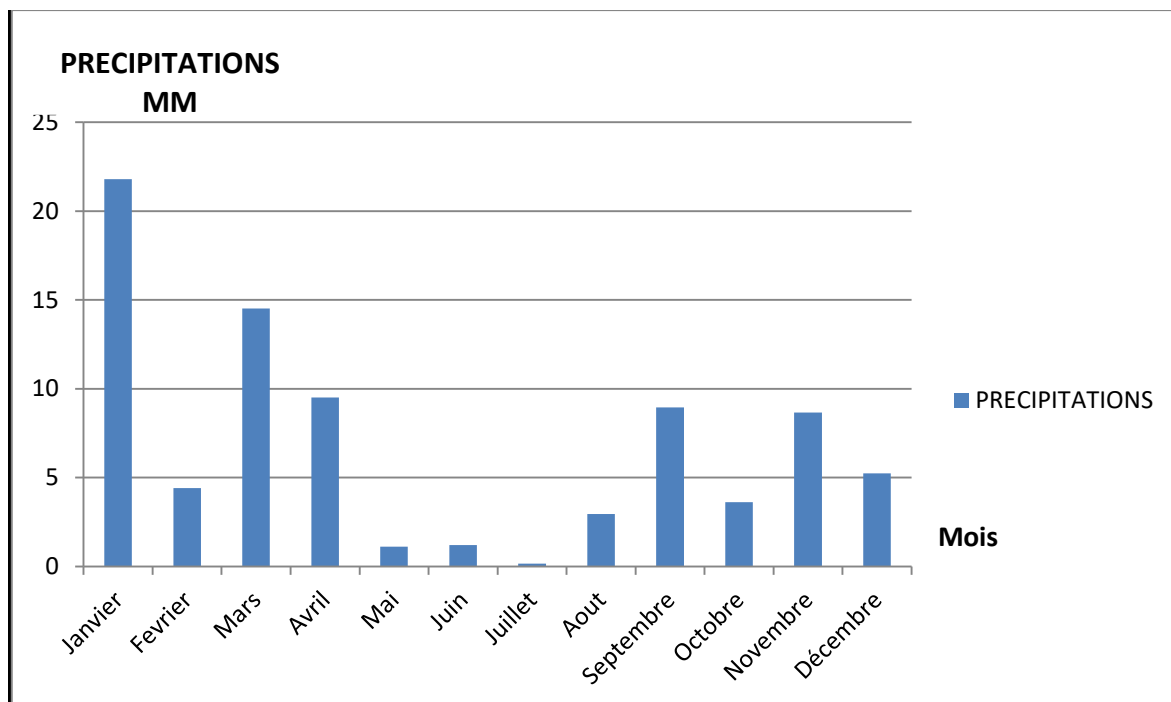


Figure N° 7: variabilité des précipitations moyenne annuelle durant la période 2006/2016

I.6.3. L'humidité relative de l'air

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 60.46%.

Cette humidité varie ensemble en fonction des saisons.

En effet, pendant l'été, elle chute jusqu'à 42.27% 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 81.81 % au mois de Décembre (**figure 8**).

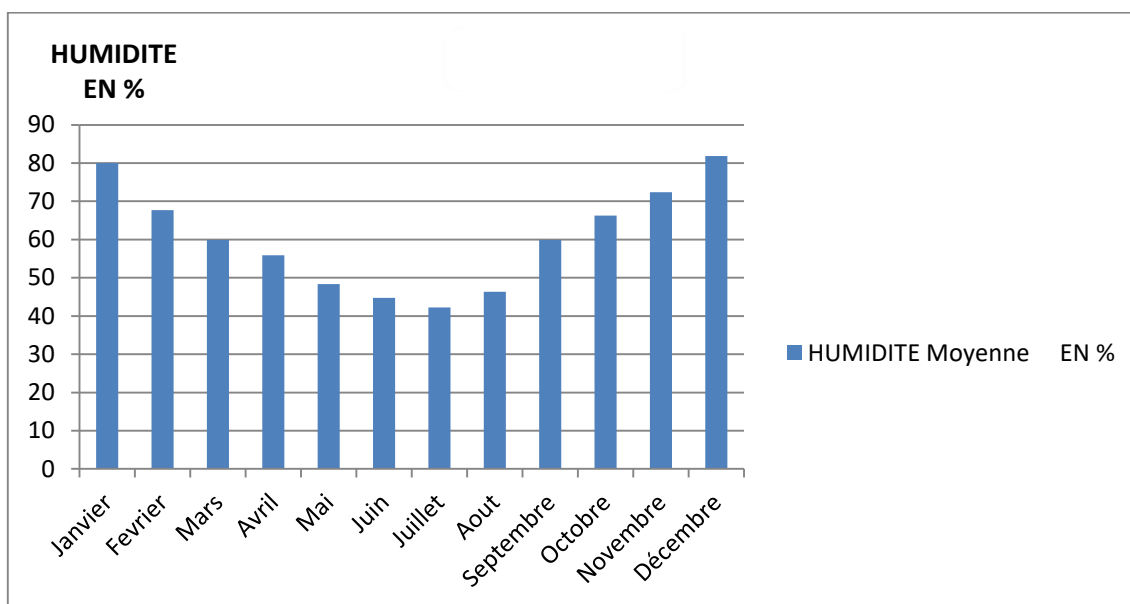


Figure N° 8: Humidités moyennes annuelles durant la période 2006/2016.

I.6.4. 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 17.27Km/h durant le mois de Avril.

(Figure 9).

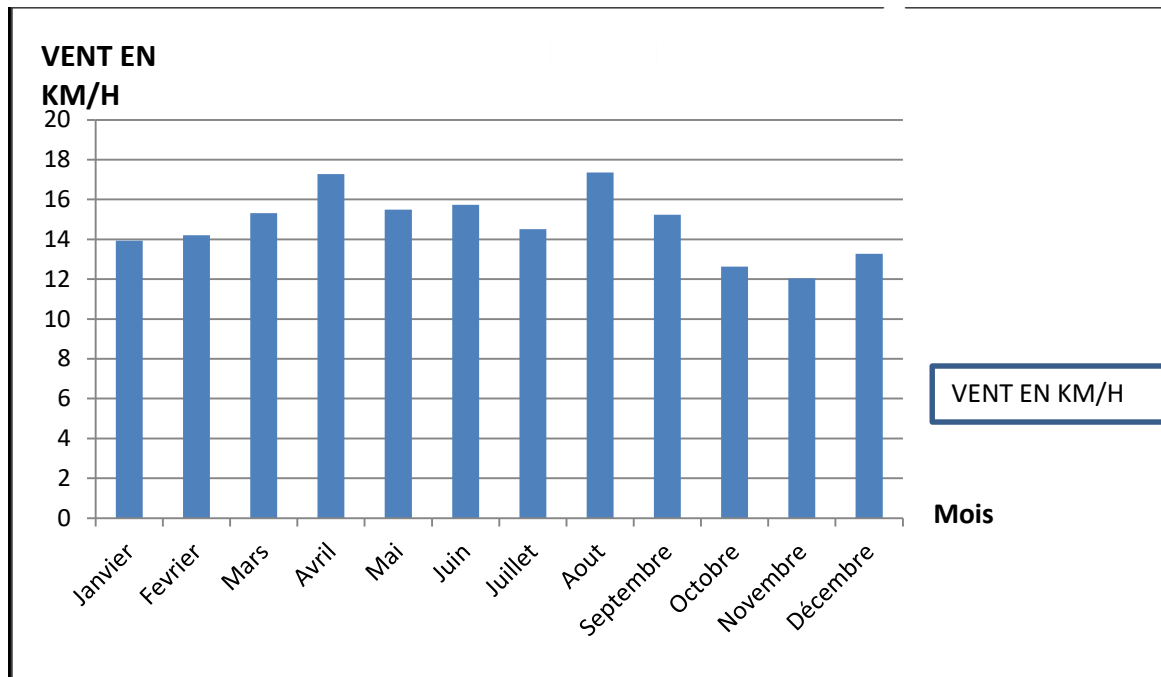


Figure N° 9: vents moyennes annuelles durant la période 2006/2016.

I.6.5. 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 350.13 mm contre un minimum de 88.42 mm au mois de Janvier totalisant ainsi une évaporation moyenne annuelle de 2505.07 mm pour la période considérée (figure 10).

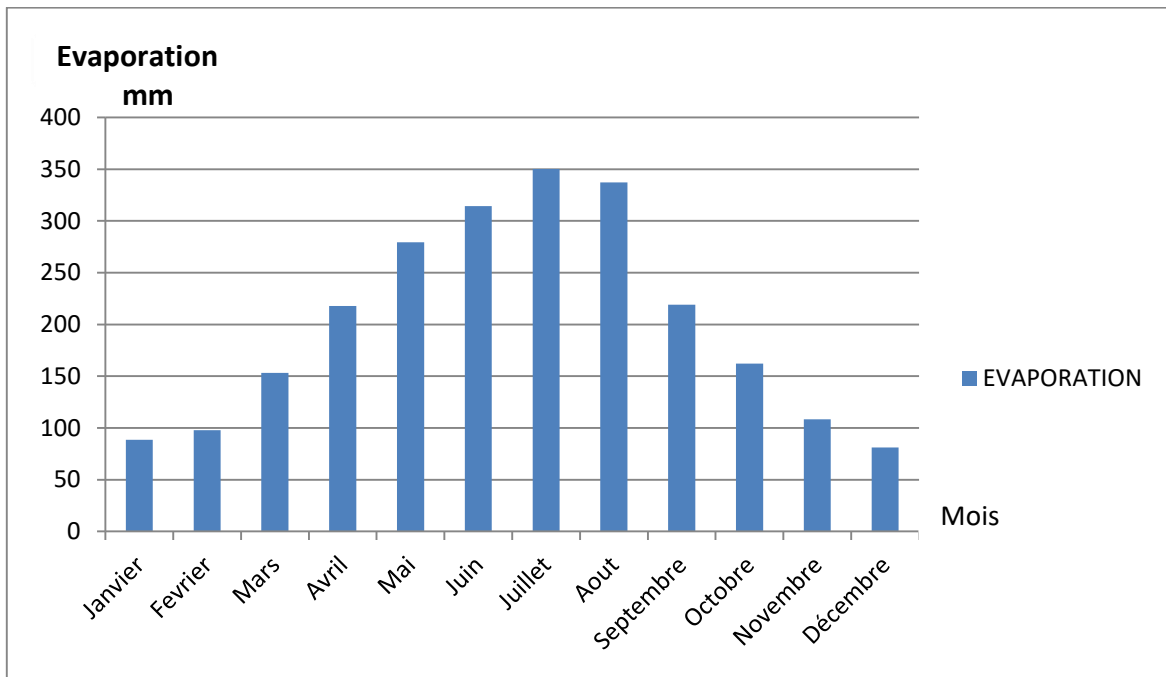


Figure N° 10 : Evaporations moyenne annuelle durant la période 2006/2016

I.6.6. 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 11**) ; la détermination de cette période a une importance primordiale pour les besoins en eau d'irrigation des plantes.

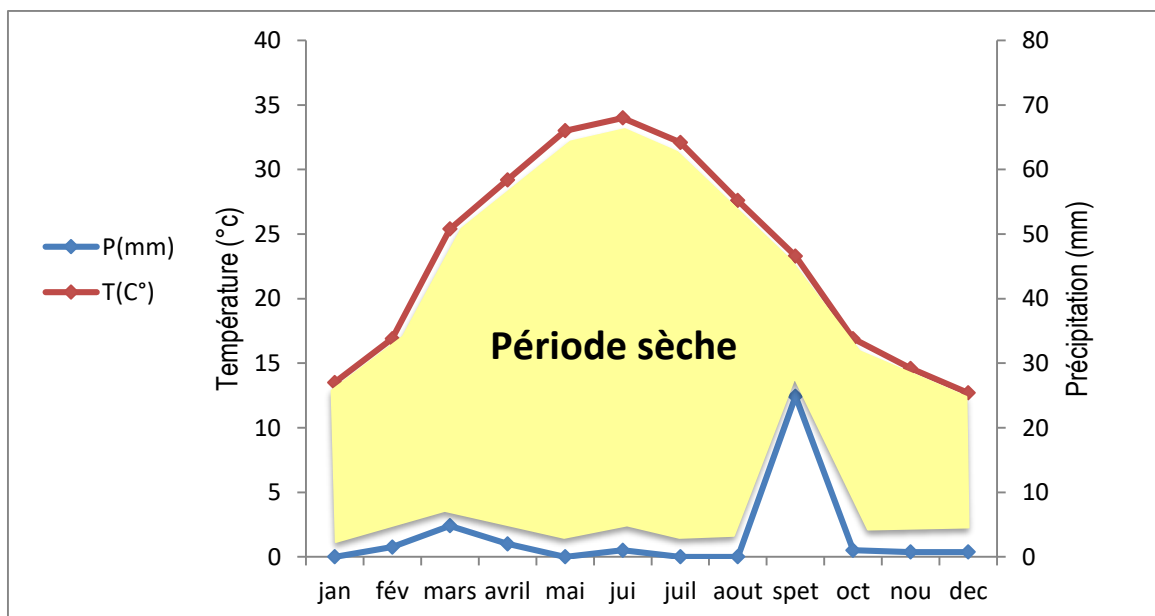


Figure N°11 :Diagramme Ombrothermique entre 2007/2016

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.

CHAPITRE II
LA RÉUTILISATION
DES EAUX USÉES
ÉPURÉES

Chapitre II :réutilisation des eaux usées épurées dans l'écosystème saharien

II.1.Définition des eaux usées :

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elle engendre au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (Metahri.M,2012).

II.1.1. Types des eaux usées

Nombreux travaux de recherches illustrent la typologie des eaux usées, cette dernière, elle est en fonction de l'origine des eaux et de leurs modes de collecte qui influencent beaucoup leurs compositions et leurs caractéristiques (Ouali, 1999; Frank, 2002; messrouk, 2011;Mamadou, 2005).

Les différents types des eaux usées sont les eaux usées domestiques, industrielles, pluviales et agricoles...ect.

II.1.2.Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, agricole...etc.) aussi elle est variable et dépend essentiellement de l'activité humaine. Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, les eaux usées urbaines contiennent également des matières solides, des substances dissoutes et des microorganismes : bactéries, protozoaires, virus et helminthes (Harzallah, 2011).

II.1.2.1.Microorganismes des eaux usées :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. La microflore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (Belaid, 2010).

II.1.2.2.Matières en suspension (MES) et colloïdes :

Les matières en suspension peuvent être d'origine minérale (sables, limons, argiles, ...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques ou fulviques par exemple). A ces composés s'ajoutent les micro-organismes, tels que bactéries, planctons, algues et virus (Degremont, 2005).

Les matières colloïdales (moins de 1 micron) sont des MES de même origine que les précédentes, mais de plus petite taille, dont la décantation est excessivement lente. Elles sont génératrices de turbidité et de couleur (**Degremont, 2005**).

II.1.2.3. Micropolluants :

Le terme micropolluant désigne un ensemble de substances qui, en raison de leur toxicité, de leur persistance et de leur bioaccumulation sont de nature à engendrer des nuisances, même lorsqu'elles sont rejetées en très faibles quantités (**Larkem et Bacel, 2005**).

Les principaux micropolluants sont :

- ❖ certains métaux lourds et métalloïdes (Cd, Pb, Cr, Cu, ...Hg);
- ❖ composés phénoliques, organohalogéniques, organophosphorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques (**Mizi, 2006**).

Il faut noter que, sauf exception, telle la présence d'établissements industriels très polluants raccordés directement au réseau d'assainissement, les concentrations en métaux lourds dans les eaux résiduaires traitées sont faibles (**Toze, 2006**).

II.1.2.4. Substances nutritives :

Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables, que ce soit dans les eaux usées épurées ou brutes (**Belaid, 2010**).

II.2. Indicateurs et paramètres de qualité d'une eau :

Pour apprécier ou caractériser la qualité des eaux, différents paramètres sont utilisés que nous classerons ainsi : paramètres physico-chimiques, paramètres de la pollution particulaire, paramètres de la pollution organique, paramètres microbiologiques, micropolluants et éléments nutritifs. (**NADER, 2014**).

II.3. Pouvoir fertilisant des eaux usées

La croissance des végétaux nécessite un approvisionnement en macronutriments (azote, phosphore et potassium) et en oligo-nutriments. Les trois macronutriments sont présentés soit sous forme élémentaire N/P/K, soit sous forme N/P₂O₅/K₂O, les deux dernières substances caractérisant les formes anhydres du phosphore et du potassium. L'azote est impliqué dans la synthèse des acides aminés (constituants de base des protéines). Il favorise la croissance des tissus végétaux, ce qui en fait un facteur de rendement important. Il est présent dans les eaux usées sous forme minérale (N-NO₃ et N-NH₄) ou organique, mais il est absorbé

par les plantes uniquement sous forme minérale, essentiellement nitraté (N_{NO3}) (Yéli Mariam SOU, 2009).

Une carence en azote entraîne des baisses de rendement importantes, d'où l'intérêt d'apporter, si nécessaire, des compléments azotés sous forme d'engrais minéraux. Cependant un apport d'azote en quantité excessive est contre-productif, notamment sur les cultures de fruits et légumes. Cela entraîne une surcroissance végétale qui retarde la maturité des fruits et en détériore leur qualité (Ayers et Westcot, 1985; Gaye et Niang, 2002). Ce phénomène s'observe fréquemment dans le cas de réutilisation agricole des eaux usées, lorsque celles-ci n'ont pas fait l'objet d'un traitement préalable susceptible de réduire la charge en azote (Chiou, 2008; Wang et Huang, 2008).

II.2. Historique de recyclage des eaux usées :

L'usage des eaux usées en agriculture a débuté en Australie, en Europe et aux USA à la fin du 19^{ème} siècle, puis un peu plus tard au Mexique (WHO, 1989). Au fil des années, l'augmentation des besoins en eau et le dilemme d'une répartition équitable entre les principaux secteurs consommateurs (industrie, agriculture irriguée, besoins domestiques, etc.) ont contraint plusieurs pays, notamment ceux des régions arides et semi-arides, à utiliser des eaux usées pour irriguer des cultures destinées à la consommation humaine. Cette pratique est notamment répandue dans les pays en développement où les eaux usées sont employées généralement sans traitement préalable ou avec un traitement partiel, limité généralement à la réduction de la pollution organique (Yéli M, 2009).

Les dirigeants, publics et privés, ont des décisions à prendre en matière de réutilisation des eaux usées en agriculture. Ils sont confrontés à la nécessité d'exploiter des quantités en augmentation, afin de répondre aux demandes toujours plus grandes. Des facteurs tels que les changements démographiques et les besoins élevés en eau pour l'agriculture, accentuent encore les enjeux liés à la réutilisation des eaux usées. Lorsque l'approche fragmentée traditionnelle n'est plus viable, il convient d'adopter une approche efficace d'une bonne exploitation.

La gestion intégrée des eaux usées épurées en Algérie, désormais institutionnellement reconnue comme un modèle de partenariat public privé, est la meilleure approche pour une mise en valeur et une gestion efficace et durable des eaux usées épurées, face à des demandes en eau en augmentation (Hannachi. A et al, 2013).

Les volumes d'eaux usées rejetées à travers les réseaux d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m³ en 1979, 660 millions de m³ en 1985 et 730 millions de m³ en 2009. Les

prévisions de rejet d'eaux usées des zones urbaines sont évaluées à peu près de 1300 millions de m³ en 2020. La capacité installée d'épuration des eaux usées est de 365 millions de m³/an correspondant à 65 stations d'épuration en exploitation (**Moussaoui R et Benhabib A, 2015**)

Dans le contexte saharien, les eaux usées épurées doivent être considérées comme une nouvelle ressource en eau. Elles présentent de grandes qualités, parfois supérieures à celles des aquifères profonds. Elles peuvent permettre d'irriguer de nouveaux espaces cultivés si on met en œuvre tous les principes de précaution sanitaires (**Duboste M.D et Gérard.M, 2016**). Les rejets des eaux après usage sont augmentés et multipliés avec l'accroissement démographique et l'expansion des villes qui génère des différentes catégories des déchets. Les eaux usées peuvent contenir de nombreuses substances polluantes, ainsi que de nombreux micro-organismes pathogéniques, menacent la qualité de l'environnement dans sa totalité. C'est pour ça, leurs traitements avant réutilisation est une pratique nécessaire pour la conservation des ressources en eaux et en sols (**Bouhanna, 2014**).

II.2.2. Bilan mondial

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5-1,7 millions de m³ par jour dans plusieurs pays, comme par exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en Chine (**Nebil Belaid, 2010**).

Il est bien évident, que la réutilisation des eaux usées (rejets bruts ou traités) a connu une promotion à travers le monde entier, sur la base de vraies expériences. Le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée. Dans certains pays, cette réutilisation est devenue l'objet d'une politique nationale comme en Tunisie, en Grèce et en Jordanie (**Rebhun, 2004, Tsagarakis et al., 2004, Ammary, 2007, Bahri et Brissaud, 2002**).

II.3. Tendances à la réutilisation des eaux usées dans les zones sahariennes :

L'accroissement des rejets d'eaux usées urbaines et d'eaux de drainage agricole a entraîné des remontées importantes des eaux des nappes superficielles dans la plupart des agglomérations urbaines du Sahara algérien. Ces remontées ont favorisé la dégradation des conditions environnementales et ont fortement perturbé les équilibres naturels dans les oasis sahariennes, déjà fragilisées par des conditions climatiques extrêmes (**Idder.T et al, 2014**). Ces oasis qui, auparavant, avaient fonctionné comme des systèmes hydrauliques bien équilibrés, souffrent

aujourd'hui de la mauvaise utilisation de ces ressources (COTE, 2005 ; DUBOST, 2002 ; IDDER, 1998).

La croissance démographique et le développement économique exercent aussi une forte pression sur les ressources en eau renouvelables. C'est pour cela, la réutilisation des eaux usées devienne un enjeu politique et socio-économique majeur afin de préserver les ressources en eau de bonne qualité pour la potabilisation (Qadir et al, 2007 ; FAO, 2007), et d'assurer une autre ressource alternative à moindre coût pour les besoin d'irrigation.

II.4. Les différentes réglementations de réutilisation des eaux usées :

A l'échelle mondiale, il n'existe pas une réglementation commune concernant la réutilisation des eaux usées. Ceci est dû à la diversité du climat, de la géologie et de la géographie, du type de sols et de cultures, mais surtout au contexte économique, politique et social du pays. Cependant, quelques gouvernements et organismes ont déjà établi des normes de réutilisation tel que l'OMS, la FAO, etc... La plupart des pays en voie de développement ont formulé leurs normes de réutilisation des eaux usées sur la base des recommandations fixées par l'un des organismes précités.

Le décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 35, 23 mai 2007, fixe les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation sous forme de concession ainsi que le cahier des charges-type y afférent (JO, 2007). Ce décret règle tous les processus d'utilisation des eaux usées épurées par les stations d'épurations, par une demande adressée par un concessionnaire au Wali (premier responsable de la Wilaya ou département) de la région, cette demande comporte une convention avec la station d'épuration qui fournit les eaux usées épurées. Le contrôle technique, la gestion des périmètres irrigués et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles est assurée par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce (Figure 12).

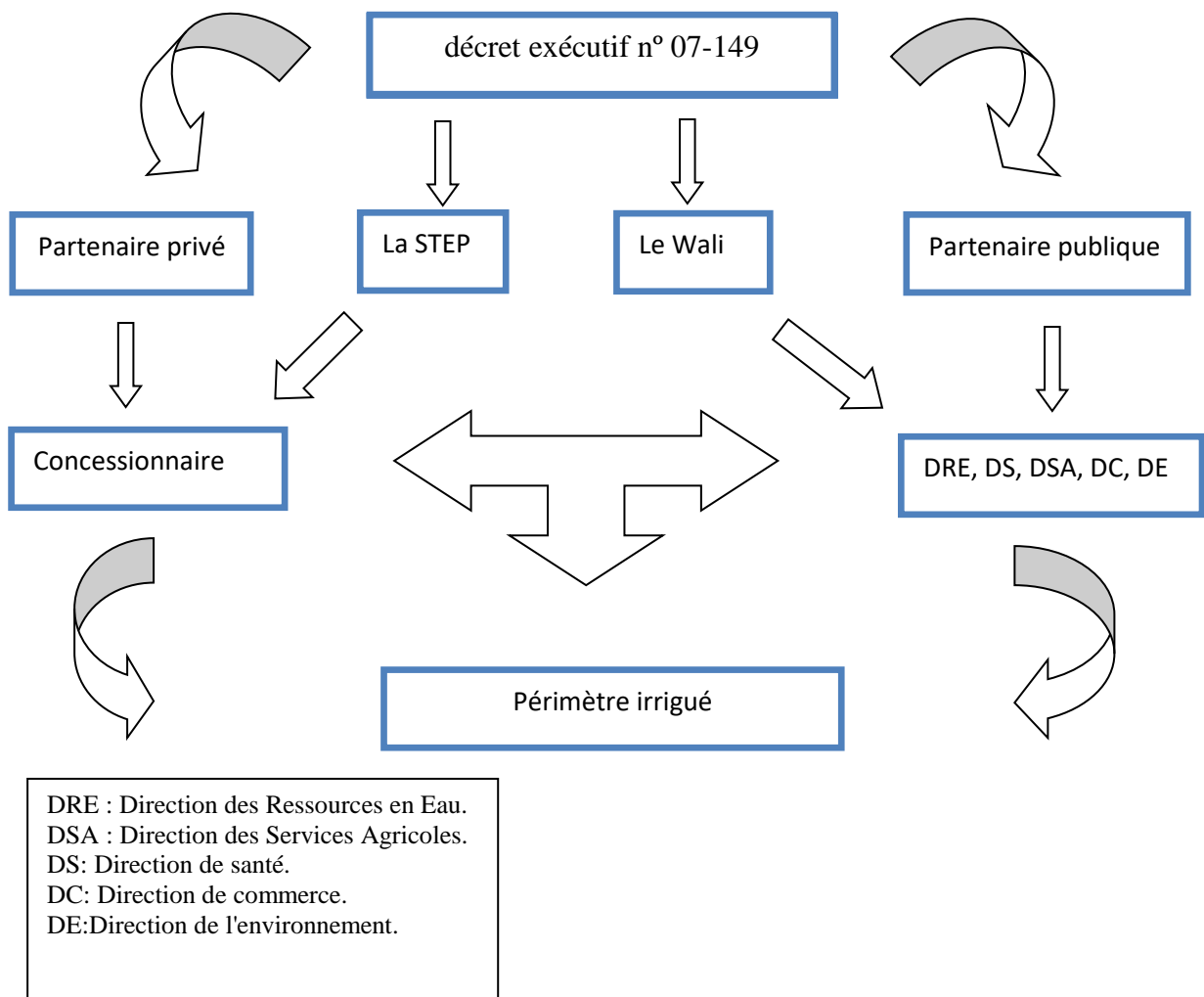


Figure N°12: Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie (Hannachi. A et al, 2013).

II.5. Réutilisation des eaux usées traitées:

II.5.1. Modes de réutilisation des eaux usées traitées:

La réutilisation des eaux usées est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisation. Il existe des milliers de projets utilisant des eaux usées (Boxio et al. 2008), mais dans la plupart des cas, les eaux usées sont utilisées à l'état brut ou après un traitement minimal, et pratiquement aucune mesure n'est prise pour protéger la santé (OMS, 1989).

Les applications de la réutilisation des eaux usées traitées sont nombreuses, qu'il s'agisse d'irrigation agricole, utilisations urbaines (nettoyage, espaces verts), industrielles (refroidissement, protection contre les incendies), d'usages récréatifs, d'entretien d'habitats naturels et de zones humides, ou de recharge de nappe (Ringot, 2010).

Sur le plan mondial, la réutilisation des EUT pour l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvrent respectivement 70 %, 20 %, 10 % de leur demande en eau (**Nebil Belaid, 2010**).

II.5.2. Domaines de réutilisation des eaux usées :

les différentes possibilités de réutilisation envisageable, en dehors de la recharge de la nappe, sont généralement :

- ✓ la réutilisation industrielle : Eau de refroidissement , eau de process.
- ✓ la réutilisation agricole qui est une pratique très ancienne : irrigation de culture maraichères, d'arbre fruitiers....
- ✓ la réutilisation urbaine : arrosage d'espaces verts (golfs ,parcs, terrains sportifs) , protection des incendies, lavage des rues, aménagement paysager (cascades, fontaines.....)

la réutilisation comme ressource eau potable(**Safia .K, 2010**).

II.5.3. Intérêt et contraintes de la réutilisation agricole des eaux usées

l'avantages de la réutilisation des eaux usées sont reconnus par de nombreux pays, ils sont inscrits dans leurs schémas directeurs de l'eau et dans leur politique nationale (**Tamrabet, 2011**).

Dans un souci de protection de l'environnement et de la santé publique, le pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration indépendamment de la réutilisation de cette ressource. Il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il est possible. Parmi les domaines de la réutilisation, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant. En effet, elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées. Par ailleurs, le contenu de ces eaux en fertilisants, notamment l'azote, le potassium et le phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols. L'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les étendues d'eau fermées, telles que lacs et étangs. Si cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes, elle peut être également une source de pollution. Son contenu en éléments traces et en

pathogènes et sa teneur élevée en azote peuvent présenter un risque pour la santé humaine (Nebil Belaid, 2010).

II.5.4.Limites de la réutilisation :

Dans les régions arides et semi-arides, l'eau constitue un facteur limitant de la production végétale. L'introduction des eaux usées traitées comme ressource complémentaire peut contribuer à la satisfaction des besoins en eau d'irrigation.

L'eau usée et d'autres eaux de mauvaises qualités sont importantes dans le contexte de la gestion globale des ressources en eau, la réutilisation apporte une contribution à la conservation de l'eau et de l'énergie et améliore la qualité de la vie. D'ailleurs, les systèmes d'utilisation d'eau usée, lorsqu'ils sont correctement planifiés et contrôlés, peuvent avoir un impact environnemental et sanitaire positif, à côté de rendements agricoles accrus. Cependant, la réutilisation de l'eau usée peut également avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé publique (FAO, 2003).

II.5.6.Risques de la réutilisation des eaux usées :

II.5.6.1.Le risque environnemental :

Il réside dans la dégradation de la qualité des sols, des eaux souterraines et de surface, Les sols ayant une perméabilité interstitielle (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols fissurés (calcaire, dolomies, granit, etc.). Les nappes libres sont les plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes. La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque (Lazarova et Brissaud, 2007).

A. Effets sur les eaux souterraines :

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible (FAO, 2003).

B. Effets sur les eaux de surface :

La concentration élevée en N et P dans l'eau usée est d'un intérêt particulier lorsque l'eau usée épurée est mélangée dans un barrage, car ces éléments peuvent créer des conditions favorables à l'eutrophisation. Dans de telles conditions, l'apparition d'algues vertes est très fréquente et il est difficile de remédier aux problèmes y associés (FAO, 2003).

C. Effets sur les cultures :

Au-delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée épurée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée épurée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds (FAO, 2003).

D. Effet sur le sol

-La salinisation du sol

La salinisation du sol par une eau d'irrigation est une caractéristique physico-chimique produit par l'irrigation à cause des effets combinés de plusieurs acteurs (climat, caractéristiques du sol, topographie du terrain, techniques culturales, conduite des irrigations). En effet, chaque facteur va contribuer, selon son état, à l'accentuation ou à l'atténuation de la salinisation du sol (Belaid, 2011).

II.5.6.2. Risque sanitaire :

Des virus, des bactéries, des protozoaires et des helminthes pathogènes passent dans les excréta des personnes infectées et peuvent être transmis soit par voie (par exemple, par la consommation de légumes contaminés), soit par la peau (OMS, 1989). (Gadda Nour-El-Houda, 2013).

DEUXIÈME PARTIE
MATÉRIEL
ET
MÉTHODES

Matériel et méthodes

1. Choix de la zone d'étude

Une étude pilote a été réalisée dans la région agricole de la commune de Kouinine située dans la ville d'El-Oued à proximité de la STEP-1-, où on a effectué notre recherche par l'exploitation directe des eaux usées traitées non stagnantes en irrigation de certaines cultures maraichères et afin aussi d'évaluer ces eaux dans des conditions réelles d'expérimentations.



Figure N°13 : Localisation de la zone d'étude (2017)

2. Prise et transport d'échantillons:

Suivant notre objectif d'analyse, on a pris des prélèvements dans des flacons bien propres en verre borosilicate stérilisés, étiquetés sur lesquels on a mentionné le lieu, la date et l'heure du prélèvement de l'eau usée traitée filtrée et l'eau de forage filtré. 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).

Pour avoir les caractères morphologiques et mesurer des teneurs de potassium et de phosphore dans la partie aérienne (feuilles) des cultures cultivées (pomme de terre et blé dur),

nous avons effectué des prises d'échantillonnages aléatoires simples dans les petites parcelles de chaque champ culturel, un irrigué par eau usée traitée filtrée, et l'autre irrigué par eau de forage filtré. Après un séchage à l'air libre, on a réalisé un effectif de 24 échantillons des deux parcelles dont on a indiqué le lieu, la date et l'heure du prélèvement sur l'étiquetage de chaque échantillon transporté au laboratoire.

3. Matériel utilisé

Ce travail a été réalisé au niveau d'un champ expérimental où les mêmes pratiques culturales des fellahs soufis sont suivies pour la mise en place de la culture. Toutes les parcelles sont irriguées aux mêmes temps et par les mêmes quantités d'eau (160ml/s), la seule différence entre les deux essais c'est la qualité de l'eau utilisé pour l'irrigation. Le 1er essai est irrigué par les eaux usées épurées filtrées provenant de la STEPE1 de Kouinine. Alors que le 2ème essai est irrigué par l'eau de forage filtré.

Le sol des parcelles expérimentales est de texture grossière à pH neutre. La consistance et la cohésion est très faibles, le sol de la zone d'étude est peu compacts, fortement calcaire. Pauvre en matière organique et très perméable (**Khadraoui, 2007**). Le travail du sol dans le but de préparation du champ d'essai consiste à un labour à l'aide d'un cultivateur à dent à une profondeur allant à 30 cm.

Après aménagement des parcelles expérimentales, nous avons installé un réseau d'irrigation et réalisé un pré-irrigation pendant 3 jours successives. L'épandage du fumier est accompli par engrais organique NPK 4-3-3 (65 MO) d'une quantité de 125 kg/0.0054h pour les petites parcelles amendées.

La Techniques d'irrigation adoptée été par système goutte à goutte, le débit en tête de réseau = 0.16 L/s. le débit des goutteurs = 0.57m³/h. Le nombre d'heures d'irrigation durant le cycle végétatif est 200 heures. La quantité d'eau apportée durant le cycle végétatif est 114 m³.

Notre étude est menée sur deux cultures stratégiques rependues dans la willaya d'El-Oued, la première est une culture céréalière (blé dur) et la deuxième est une culture maraichère (pomme de terre)(**Figure14**).



Figure N°:14 système d'irrigation par goutte a goutte

La culture de pomme de terre «*Solanum tuberosum L.*», est de variété Sfpenta, on a planté des semences importées de Hollande. C'est une variété de consommation caractérisée par une maturité Semi-précoce, aptitude à la conservation assez faible.

La plantation est réalisée manuellement le 07-03-2017 sur six petites parcelles dans chaque essai, chaque parcelle à une surface de 12 mètre carré (12 m^2). Les semences ont été installées en rangs, avec une dose de 63 plants /0.0012h. Les écartements sont de 20 cm entre les rangs est 15 cm entre les plants. La profondeur de plantation est de 10 cm.

L'essai a été dénommé (P1R1ET, P2 R2ET, P3 R3ET) pour la 1ère partie irriguées par des eaux usées épuré filtrées (Essais I) et (P1R1Ef, P2 R2Ef, P3 R3Ef) pour la 2ème partie irriguées par l'eau de forage (Essais II).



Figure N°15: échantillon de pomme de terre

L'étude menée sur le blé dur « *Triticum durum* Desf », Simeto, été sur une variété d'origine Italienne, sélectionnée au niveau de l'ITGC (Institut Technique des Grandes Cultures), d'El Kharoub en 1986. C'est une variété caractérisée par un rendement élevé, PMG élevé, qualité semoulière très bonne et un teneur en protéines de 15,80 %, mieux adaptée aux régions arides et semi-arides.

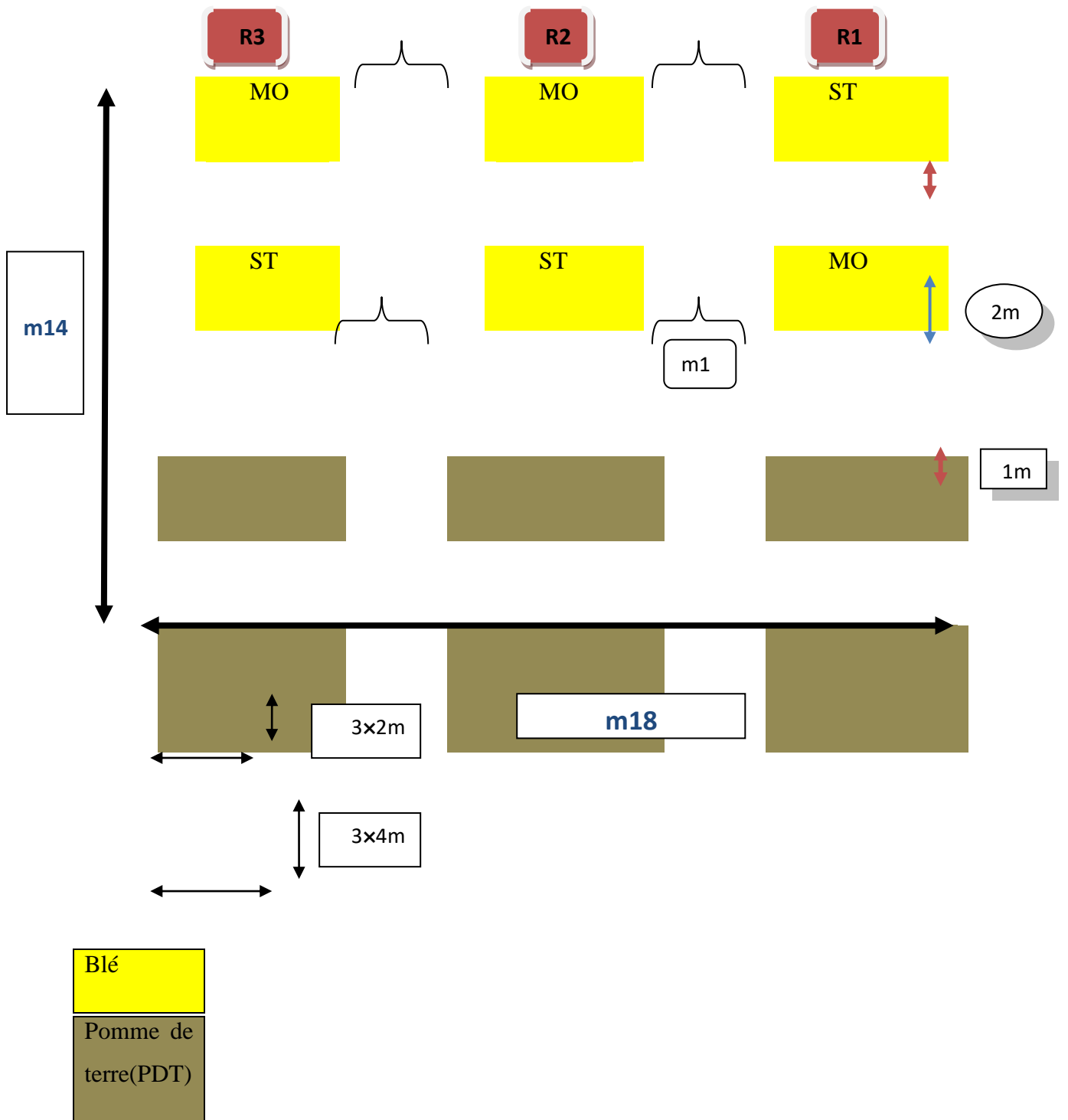
L'essai a été installé en plein champ manuellement le 04 -03 - 2017, où les graines ont été réparties sur six petites parcelles dans chaque essai, chaque parcelle à une surface de 6 mètre carré (6 m²). Les semences ont été installées en rangs.

Le semis est réalisé à une densité de 250 grains par mètre carré (250 grains/m²) à une profondeur approximative de 2 à 3 cm. L'essai a été dénommé (B1R1ET, B2 R2ET, B3 R3ET) pour la 1ère partie irriguées par des eaux uséesépuré filtrées (Essais I) et (B1R1Ef, B2 R2Ef, B3 R3Ef) pour la 2ème partie irriguées par l'eau de forage (Essais II).L'humidité du sol et la dose d'irrigation sont évaluées sur les parcelles, une fois tous les 15 jours.



Figure N°16: échantillon de blé

Malgré le problème d'insuffisance des réactifs, on a essayé de réaliser quelques analyses physico-chimiques au niveau du laboratoire de la STEP1 d'El Oued. La fréquence d'échantillonnage a été de deux fois dans le mois de Mai 2017 pour les paramètres suivants: **pH** (potentiel hydrogène), **T** (Température), **O₂** (oxygène dissous), **DBO₅** (demande biochimique en oxygène), Azote (**N-NH₄⁺, Nt**), phosphate (**P-PO₄⁻³, P**), **MES** (Matières En Suspension), métaux lourds (**Zn, Cd, Cu**), salinité, **Ca⁺** (calcium). Pour le **K⁺** (potasse) et le **Mg⁺⁺** (magnésium) des plantes, on a effectué les analyses au niveau de laboratoire de l'université Mohamed Khider-Biskra. La fréquence d'échantillonnage a été d'une seule fois dans le mois de Mai 2017.



MO/matière organique.

ST/sol témoin

R/répétition

FigureN°17: schéma présente le protocole de travail(2017)

4. Analyses de l'eau

4.1. Analyses physico-chimiques de l'eau

4.1.1. Analyses physiques

4.1.1.A-Matières en suspension (MES) (mg/l):

Les MES sont mesurées suivant la méthode de filtration à l'aide d'une rompe de filtration. Selon **Rodier et al(2009)**, il s'agit de filtrer l'eau et de déterminer le poids des matières retenues par pesée différentielle.



Figure N°18 :analyses de MES dans le laboratoire (2017)

4.1.2. Analyses chimiques

4.1.2.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.

4.1.2.B. Oxygène dissous (O₂) (mg/l) :

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 O₂ mesurée par l'Oxy-mètre Oxi 730.

4.1.2.C. Demande biologique en oxygène (DBO₅) (mg/l):

Nous avons estimé la DBO₅ 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.

4.1.2.D. Azote total (NT)(mg/l):

Il est mesuré selon la méthode de test en tubes N5/25(WTW) et à l'aide d'un Spectrophotomètre DR 4000 .

4.1.2.E .Orthophosphates (PO₄⁻³) (mg/l):

ils sont mesurés à l'aide d'un Spectrophotomètre DR 4000 avec les réactifs spécifiques au PO₄-3.

4.1.2.F. Calcium et Magnésium:

Le dosage se fait par méthode de complexométrie. Titration par complexométrie du calcium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide d'éthylène–diamine titracique (E.D.T.A) à un pH 10. Le noir érichrome qui forme avec le calcium et le magnésium un complexe rouge foncé ou violet est utilisé comme un indicateur.

4.1.2.G. Azote ammoniacal (NH₄⁺):

Mesure spectrométrique à environ 655 nm du composé hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium selon la norme ISO N° 7150.

4.1.2.H. Métaux (Zn ,Cu ,Cd) :

On a utilisé la méthode de test en tube pour les analyses de métaux lourds.

4.1.2.I. Potassium (K^{++}) :

10 ml ont été prélevés sur chaque échantillon et à atténuer x fois. Chaque fois que l'on ajoute 10 ml d'eau distillée jusqu'à obtenir le résultat par le dispositif de spectromètre.

5. Analyse du végétal**5.1. Analyse du phosphore:**

Cette analyse a été effectuée selon la méthode colorimétrique ou l'échantillon analysé est séché dans l'étuve (70° C pendant 72 heures), puis broyé. Après refroidissement progressif, on place 0.5 g de matière sèche dans une capsule en porcelaine mis à son tour dans un four à moufle dont la température est augmentée progressivement pour atteindre 500°C. Après refroidissement, les cendres récupérées sont soumises à une attaque acide par acide chlorhydrique à 2N. Par la suite les échantillons préparés sont soumis à une analyse colorimétrique.

5.2. Analyse du Potassium:

L'extraction du potassium de la matière végétale se fait par la méthode de minéralisation. 200g de la poudre végétale sont introduits dans un ballon dans lequel est ajouté 10ml d'un mélange bi-acide (HNO_3-HClO_4) avec un rapport de 10/4. La minéralisation est complète quand le contenu du ballon est décoloré. Le liquide est récupéré dans des tubes à essais après avoir rincé le ballon avec de l'eau distillée chaude et acidifier par l'HCl. Le dosage se fait par photométrie à flamme.

TROISIÈME PARTIE
RÉSULTATS ET
DISCUSSIONS

Résultat et discussion

D'après une étude expérimentale précise et les efforts puissants fournis pour réaliser et suivre les résultats en conditions réelles des pratiques agricoles en plein champ, on a essayé de présenter et d'expliquer les résultats d'analyses obtenus et d'examiner quelques effets d'irrigation des cultures par eaux usées traitées filtrées en comparaison avec l'irrigation habituelle par eau de forage.

Dans ce chapitre on traite tous les éléments analysés afin d'atteindre les objectifs fixés dans nos travaux.

1. Analyses physico-chimiques des eaux

1.1. le pH

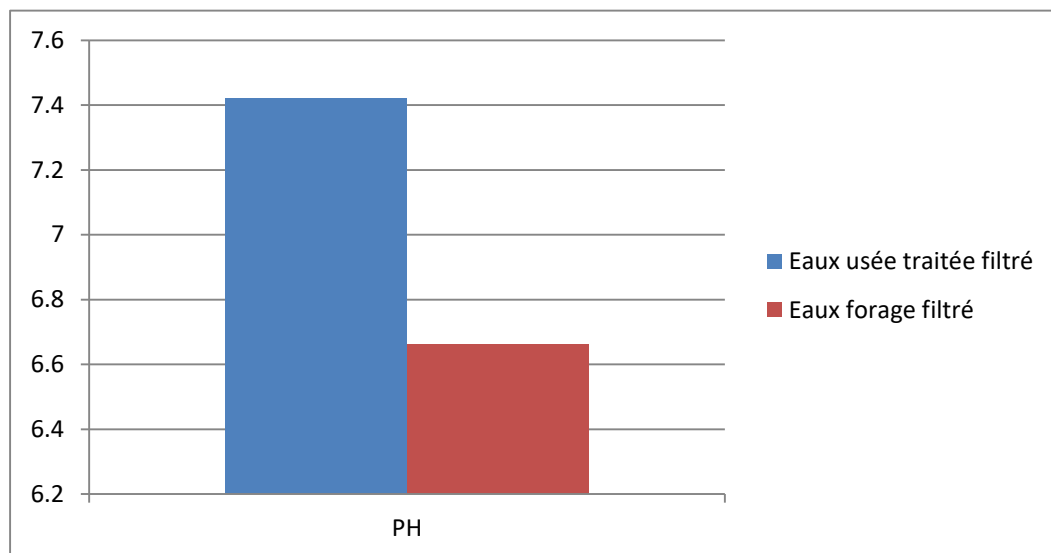


Figure N°19: mesure de pH

Le pH des eaux usées est très variable selon l'origine des eaux. Des teneurs en pH extrêmes peuvent réduire, voire inhiber totalement la croissance des cultures. Le pH d'une eau d'irrigation devrait se situer idéalement entre 6 et 8.5 (Ayers et Westcot, 1985). Le pH influence ainsi la forme de certains composés chimiques (gaz carbonique, acide sulfurique, ammonium/ammoniaque) (Filmed, 2010). D'après les résultats d'Eddadra (2012), si le pH est inférieur à 5 ou supérieur à 8.5, la croissance des microorganismes est directement affectée.

Le pH est alcalin pour les eaux usées traitées filtrées(7.42), il est acide pour les eaux filtrée de forage (6.66) (**Figure19**), d'où on peut dire que ces valeurs de ph dans les eaux usées traitées filtrées sont en conformité avec les dispositions réglementaires nationales pour l'irrigation (**Arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012**)($6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$).

1.2.la température(T°C)

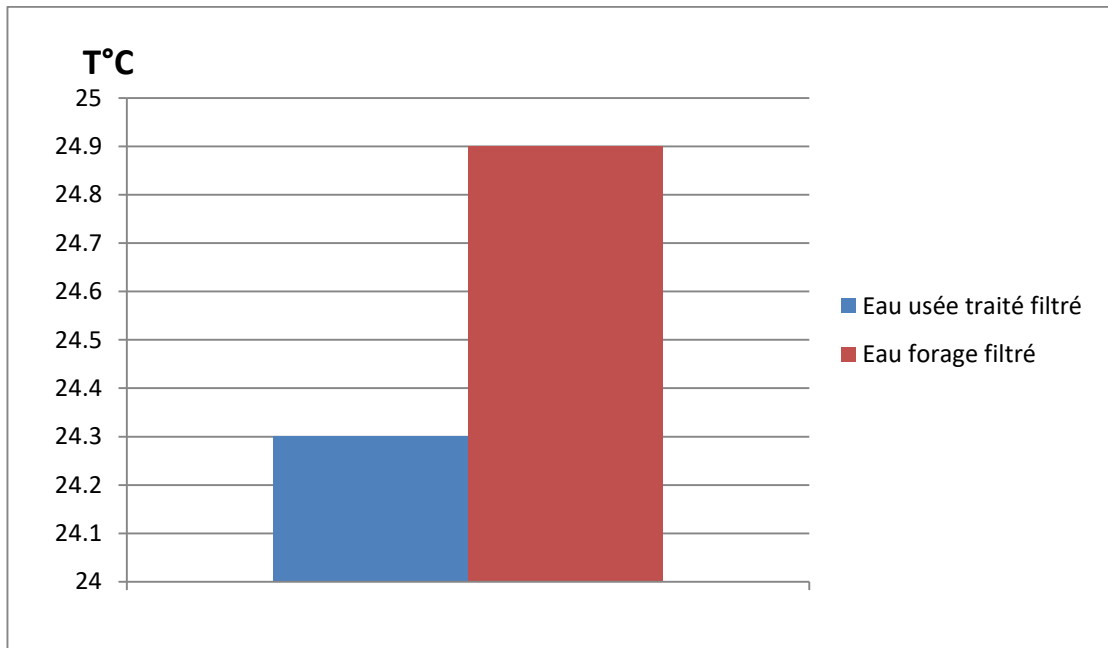


Figure N°20: mesure de température(T°C)

La température renseigne sur une évolution thermique qui dépend des variations ; la température de l'eau reste en effet liée aux conditions locales (climat, débit).

La température de l'eau (plus 50°C) peut provoquer des brûlures et des destructions sur les jeunes plantes irriguées traditionnellement par submersion, et voir même détruire la microflore du sol (**DUBOST, 1988**).

Par ailleurs, on a remarqué que les températures mesurées dans les deux types d'eau sont presque semblables. La température des eaux usées traitées filtrées est de 24.3°C et la température des eaux filtrées de forage est de 24.9 °C(**Figure20**), donc on constate que ces valeurs sont en conformité avec les dispositions réglementaires nationales pour l'irrigation (**Décret exécutif N°06-141 du 19/04/2006**)($T < 30^{\circ}\text{C}$) .

1.3.la salinité :

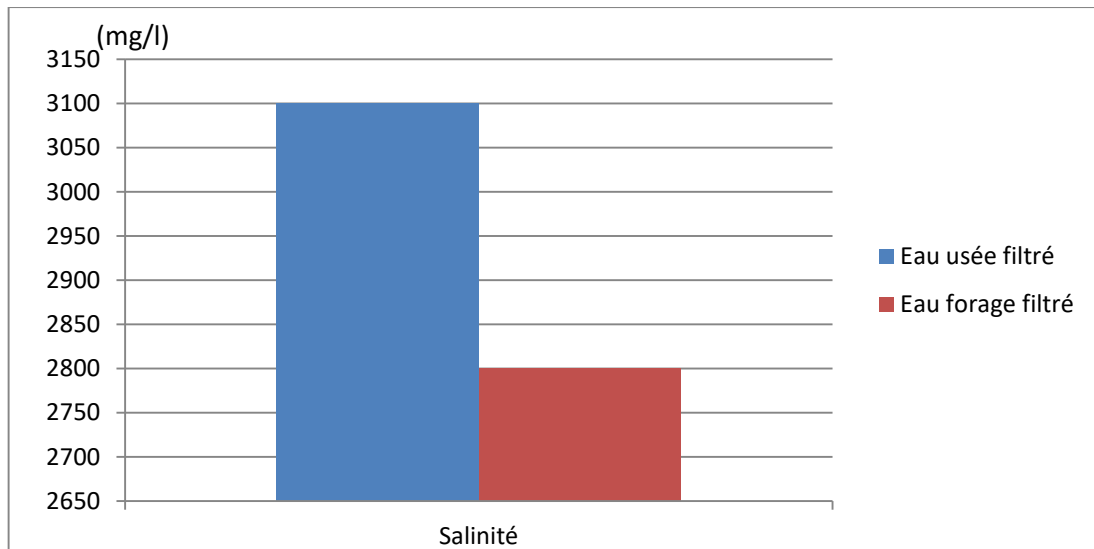


Figure N°21 : mesure de la salinité (mg/l).

la salinité constitue de bons indicateurs d'appréciation des matières en solution (Rhoades et al., 1992; Rodier, 1996). Elles sont fortement liées et peuvent être d'origine naturelle ou anthropique. Le contrôle de la salinité de l'eau d'irrigation est d'une importance majeure que ce soit pour les eaux naturelles ou pour les eaux usées (Tamrabet, 2011).

Une salinité importante des eaux d'irrigation engendre des effets indésirables tant sur les propriétés physiques du sol que sur la croissance et les rendements des cultures (Ayers and Westcot, 1994).

Nous avons enregistré une valeur moyenne de salinité de l'ordre (3.1 mg /l) pour les eaux usées traitées filtrées, et une valeur moyenne de (2.8 mg/l) dans les eaux filtrées forages (Figure 21).

Les valeurs observées de la salinité dans les deux types d'eau de prélèvement, sont situées dans la plage des valeurs limites recommandées par Ayers et Westcot (1994) et la FAO (2003). Ces valeurs limites sont de l'ordre de 0 - 2000 mg.l⁻¹ pour la salinité. D'après la classification des eaux d'irrigation rapportée par Richards (1969), les eaux usées traitées filtrées appartiennent aux classes III et IV. Cette classe se caractérise par une très forte salinité et un risque élevé, en cas d'exploitation en agriculture, exploitation qui reste toujours possible sous certaines conditions.

1.4. Les MES

les matières en suspension (MES) représentent l'ensemble des particules minérales et organiques insolubles, flottantes ou en suspension, contenus dans les eaux usées (Cornaz, 2004). Elles sont en majeure partie biodégradable (Faby, 2003).

Les MES dans l'eau de forage filtrée a une valeur de 37,5 mg / l, et de 74,66 mg / L dans des eaux usées traitées filtrées (Figure 22). Donc elles ne conviennent pas à la valeur nationale seuil de l'irrigation agricole (Arrêté du 02/01/2012) fixée à 30 mg/l.

1.5. Evolution Orthophosphates (PO_4^{3-})

La teneur de PO_4^{3-} dans l'eau usée traitée filtrée est 3.06mg/l. Alors que dans l'eau de forage elle est de 0.041 mg/l. Ces valeurs moyennes dépassent les normes internationales de rejets (2 mg/l) pour les eaux usées traitées (l'OMS, 1999). Donc elles ne conviennent pas à l'irrigation agricole (Figure 22).

1.6. les métaux lourds (Zn, Cd, Cu) :

Les eaux usées traitées peuvent contenir des substances toxiques telles que les éléments traces métalliques (ETM) regroupant les métaux lourds. Ces éléments sont principalement d'origine agricole, industrielle et, dans une moindre mesure, domestique. Ils s'accumulent dans le sol et dans les végétaux où ils peuvent dépasser les concentrations maximales admissibles pour l'alimentation humaine (Islam et al., 2007).

Les métaux lourds (Cd, Zn, Cu, etc.) sont, pour la plupart, naturellement présents dans les sols et interviennent, pour certains, en qualité d'oligo-éléments dans la croissance des plantes. (Islam et al., 2007).

Les résultats obtenus indiquent que l'absence totale de Cd dans les eaux de forages et eaux usées traitées filtrées (Figure 22). Donc, suivant les normes internationale FAO (2003) (0.05 mg/l) et algériennes (0.05 mg/l) (Arrêté du 02/01/2012), on peut irriguer les cultures sans risque.

Les valeurs trouvées, indiquent la valeur de Cu des eaux forages est de l'ordre de 0.29mg / l. Alors que dans les eaux usées traitées filtrées, la valeur est de 0,52mg/l (Figure 22). Ces valeurs place le Cu des eaux étudiées 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.

Les résultats remarquables de la concentration en Zn est de 0.017 mg/l pour les eaux de forages et 0 mg/l pour les eaux usées traitées filtrées, (**Figure22**). Alors on peut recycler ces dernières en irrigation selon l'Arrêté du 02/01/2012 (10mg/l).

1.7. la DBO₅

La DBO₅ est relative à la portion biodégradable des eaux usées, c'est à dire oxydable par des bactéries (**Kone et al, 2012**). La DBO₅ 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**).

La concentration de DBO₅ dans eaux usées traitées filtrées est très élevée de 146 mg / l, alors que la valeur dans les eaux de forages est faible (27,9 mg / l) (**Figure22**).

Pour ce qui est en relation avec la charge polluante organique, la de DBO₅ des eaux usées traitées filtrées indiquent généralement des valeurs élevées dépassant largement les normes de réutilisation (30mg/l) (**Arrêté du 02/01/2012**).

1.8. l'Azote total (Nt)

On a enregistré une valeur très élevée de l'azote total (Nt) dans les eaux usées traitées filtrées (56mg/l). Bien que la valeur des eaux forages est de 11,2 mg/l(**Figure22**).

Suite à ces valeurs, nous constatons que les eaux usées traitées dépassent les normes algériennes (**Arrêté 02/01/2012**) et international (**FAO, 2003**) (> 30 mg/L), et ne conviennent donc pas pour l'irrigation.

1.9. l'Azote ammoniacal (NH₄⁺)

La forte concentration en azote ammoniacal conduit à une inhibition de l'activité photosynthétique des algues ce qui pourrait s'ajouter au déséquilibre DBO₅-N-P qui, lui handicape la flore bactérienne (**Berdai et al,1991**). L' NH₄⁺ pour les eaux usées traitées filtrées présente 45.9mg/l, il est absent dans l'eau de forage (**Figure22**).

1.10. 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. (**Savary, 2010**).

Les résultats obtenus attestent d'un faible taux d'oxygène dans l'eau usée traitée filtrée (3.0mg/l) et 7.4mg/l pour d'eau de forage.(**Figure22**).

1.11. le Magnésium(Mg^+)

Le magnésium est un élément plus répandu dans la nature, il constitue environ 2,1 % dans l'écorce terrestre. Son abondance géologique, sa grande solubilité, leur utilisation industrielle est large. Leur teneur dans l'eau peuvent être importantes, allant de quelques milligrammes à plusieurs centaines de milligrammes par litre (**RODIER et al., 2009**). Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau.

Les concentrations en magnésium obtenue dans notre étude varient dans l'eau usée traitée filtrée de 126.386mg/l et pour l'eau forage filtré elle est de 104.511 mg/l. (**Figure 22**).

1.12. le Potassium (K^+)

Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique, elle conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, une augmentation des pertes par drainage en sols légers, et à une consommation de luxe pour les récoltes (**FAO, 2002**).

Cette ion a une concentration dans l'eau usée traité filtré élevée de 45.84mg/l. Dans l'eau forage filtré il est de 42.3mg/l. (**Figure 22**).

1.13. le Calcium (Ca^{++})

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires, sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau (**RODIER et al, 2009**). Cette ion affiche des concentrations dans les eaux usées traité filtré avec une valeur de 7.4mg/l. Pour les eaux forage filtré il est de 17.9 mg/l.

selon (**BOUTTELI, 2011**), la présence de calcium dans les eaux des nappes est liée principalement à la dissolution des formations carbonatées ($CaCO_3$), et les formations gypseuses ($CaSO_4$).

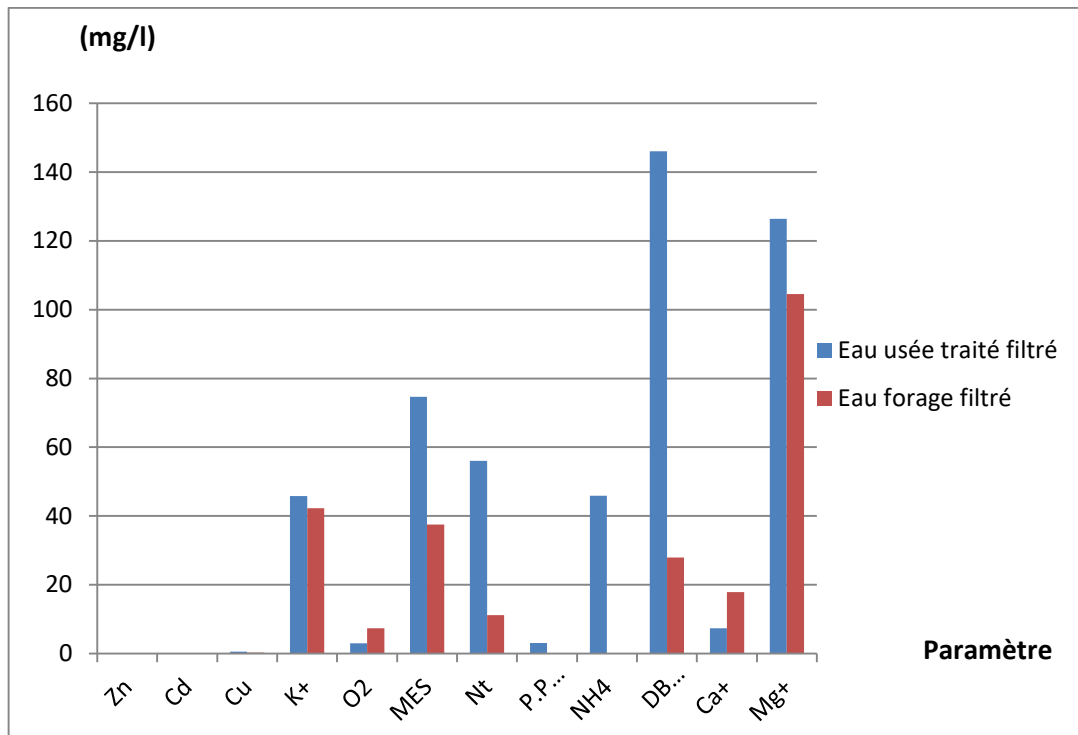


Figure N°22: mesure des paramètres chimiques

2. Analyses des plantes :

2.1. Analyses chimiques des plantes :

À cause de manque des réactifs on n'a pas pu faire une analyse complète de Pet K dans les parcelles amandés par matière organique. C'est pour cela, on a concentré que sur les parcelles non amandées dans les deux essais irriguée avec les deux types d'eau et voire la différence entre eux.

2.1.1le phosphore (P) :

Les éléments fertilisants que sont l'azote, le phosphore, la potasse, voire le soufre ou certains oligo éléments, sont indispensables au bon développement de toute culture. Ils représentent cependant une charge financière importante pour l'exploitation (Agri-Mieux, 2015).

Dans la culture de blé, on a trouvé que la concentration moyenne de P dans les feuilles des plantes est élevée (1.23mg) dans les parcelles irriguées par eau usée traitée par rapport au celles irriguées par eau de forage et (0.62mg).(Figure23).

Dans la culture de pomme de terre, on a estimé une élévation de taux de P dans les parcelles irriguées par eau usée traitée (2.74mg) par rapport au celles irriguées par eau de forage et (1.92mg).

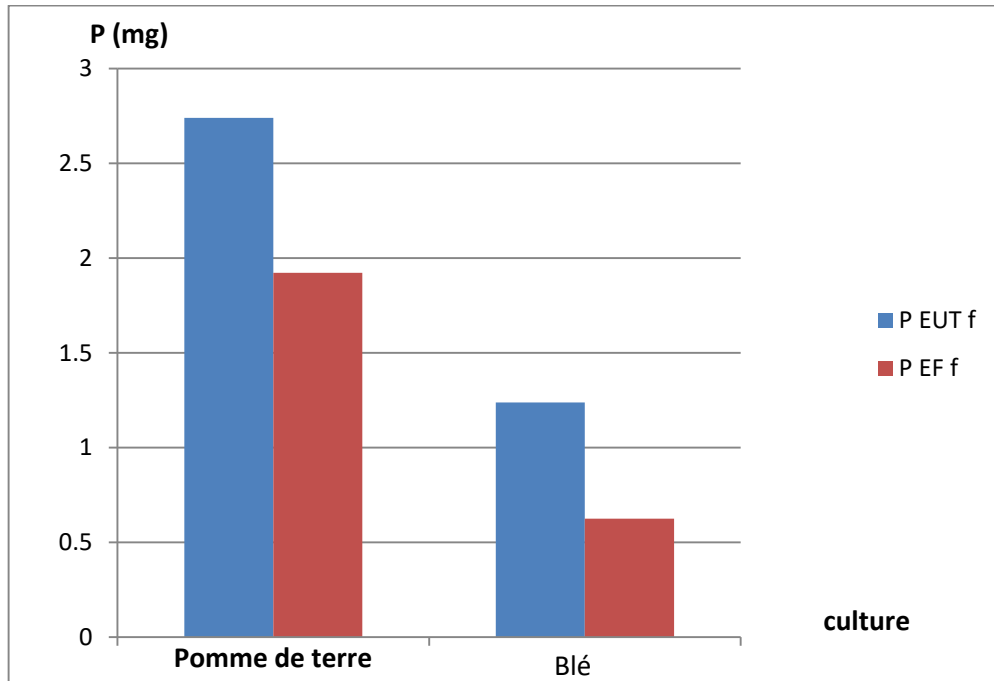


Figure N°23 : concentration moyenne de phosphore dans la partie aérienne (feuille).

2.1.2. le potassium (K^+) :

Dans la culture de blé, on a trouvé que la concentration moyenne de K dans les feuilles des plantes est élevée (55.13mg) dans les parcelles irriguées par eau usée traitée par rapport au celles irriguées par eau de forage et (41.69mg).

Dans la culture de pomme de terre, on a estimé une élévation de taux de P dans les parcelles irriguées par eau usée traitée (122.4mg) par rapport au celles irriguées par eau de forage et (87.24mg).(**Figure24**).

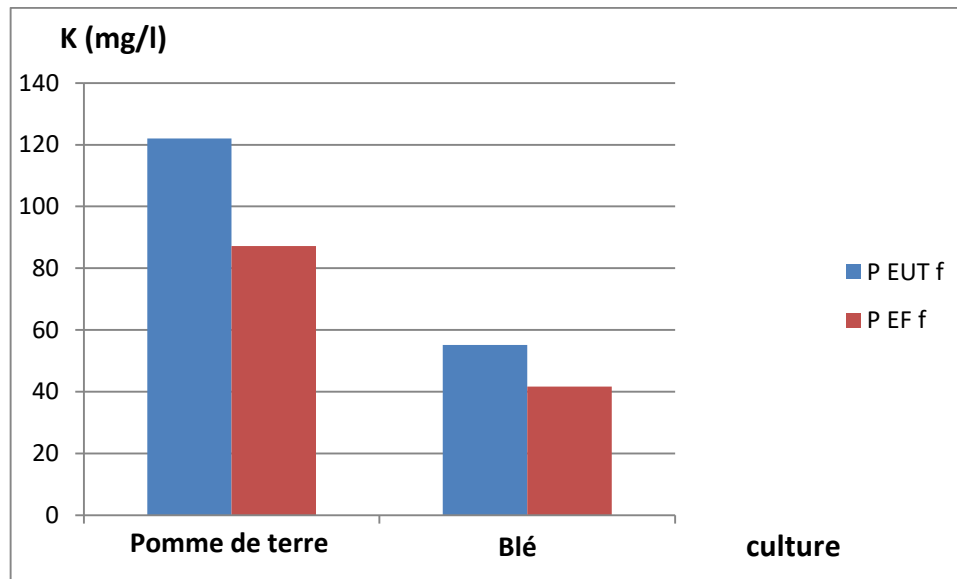


Figure N°24 : concentration moyenne de potassium dans la partie aérienne (feuille).

2.2. Mesure de critères morphologique de plante

2.2.1. Longueur des plantes

La mesure de la longueur moyenned des plantes de pomme de terre irriguées par l'eau usée traitée filtrédans les parcelles non amendée par matière organique est de (35.83cm). Pour les parcelles amendée elle est de (44.96cm).

Concernant le blé, La mesure de la longueur moyenned des plantes irriguées par l'eau usée traitée filtrédans les parcelles non amendée par matière organique est de (32.09cm). Pour les parcelles amendée elle est de (45.36cm).

Donc l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des plantes a un effet positif sur la croissance de longueur .(Figure25).

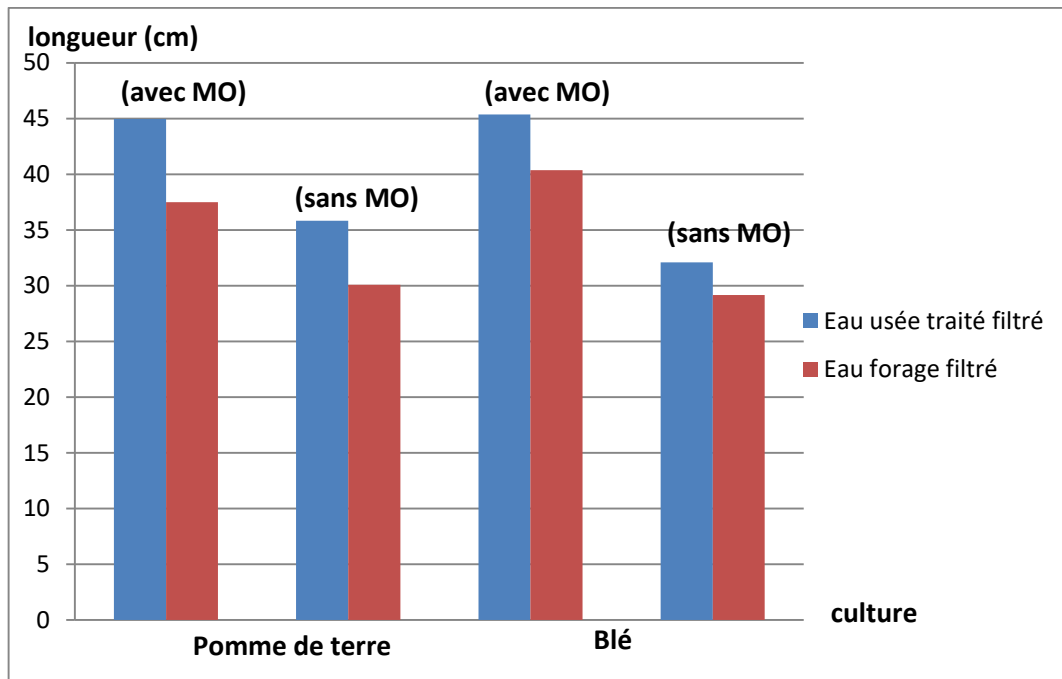


Figure N°25: Evolution des Longueurs pour la culture.

2.2.2. Poids de plante

La mesure de poids moyennes plantes de pomme de terre irriguées par l'eau usée traitée filtrée dans les parcelles non amendée par matière organique est de (45.97g). Pour les parcelles amendée elle est de (59.3g).

Concernant le blé, La mesure de poids moyennes plantes irriguées par l'eau usée traitée filtrée dans les parcelles non amendée par matière organique est de (1.64g). Pour les parcelles amendée elle est de (5.37g).

Donc l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des plantes a un effet positif sur la croissance de poids. (Figure 26).

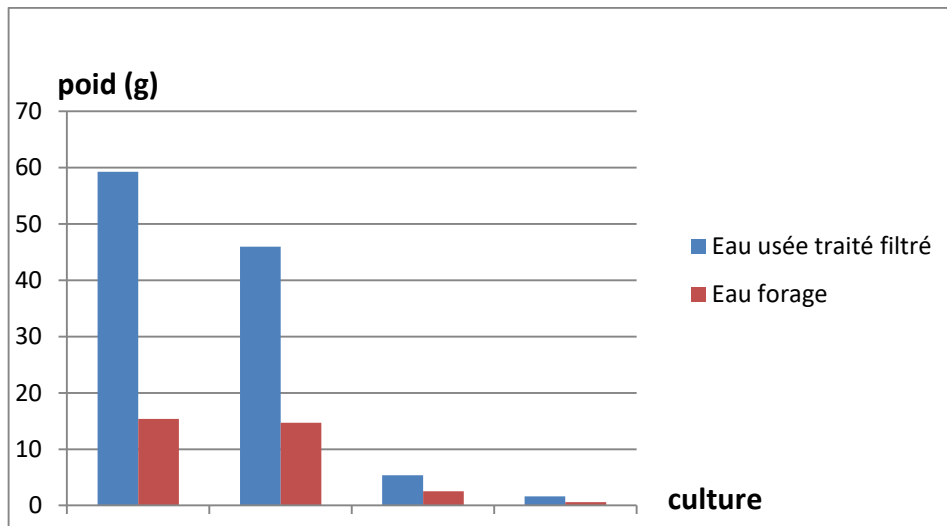


Figure N°26 : Evolution des poids pour la culture.

En fin, on résulte que l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des plantes a un effet positif sur la croissance de longueur de point de vu morphologique .

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Conclusion générale

L'utilisation des eaux usées en irrigation est fréquemment considérée comme indispensable pour assurer la pérennité de l'agriculture urbaine des pays en développement. Les avantages agronomiques et économiques sont souvent mis en avant pour en justifier l'usage, mais plusieurs études mettent en garde sur les risques sanitaires et environnementaux qui en résultent (Yéli. M, 2009).

La présente étude de la valorisation des eaux usées épurées par lagunage aérée en irrigation a montré les caractéristiques qualitatives de ces derniers, et leurs effets sur quelques critères morphologiques et chimiques des cultures céréalières et maraichères après irrigation.

Aussi, ce travail a pu déceler la capacité de la station de kouinin à épurer les eaux usées traitées par lagunage aérée. Les valeurs de **PH**, **T°**, **O₂**, **Salinité**, **Ca⁺**, **Mg⁺**, et de quelques métaux lourds (**Zn**, **Cu**, **Cd**) révèlent la conformité de ces dernières aux normes nationales et internationales de réutilisation pour l'irrigation ; par contre, les concentrations en **DBO₅**, **PO₄⁻³**, **Nt**, **NH₄**, **MES** 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.

En outre, les eaux usées traitées filtrées issues de la STEP1 de Kouinine est riche en éléments minéraux nécessaires à la croissance des plantes, particulièrement le phosphore et le potassium qui jouent un rôle primordiale dans le développement foliaire.

Enfin, les travaux de recherches futures devront se diriger 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 bibliographique

- **BOUHANNA .Amel;2014:** Gestion des produits d'épuration des eaux usées de la cuvette de Ouargla et perspectives de leurs valorisations en agronomie saharienne.
- **GADDA Nour-El-Houda;2013:** Impacts des eaux usées épurées sur les propriétés physico-chimiques des sols dans la région de Ouargla.
- **Hannachi Abdelhakim;et al.2016:** Essai de valorisation des eaux usées traitées en culture hydroponique.
- **MOUSSAOUI.R et BENHABIB.A;2015:** LA REUTILISATION DES EAUX USEE TRAITES ET L'AGRICULTURE; *Les entreprises familiales comme une alternative de développements en Algérie.*
- **Ammary B.Y. ;2007:** Wastewater reuse in Jordan: Present status and future plans
- **Bahri, A. and F. Brissaud. ;2002:** Guidelines for Municipal Water Reuse in the
- **Bixio. D., Thoeye C., Wintgens. T., Ravazzini .A., Miska .V., Muston. M., Chikurel H., Aharoni.A, Joksimovic. D., Melin. T;2008:** Water reclamation and reuse: implementation and management issues. *Desalination* 218, 13–23.
- **Coté.M.2005:***La ville et le désert. Le Bas-Sahara algérien.*Karthala (éditeur), Paris, France, 307 p.
- **DEROUICH A , 2008 :** Impact des eaux du rejet sur la qualité des eaux de la nappelipred'OuedSouf. Mém Magister . BadjiMoktar. Annaba.
- **MILOUDI .A, 2008 :**Mécanismes et remèdes de phénomène de la remontée des eaux dans la région d'OuedSouf. L'impact sur l'environnement de la region, Thés magister. Ouargla.
- **DJEDDI H., 2007 :** Vilisation des eaux d'une station d' épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines. Mém Magistère. Université Mentouri Constantine. 144p.
- **DUBIEf,1963:**Le climat de sahara. Alger.Mémoire. h.s Tome
- **DUBOST .D. 2002:***ologie, aménagement et développement des oasis algériennes.* Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA), Biskra, Algérie, 423 p.
- **Dubost Daniel, Moguedet Gérard;2016:** La révolution hydraulique dans les oasis impose une nouvelle gestion de l'eau dans les zones urbaines. In: Méditerranée, tome 99, 3-4-2002. Le sahara, cette «autre Méditerranée» (Fernand Braudel) pp. 15-20.
- **FAO ;2007:**Agriculture et rareté de l'eau: une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, pp15.

Références bibliographique

- **Global Water Intelligence .2005:**Water Reuse Markets 2005-
- **HANNACHI .A. 1, GHARZOULI .R. 2, DJELLOULI TABET .Y;**2014: GESTION ET VALORISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE;Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, Septembre 2014, pp. 51-62
- **IDDER. T; 1998:** La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien. Impact des rejets d'origines agricole et urbaine et techniques de remediation proposées. L'exemple de Ouargla. Thèse de Doctorat, Univ.Angers, France, 284 p.
- **KAMAL Safia;**2010: Station de traitement des eaux usées de la ville de Marrakech:projet de valorisation des eaux usées pour l'irrigation des terrains de Golfs.
- **MRE, 2012:** Ministère des Ressources en Eau, Algérie.
- **OMS ;1989:** L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture : recommandation a visées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- **Qadir M., Sharma B.R., Bruggeman A., Choukr-Allah R., Karajeh F;**2007: Nonconventional water resources and opportunities for water augmentation to achieve food security in water scarce countries. agricultural water management 87, 2 – 22.
- **Rebhun M. ;2004:** Desalination of reclaimed wastewater to prevent salinization of soils and groundwater. Desalination 160, 143-149.
- **RINGOT B., 2010:** Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux ; les moyens techniques de protection des usagers ou des usages groupe de travail ; Réutilisation des eaux usées traitées. Rapport d'activités. Initiative Co-associative AXE n°1. 42p.
- **STEP Kouinine; 2014 :** station technique d'épurationponctuelle de Quinine
- **Tahar Idder, Abdelhak Idder, Abdourahamane Tankari Dan-Badjo, Amina Benzida, Soumia Merabet, Hamza Negais et Aïcha Serraye;**2014: Les oasis du Sahara algérien, entre excédents hydriques et salinité.L'exemple de l'oasis de Ouargla. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 27, n° 2, 2014, p. 155-164..
- **Tsagarakis K.P., Dialynas G.E., Angelakis A.N. ;2004:** Water resources management in Crete (Greece) including water recycling and reuse and proposed quality criteria. Agricultural Water Management 66, 35–47.
- **Valiron F., 1983.:***La réutilisation des eaux usées. Paris : Edition du BRGM (Lavoisier).*

Références bibliographique

- **VOISIN , 2004** : Le Souf. Ed. El Walid, El-Oued.

- **Yéli Mariam SOU.2009**: Recyclage des eaux usées en irrigation : potentiel fertilisant,risques sanitaires et impacts sur la qualité des sols.
2015: A Global Assessment & Forecast.
29 Rev. 1. <http://www.fao.org/> Algérie

- Ayers, R.S. et Westcot, D.W., 1985**. Water quality

- BELAID N., 2010**.Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de Doctorat en chimie et microbiologie de l'eau. Université de Sfax. Tunisie.

- BELAID N., 2010**.Évaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse de Doctorat en chimie et microbiologie de l'eau. Université de Sfax. Tunisie.
Bureau Régional pour le Proche-orient et Bureau sous-régional pour l’Afrique du Nord; Irrigation avec des eaux usées traitées – Manuel d'utilisation.

- Chiou, R.J., 2008**.Riskassessment and loadingcapacity of reclaimedwastewater to bereused for agricultural irrigation.Environmental Monitoring and Assessment, 142 (1-3): 255-262.

- D.P.S.B.;2016**:Direction de la programmation et le suivi du budget;estimation de la population résidente des ménages ordinaires et collectifs par sexe et densité de la population.

- Daddibouhoun Mustapha., Saker Mohamed Lakhdar., HaciniMessaoud., 2011**.Effets de la remontée des eauxphréatiques sur la salinisation des sols dans les Ghoutsà OuedSouf (SudEstAlgérien), Laboratoire de Protection des Ecosystèmes en Zones Arides et Semi-Arides, UniversitéKasdiMerbahOuargla,(Algérie)

- DEGREMONT, 2005**:Mémento technique de l'eau. Tome 1. 10èmeédition.
Desalination 211, 164–176.
[DOCREP/003/T0234E/T0234E00.htm](http://www.docrep.org/DOCREP/003/T0234E/T0234E00.htm).

- DRE, 2013**: Documents techniques. Alger, Direction des ressources en eau. Wilaya en Eau, Algérie.

Références bibliographique

er in agriculture and aquaculture. World Health

et semi arides, exemple Algérien, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04

-**FAO.2003**: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture for agriculture. FAO irrigation and drainage paper

-**FRANK .R, 2002**: Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scéen CRDP AQUITAINE. BORDEAUX. 171p.

-**Gaye, M. et Niang, S., 2002**. Epuration des eaux usées et agriculture urbaine. Enda Dakar, 130 pp.

-**GUEZOUL ET AL, 2013**: An avifaunal survey of mesic manmade ecosystems "Oases"

-**Hannachi Abdelhakim; et al.2013**: GESTION ET REUTILISATION DES EAUX USEES EN ALGERIE, UN MODELE DE PARTENARIAT PUBLIC-PRIVEE .

-**HARZALLAH B., 2011**. Etude de la biodégradation du 2,5-diméthylphénol par le micro-biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'IBN ZIAD. Mém. Magister. Microbiologie Appliquée. Univ. Mentouri Constantine. 102p.

in algerian hot-hyperarid lands, Saudi Journal of Biological Sciences 20.

-**JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE n°**

35.(2007). Décret exécutif n° 07-149 fixant les modalités de concession d'utilisation de eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent, Algérie, p. 8-12

-**KHOLLADI,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 19-21 Novembre 2005 à Bordj Bou Arreridj

-**Lahbib TAMRABET;2011**: CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA VALORISATION DES EAUX USEES EN MARAICHAGE.

-**LARKEM. F et BACEL. S, 2005**: Traitements des eaux usées "effluents" de la raffinerie de Skikda. Mémoire d'ingénieur. Université de Constantine.

-**MAMADOU LN, 2005** Impacts des eaux usées sur l'évolution chimique et microbiologique des sols: étude de cas à Pikine (Dakar-Sénégal). Diplôme d'études supérieures en sciences naturelles de l'environnement. Univ. LAUSANNE. 102p.

Références bibliographique

Mediterranean Countries. WHO regional Office for Europe, Euro Project Office, MAP, Athens, Greece, pp. 62.

- MESSROUK .H,2011**: Contribution à l'évaluation et au traitement des eaux
- Metahri.M;2012**: élimination simultanée de la pollution azotée et phosphate des eaux usées traitée par des procédés mixtes. cas de la STEP de la ville de Tizi-Ouzou.
- MIZI .A, 2006**: Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de Bejaia et valorisation des déchets soléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.
- MRE, 2003**. Le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources
- NADER A., 2014**. Eaux usées épurées de la cuvette de Ouargla Gestion et risques environnementaux

Organization, Guidelines, 76 pp.

- OUALI M.,1999**. Précis d'assainissement urbain. Offic. Pub. Univ. Blida. 79p.
- Rabah et al ,2009**:

Références bibliographique

- REMINI, 2005**: L'évaporation des lacs de barrages dans les régions arides
- TOZE S., 2006**. Reuse of effluent water-benefits and risks; Agricultural Water Management.
usées dans la région de Ouargla: Cas des composés phénoliques. Mém. Magister. Univ. KASDI MERBAH Ouargla. 127p.
- VOISIN A.R., 2004**: Les Souf monographie, Edition El-Walid, El Oued-
- Wang, X. et Huang, G., 2008**. Evaluation on the irrigation and fertilization management practices under the application of treated sewage water in Beijing, China. Agricultural Water Management, 95 (9): 1011-1027.
- WHO, 1989**. Health guidelines for the use of wastewater

ANNEXES

Tableau N°I: Les données météorologique (2006/2016).

1-Températures moyennes annuelle (2006/2016)

Mois T(°C)	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
M en °C	18,4	20,0	23,9	28,9	33,5	38,5	41,8	41,0	36,6	30,6	23,50	18,60
m en °C	5,60	6,60	10,20	14,7	18,90	23,5	26,7	26,8	23,4	17,4	10,4	6,0
M+m/2°C	12	13.3	17.0 5	21. 8	26.2	31	35.25	33.9	30	24	16.95	12.3

2- Précipitations moyennes annuelle (2006/2016)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	21.08	4.41	14.52	9.91	1.11	1.2	0.16	2.94	8.95	3.62	8.66	5.24

3-L'Humidité relative (2006/2016)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
H %	80	67.72	59.90	55.90	48.36	44.72	42.27	46.36	59.90	66.27	72.36	81.81

4-La vitesse moyenne annuelle des vents pour la période (2006/2016)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
V(km/h)	13.92	14.20	15.31	17.27	15.49	15.73	14.51	17.35	15.22	12.62	12.03	13.27

5- Evaporations moyenne annuelle(2006/2016)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
E(mm)	88.42	98.00	153.10	217.8 5	279.31	314.32	350.1 3	337.3 6	218.9 8	162.1 9	108.46	81.08

Tableau N°II I : Arrêté interministériel correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation, paramètres physico-chimique

2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES			
PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = $\sigma - 3 \text{ CE}$		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	7.0
	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
	Mercur	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 N° IV : 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	meq/l	< 3	> 3	
Chlorure (Cl)				
Irrigation de surface	meq/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	meq/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)	meq/l	< 1.5	1.5 - 8.5	> 8.5
pH	Gamme normale 6.5 - 8.4			

¹ EC_w signifie la conductivité électrique en deciSiemens par mètre à 25°C.
² SAR signifie le taux d'adsorption de sodium (sodium adsorption ratio)
³ NO₃-N signifie l'azote sous forme de nitrate rapporté en terme d'azote élémentaire. NH₄-N et N-organique devraient être également examinés dans les eaux usées.

Tableau N° IX : 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 ^a (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 tout les sols

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