

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Réf: ... / ...

**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de
Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Biologie
Spécialité : Biochimie et Biologie Moléculaire**

Thème

**Détermination des différents niveaux de
pollution des eaux de drainage agricole
dans la région d'Ourlal**

Présenté par : BOUGHERARA SAMRA

Devant le jury:

Président: Bloucif Nasser

Promoteur: BENNOUI Foudil

Examineur : Amairi Toufik

Année Universitaire 2013/ 2014



Dédicaces



Avant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.

Je tiens à dédier ce mémoire



Ma mère et mon père, pour leur patience, conseils, aident et aussi de m'encourager à la réalisation de ce modeste travaille.

« Je vous remercie, mes parents »

Mes frères : Mohamed et Madjid et djemoui

Ma soeur : zahai, Naima et mebarka, Ma grand-mère rahma

Mes toutes les fleurs de mon cœur : Imad et houda, Mohamed Hadi et mainate Allah. Hibate Rahman

Toute la famille bougherara ,A tout mes amies et mes collègues...

Surtout : faiza, Samia, samah, sara, karima, hayate, hassina, Hakim,.....

Que votre simplicité et votre respect pour les autres me servent d'exemples !

A ma mère

A tous et toutes un grand merci



Samra

Remerciement



*Avant tout, nous remercions **Allah** tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nous vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.*

Un travail de recherche, nécessite le concours d'un certain nombre de personnes. Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail.

*J'adresse aussi mes vifs remerciements à mes parents, mon père **Daif** et ma mère **Messaouda** et toute ma famille qui m'ont toujours soutenu et encouragé dans la voie que je m'étais fixée.*

Je tiens à remercier mon encadreur Mr B Foudil pour ces conseils et pour l'aide qu'il m'apportée pendant toute la durée de mon travail.

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance.

J'adresse mes remerciements à l'unité du traitement des eaux au niveau de la société TIFIB de Biskra pour m'avoir aidé à réaliser ma partie expérimentale au niveau de son laboratoire, je remercie aussi pour sa simplicité, sa gentillesse et surtout pour ses conseils et disponibilité.

Nous remercions par ailleurs vivement laboratoire département hydraulique, je remercie aussi pour sa simplicité, sa gentillesse de Professeur.

Je remercie aussi tous les enseignants de notre département de biologie.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.



Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des abréviations	
Introduction générale	

Partie I : partie bibliographique **Chapitre I : La pollution de l'eau**

I.1. Généralités sur la pollution	03
I.1.2 .Les trois factures clés d'une évaluation des dangers	03
I.2. Généralités sur l'eau	04
I.3. Pollution de l'environnement	05
I.4. Nature de pollution	05
I.4.1. Pollution biologique	05
I.4.2. Pollution chimique	05
I.4.3. Pollution physique	06
I.5. Problèmes environnementaux majeurs en grande hydraulique	06
I.5.1. Pollution du milieu (eaux et sols)	06
I.5.1.1. La pollution diffuse	06
I.5.1.2. La pollution urbaine et industrielle	06
I.5.1.3. La salinisation secondaire	07
I.5.2. Dégradation des ressources naturelles	07
I.5.2.1. Altération de la qualité de l'eau	07
I.5.2.2. Dégradation des sols	08
I.6 .Réseau de drainage	08
I.7. Drainage des bassins-versants	08

Chapitre II : La pollution agricole

II.1. La pollution agricole	09
II.2. Le problème de pollution et bien d'environnement	09
II.2.1 .Les pollutions diffuses liées aux productions végétales	10
II.2.2. Les pollutions diffuses liées aux productions animales	10
II.3. Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles	10
II.3.1 .Produits phytosanitaires	10
II.3.1.1 .Nature chimique des produits phytosanitaires	10
II.3.1.2. Les différents types de pesticides	10
II.3.1.3. Le transfert des produits phytosanitaires	11
II.3.1.4. Le transfert des pesticides	11
II.3.2. Nitrates	12
II.3.2.1 .Nature chimique	12
II.3.2.2 .Le transfert des nitrates	13
II.3.3. Phosphore	13

II.3.3.1. Nature chimique	13
II.3.3.2 .Le transfert du phosphore.....	13
II.3.4 .Matière organique dissoute.....	14
II.3.4.1. Nature de la matière organique.....	14
II.3.4.2 .Le transfert de la matière organique.....	14
II.3.5 .Métaux lourds.....	14
II.3.5.1. Nature chimique.....	15
II.3.5.2. Le transfert des métaux lourds.....	15
II.3.6. Bactéries.....	15
II.3.6.1. Micro-organismes d'origine fécale.....	15
II.3.6.2. Nature des micro-organismes fécaux.....	15
II.3.6.3 .Le transfert des zones agricoles aux eaux.....	15
II.3.7 .Les effets de ces produits.....	16
II.3.7.1. La qualité des eaux de surface.....	16
II.3.7.2 .La qualité des eaux souterraines.....	16
II.4. Causes de la pollution liée à l'irrigation.....	17
II.4.1. Causes directes de la pollution liée à l'irrigation.....	17
II.4.2. Les risques d'une pollution liée aux systèmes d'irrigation.....	17
II.4.3 .Les causes de la pollution liée à la mauvaise pratique de l'irrigation.....	17
II.4.4. L'irrigation avec des eaux de mauvaise qualité.....	17
II.4.5. La mauvaise gestion des eaux de drainage.....	18
II.4.6. Effets sur l'environnement.....	18
II.5. Conséquences de la pollution.....	18
II.5.1. Les conséquences écologiques.....	18
II.5.2. Les conséquences sur la santé humaine.....	19
II.5.3. Les conséquences économiques et sociales.....	19
II.6. Relation intensification agricole-pollution des eaux	19
II.7 .L'agriculture est l'activité économique la plus consommatrice d'eau.....	20

Partie II : Partie expérimentale
Chapitre I : Matériels et méthodes

I. Présentation de la région d'étude	21
I.1. Situation et limite de la région d'étude.....	21
I.1.1. Carte de drainage	22
I.1.2. Hydrologie du drainage	23
I.2. Données climatiques.....	23
2.1- Les températures.....	23
2.2- les précipitations.....	24
2.3- Le vent.....	24
2.4 - L'humidité.....	25
I.3 Matériels.....	27
I.4. Méthodes de travail.....	29
I.4.1. Prélèvements et analyses des eaux de drainage.....	30
I.4.2. Technique du prélèvement.....	30
I.4.3. Paramètres physico-chimiques.....	31
I.5. Méthodes d'analyses des paramètres physico – chimiques.....	31
I.5.1 .Paramètres physiques.....	31
I.5.1.1. La température	31

I.5.2.1.Turbidité	31
I.5.3.Paramètres Chimiques.....	32
I.5.3.1.PH.....	32
I.5.3.2.Conductivité électrique.....	32
I.5.3.3.Oxygène dissous.....	33
I.5.3.4.Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO ₅)	33
I.5.3.5.Mesure d'azote ammoniacal " NH ₄ ⁺ "	34
I.5.3.6.Dosage de nitrate (NO ₃ ⁻).....	34
I.5.3.7. Dosage du fer.....	35
I.5.3.8.Dosage des Orthophosphates " PO ₄ ³⁻ ".....	36
I.5.3.9. Sulfate " SO ₄ "	36
I.5.3.10.Chlorure " Cl ⁻ ".....	37
I.6. Examen bactériologique.....	37
I.6.1. Les germes recherchés.....	37
1-1.Les Coliformes	37
I-Présentation des résultats.....	41
II : Discussion.....	42
Conclusion en générale	
Annexe	
Références bibliographiques	

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
01	Principales sources de polluants dans les eaux.	9
02	Température mensuelle moyenne, minima, maxima à Biskra pour la période (2003-2013)	22
03	Précipitation mensuelle de Biskra pour la période (2003-2013)	23
04	La vitesse des vents (Km/h) à Biskra pour la période (2003-2013)	24
05	l'humidité en pourcentage pour la période (2003-2013)	25
06	résultats des analyses physico-chimiques (électrochimie)	40
07	résultats des analyses physico-chimiques (Spectrophotométrie)	40
08	résultats des analyses physico-chimiques (Volumétrie)	40
09	résultats des analyses microbiologiques	40

Listes des figures

Numéro	Titre	page
01	Principaux mécanismes de transfert des produits phytosanitaires appliqués.	11
02	Schéma de circulation de l'eau dans le sol	12
03	Situation géographique des points de prélèvement	21
04	Température mensuelle moyenne, minima et maxima pour la période (2003-2013)	23
05	Précipitations mensuelles à Biskra durant (2003-2013)	24
06	Vitesse du vent à Biskra durant (2003-2013)	25
07	L'humidité en pourcentage pour la période (2003-2013)	26
08	Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau du drainage	39
09	classement du PH des eaux de drainage	41
10	classement des eaux du drainage selon la température	42
11	classement des eaux du drainage selon la conductivité électrique	42
12	classement des eaux de drainage selon la turbidité	43
13	classement des eaux d drainage selon le MES	44
14	Classement des eaux de drainage selon l'O ₂ dissous	45
15	Classement les eaux du drainage selon le sulfate (SO ₄ ⁻)	46
16	Classement les eaux du drainage selon le chlorure (Cl ⁻)	47
17	Classement les eaux du drainage selon le nitrate (NO ₃ ⁻)	48
18	Classement les eaux du drainage selon l'azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	48
19	Classement les eaux du drainage selon l'orthophosphate	49
20	Classement les eaux du drainage selon la DBO ₅	50
21	Classement les eaux du drainage selon le fer (Fe ⁺⁺)	41

Liste des abréviations

- OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.
- DDT** : Dichloro-Diphenyl-Trichloroethane
- MES** : Matières En Suspension
- Koc** : d'adsorption de la molécule sur la phase solide (le coefficient de distribution)
- FAO** : Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture
- ORMVA** : Offices Régionaux de Mise en Valeur Agricole
- PVC** : Polychlorure de vinyle
- TIFIB** : Textile usine de traitement Biskra
- DBO₅** : la Demande Biochimique d'Oxygène après 5 jours
- NH₃** : l'ammoniaque non ionisées
- NaOH** : Hydroxyde de sodium
- H₂SO₄** : Acide sulfurique
- PPS** : Produits phytosanitaires
- NPP** : Nombre la plus probable
- ETM** : les Elément Traces Métalliques
- BCPL D/C** : Bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre à double concentration
- BCPL S/C** : Bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre à simple concentration

Liste des photos

Numéro	Titre	Page
01	PH-mètre (HACH)	27
02	Conductimètre	27
03	Bec benzène	28
04	Spectrophotomètre	28
05	Balance analytique.	28
06	Étuve	28
07	drainage agricole.	29
08	Coliformes totaux à 37°C par méthode NPP sur milieu BCPL	37

Introduction générale

L'eau, c'est la vie. Elle est liée à l'histoire des hommes, la recherche de points d'eau a longtemps mobilisé les énergies et les civilisations sont nées sur le cours des grands fleuves (**LADJEL, 2010**). L'eau est l'élément essentiel qui fait l'objet d'une surveillance attentive à travers le monde. Son importance pour la préservation de la santé publique détermine de vastes programmes de surveillance (**KHALLEF et al, 1945**).

Dans un pays semi-aride comme l'Algérie, la question de l'eau constitue un enjeu central: social, environnemental, sanitaire, alimentaire, économique et financier. L'optimisation de cette ressource rare à travers une exploitation rationalisée des eaux superficielles et souterraines, et une politique de mobilisation des ressources en eau non conventionnelles est une priorité dans la stratégie du Ministère des Ressources en Eau algérien, qui propose, suit et contrôle la politique nationale. Cependant la qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants (sol, sous-sol, etc.) et d'activités humaines produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux naturels (**DOUCHE, 2010**).

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages (domestiques, industriels et agricoles). Sa qualité est un facteur influençant l'état de santé et la mortalité à la fois chez l'homme et les animaux (**KAZI et al, 2009**). La pollution de l'eau est une dégradation physique, chimique, biologique ou bactériologique de ses qualités naturelles, provoquée par l'Homme et ses activités. Elle perturbe les conditions de vie de la flore et de la faune aquatique et elle compromet les utilisations de l'eau et l'équilibre du milieu aquatique.

L'agriculture est à la fois réceptrice et émettrice de la qualité environnementale. En ce qui concerne les émissions, il est établi que la pratique de l'agriculture peut, selon les cas, générer des dégradations ou des améliorations de la qualité de l'environnement. Les dégradations sont le plus souvent liées à des problèmes de pollution agricole, alors que les services que l'agriculture rend à l'environnement sont essentiellement associés à ses activités d'entretien du territoire (**MONTOGLIER, 1990 in TROUDI et al.,2012**).

L'agriculture intensive consomme aussi beaucoup d'engrais qui polluent la nappe phréatique, les lacs et les rivières avec des phosphates et des nitrates (**LU et al, 2007; SINGH et al, 2007**), qui menacent l'équilibre des milieux aquatiques. Ces substances favorisent le développement des végétaux, qui étouffent petit à petit le milieu. L'agriculture utilise les pesticides qui libèrent des résidus toxiques pour les organismes aquatiques (**THOMPSON et al., 2006**).

La pollution d'origine agricole prend aussi des dimensions inquiétantes. Le drainage des eaux qui ont servi à l'irrigation est très souvent mal assuré. Ces eaux de drainage fortement chargées de nitrates et de sels divers polluent les nappes phréatiques. La dégradation des eaux, tant de surface que souterraines, liée à la présence de nitrates ou de produits phytosanitaire (**CHRISTIAN et ALAIN, 2008**).

L'usage croissant de nombreux intrants, engrais, aliments du bétail, produits phytopharmaceutiques, pour l'agriculture s'accompagne de rejets de plus en plus importants dans le milieu naturel. De nombreux polluants se retrouvent ainsi en abondance dans l'eau (**CHEVERRY, 1998**).

La pollution représente un sérieux problème pour l'environnement et les eaux de la nappe libre à cause des rejets déversés dans la zone de rejet et de l'utilisation excessive des engrais en agriculture, on parle de pollution localisée; cependant quelque soient les modalités de leur introduction dans l'environnement une grande partie des pesticides transite par le sol où ils sont apportés directement ou indirectement par l'eau (**FORBES, 1997 ; CLOUS, 2001 ; RAOUL et al, 2005**).

Des pesticides, une pollution chimique plus au moins importante, d'origine agricole et les rejets industriels et domestiques, peut influencer directement le régime des eaux souterraines, puisque la majeure partie de la pollution des eaux souterraines vient de l'eau de surface polluée (**SENDIDE, 1994; AMRANI et CHATTOU, 2002**). D'ailleurs, l'usage excessif et non-raisonnable des pesticides dans l'agriculture est un facteur de pollution principal des eaux de surfaces comme il a été également rapportée par plusieurs auteurs (**FATHI, 1995; SAGE et al, 1997; AZZAOU, 1999**).

Dans ce contexte, notre étude est d'évaluer le degré, la nature et l'origine de la pollution qui touche les eaux de drainage du village d'Ourlal, ainsi que les effets de cette pollution sur la vie des palmiers qui sont irrigués par l'eau souterraine ainsi que d'analyser l'eau de drainage afin de confirmer ou non la présence de certains polluants et par conséquent mesurer le degré de cette pollution due essentiellement à la pratique d'une agriculture menée en irrigué.

Nous allons procéder par la présente étude à l'examen de l'eau de drainage par la détermination des différents paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Notre travail est subdivisé en deux parties distinctes, la première illustre des généralités sur la pollution d'origine agricole. Alors que la deuxième partie est pratique où nous allons exposer la méthode et matériel utilisés dans le cadre de cette étude pour présenter par la suite les résultats auxquels nous avons aboutis ainsi que leur interprétation.

I.1 : Généralités sur la pollution

La pollution n'est pas un phénomène moderne : elle est connue depuis des millénaires. Les villes ont été pendant très longtemps souillées par les ruisseaux d'écoulement des eaux usées et les ordures ménagères. Les eaux superficielles, voire la nappe phréatique, pouvaient alors être contaminées (**CHRISTIAN et ALAIN, 2004**). La pollution résulte des activités humaines : comme l'industrie ou les transports (**AWA, 2007**).

Où la pollution signifie la dégradation de l'environnement par des substances naturelles, chimiques ou radioactives, des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques...). Ce mot désigne surtout la diffusion dans l'environnement comme sous-produit involontaire d'une activité humaine (**BEN ABDELHAMID, 2010 ; ARMAND, 2007**). La pollution est une conséquence et une rançon des progrès techniques de l'humanité et de la concentration de ses activités (**TABET, 1998**).

I.1.2 : Les trois facteurs clés d'une évaluation des dangers

Les dangers potentiels ou réels liés à la présence d'une pollution sont évalués en identifiant trois facteurs bien différenciés qui sont :

La source de pollution : peut être mono ou poly-produit, diffuse ou concentrée, organique, minérale ou radioactive, d'origine chronique ou accidentelle... (**PAUL LECOMTE, 1998**).

Les vecteurs (voies de transport et de dispersion des contaminants) sont multiple ; on distingue principalement la propagation dans les eaux de surface, dans l'air, par infiltration dans le sol, et l'eau souterraine (nappe phréatique). Les modalités de propagation des polluants dans ce milieu varient en fonction de plusieurs types de paramètres (**PAUL LECOMTE, 1998**).

La cible de pollution : peut être, tour à tour ou simultanément, un milieu physique, biologique ou socio-économique. Avec des effets immédiats ou différés portant atteinte à des individus ou à des systèmes, dans leur intégrité ou dans leur diversité. Pour évaluer l'impact potentiel d'une pollution atteignant une cible, d'un part, on distinguera la population et le milieu naturel. D'autre part, on tiendra compte des activités se déroulant autour du site et de l'usage du site lui-même (**PAUL LECOMTE, 1998**).

I.2 : Généralités sur l'eau

L'eau est en effet « le solvant universel » ; il est composé d'oxygène et d'hydrogène qui avec le carbone sont indispensables à la formation cellulaire (**BENTOUATI et BOUZIDI, 2011**). Selon l'OMS, 30.000 personnes par jour environ, approximativement 10 millions par an, meurent en raison de l'insuffisance ou de la mauvaise qualité de l'approvisionnement en eau et de conditions d'hygiène déplorables (**MAIGA, 2005**).

L'eau opuscule que nous avons sous nos yeux, synthétise de manière claire et simplifiée quelques facettes du problème de l'eau, auxquelles est confrontée l'humanité (**LAKHDAR ZELLA, 2007**). L'eau est une denrée rare précieuse demandée par l'homme, l'animal, l'agriculture et l'industrie. Sa composition est directement liée à la nature de la source. Cependant, les paramètres climatiques et les activités humaines influent sur sa composition et par conséquent sur sa qualité.

La pollution est avant tout un problème de concentration d'un élément ou groupe d'éléments chimiques. Elle est le produit de l'activité naturelle et celle des êtres vivants. Elle est provoquée par les rejets des organismes vivants (**LAKHDAR ZELLA, 2007**). La pollution est spécifique à chaque activité industrielle d'où la nécessité de prévoir des traitements spécifiques avant de libérer l'eau dans l'environnement. Les eaux usées agricoles sont généralement concentrées en fertilisants (nitrates et phosphates) mais aussi en pesticides et en herbicides, très toxiques pour la santé humaine. Elles sont évacuées naturellement par le lessivage et par les réseaux de drainage (**LAKHDAR ZELLA, 2007**).

Les micropolluants ont des effets dommageables pour la faune, la flore et pour l'homme. Ils contaminent les cours d'eau soit par apport direct, par ruissellement, drainage ou érosion, soit indirectement sur le milieu. L'eau est la force vitale de la planète, elle est essentielle au bien être de l'humanité, mais elle doit être protégée, traitée et économisée.

I.3 : Pollution de l'environnement

La pollution de l'environnement peut être défini comme une modification dans le Milieu de substances naturelles, synthétiques ou d'énergie susceptibles de mettre en danger la santé de l'homme, de nuire aux ressources biologiques, à la flore et la faune et d'altérer la qualité du milieu naturel ou de gêner son développement ou son utilisation (**BENSLIMANE, 2001**). La pollution, ce phénomène qui prend de l'ampleur, modifie la qualité de l'environnement et celle de l'eau (**LAKHDAR ZELLA, 2007**).

I.4 : Nature de pollution

I.4.1 : Pollution biologique

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau, qui sert d'habitat naturel ou comme un simple moyen de transport pour ces micro-organismes (**THOMAS, 1995**). Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont : les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, virale ou parasitaire (**THOMAS, 1995**).

Les eaux résiduaires urbaines sont très chargées en germes intestinaux, dont beaucoup sont des pathogènes, dès qu'un effluent contenant une proportion plus ou moins importante de matière fécale humaine ou animale pénètre dans un environnement aquatique, les germes pathogènes et les inducteurs fécaux sont transférés à ce dernier (**HASLAY et LECLERC., 1993**).

I.4.2 : Pollution chimique

Pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eau par exemple : les nitrates, le phosphate, l'ammoniac et autres sels ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses (**BOUDJELAL et DJOUDI, 2003**). Cette pollution chimique est liée aux rejets industriels, aux eaux d'origine urbaine, à l'emploi dans l'agriculture des pesticides et des engrais (**RODIER, 2005**).

Les produits qui génèrent cette forme de pollution sont des matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires, rejets d'abattoirs), des hydrocarbures, des métaux (traitement de surface, métallurgie), des acides, des bases, des produits chimiques divers (industries chimiques, tannerie), matière radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs) et eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques (**GAID, 1992**).

I.4.3 : Pollution physique

Elle est due essentiellement aux substances en suspension (matières solides), à la température (pollution thermique) qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz (**BOUDJELAL et DJOUDI, 2003**).

I.5 : Problèmes environnementaux majeurs en grande hydraulique

La mise en valeur intensive sous irrigation dans les zones arides et semi-arides conduit le plus souvent à la dégradation de la qualité des ressources en sol et en eau. L'ampleur de la dégradation est fortement liée à la qualité de l'eau d'irrigation à la non maîtrise de la trilogie: Irrigation-Salinité-Drainage et aux pratiques de mise en valeur agricole non rationnelles.

L'inventaire des problèmes environnementaux a permis de mettre en évidence cinq groupes de problèmes majeurs qui sont rencontrés avec plus ou moins d'acuité dans tous les périmètres (**BADRAOUI et al., 2001**).

I.5.1 : Pollution du milieu (eaux et sols)

Les formes de pollution rencontrées sont :

I.5.1.1 : La pollution diffuse

Au sein du domaine hydro-agricole. Elle serait due notamment aux apports massifs, et pas toujours parfaitement dosés, des engrais et potentiellement des pesticides. Elle affecte essentiellement les sols et les eaux des nappes phréatiques et peut aussi contaminer les écoulements de surface recueillant des eaux de drainage à l'aval des zones irriguées, c'est-à-dire les grands périmètres de plaine à cultures industrielles et à nappes phréatiques vulnérables (**BADRAOUI et al., 2001**).

I.5.1.2 : La pollution urbaine et industrielle

Elle concerne essentiellement les offices où se trouvent les grandes agglomérations, avec leurs industries et leurs nombreux ateliers artisanaux qui constituent autant de sources de pollution potentielle, ainsi que les aires principales de grande culture intensive (betterave, canne à sucre, riz, etc.) dont la production est traitée dans des unités agro-industrielles implantées sur les périmètres eux-mêmes (**BADRAOUI et al., 2001**).

I.5.1.3 : La salinisation secondaire

Elle est induite essentiellement par la salinisation des eaux au contact de formations salifères et l'usage des eaux salées de nappe pour l'irrigation. Elle affecte les écoulements de surface et les nappes et consécutivement les sols irrigués. Les pollutions des sols par les pesticides et les métaux lourds ne sont pas encore perceptibles ou du moins non encore suffisamment bien étudiées (**BADRAOUI et al., 2001**).

I.5.2 : Dégradation des ressources naturelles

Le phénomène touche :

- les eaux de surface et souterraines ;
- les terres : sols agricoles, sols à l'amont des bassins versants ;
- la couverture végétale, les forêts en particulier,
- plus accessoirement la faune sauvage, par la pêche et la chasse et indirectement par

la rupture des chaînes biologiques et des équilibres qui assurent la pérennité des écosystèmes du domaine hydro-agricole ("lutte intégrée" contre les parasites des cultures, etc.). La désertification est à l'ordre du jour dans les périmètres irrigués (**BADRAOUI et al., 2001**).

I.5.2.1 : Altération de la qualité de l'eau

Le problème est général mais plus ou moins grave selon les régions :

- ❖ La pollution touche surtout les écoulements de surface et en particulier les grands oueds traversant les villes et les zones industrialisées, mais elle menace à brève échéance les nappes phréatiques ;
- ❖ La salinisation affecte quelques oueds et surtout de nombreuses nappes. En général le phénomène continuerait à s'aggraver. La concentration en sels augmente et les zones atteintes s'étendent. Il y a des effets dommageables très rapides sur les sols, les cultures et l'hydrobiologie. Dans plusieurs régions, les concentrations salines ont atteint des valeurs qui les rendent non appropriées à l'irrigation ;
- ❖ La turbidité des eaux de surface est gênante pour l'irrigation par elle-même et par ses conséquences (diminution du volume des stockages par envasement).

I.5.2.2 : Dégradation des sols

C'est également un problème majeur et très fréquent dans tous les ORMVA. Il se manifeste de diverses manières : érosion de la terre superficielle, salinisation du sol, déstructuration (appauvrissement en matière organique, tassement, effritement, etc.) et perte de fertilité chimique.

Mis à part l'érosion hydrique, qui est bien entendu un problème environnemental capital auquel de nombreux aspects pratiques de l'irrigation sont directement liés (turbidité des eaux, envasement des retenues, détérioration des ouvrages), la plupart des formes de dégradation des sols sont plus ou moins associées à la salinisation. La superficie affectée par la salinisation est estimée à 350 000 ha (**BADRAOUI et al., 1997**).

Un autre cas fréquent de perte de valeur des sols est celui de l'engorgement hydrique chronique, voire permanent, du terrain, dû à la remontée de la nappe phréatique consécutive à un aménagement hydro-agricole défectueux (irrigation excessive et mal dosée, drainage insuffisant) (**DEBBARH et al., 1999**).

II.6 : Réseau de drainage

Un réseau de drainage permet de contrôler la hauteur de la nappe phréatique. Il existe deux sortes de drainage : le drainage vertical et le drainage horizontal. Un réseau de drainage vertical, consiste en réseau de puits dans la nappe phréatique équipés de pompes. En fonction du niveau souhaité, l'on pompe plus ou moins. Il est possible de varier la quantité d'eau pompée en fonction des besoins agricoles. Un réseau de drainage horizontal consiste en une série de drains qui ne seront effectifs que quand la nappe atteindra leur niveau.

II.7 : Drainage des bassins-versants :

Les bassins-versant sont drainés par les eaux de ruissellement qui se rassemblent en ruisseaux, rivières et fleuves. L'intensité du drainage peut être évaluée par la méthode de Horton, modifiée par Strahler. La nature des matériaux transportés en suspension et en solution sont essentiellement fonction des précipitations et du drainage des eaux sur le haut bassin (**EUGENE ANGELIER, 2000**).

II.1 : La pollution agricole

Une action polluante est une action qui dégrade l'environnement en modifiant dans un sens défavorable le milieu « naturel ». Les actions polluantes générées par l'agriculture peuvent toucher différents domaines : il peut s'agir de pollution atmosphérique, de pollutions biologiques des eaux et des sols ou de pollution chimiques (ARMAND, 2007).

La pollution des eaux d'origine agricole est généralement liée aux nitrates ou aux phosphates. La mise en évidence de la pollution causée par les pesticides (herbicides, insecticides et fongicides) (CARLUER et al., 1996).

L'agriculture est la source principale d'émissions dans l'eau de nombreux polluants: pesticides, nitrates, phosphore, azote ou résidus de médicaments (à usage vétérinaire). Cependant, les autres secteurs d'activité sont également des sources émettrices non négligeables (cf. tableau ci-dessous).

Tableau .2.1: Principales sources de polluants dans les eaux.

Polluants	Sources
Pesticides	Agriculture, dans une moindre mesure usages domestiques, collectivités
Nitrates	Agriculture, industries
Azote	Agriculture (déjections animales épandage de lisiers), industrie, eaux usées domestiques
Phosphore	Agriculture, industrie, eaux usées domestiques
Matières organiques	Agriculture (déjections animales, épandage de lisiers), industrie (majoritairement représentée par l'agroalimentaire), eaux usées domestiques
Résidus de médicaments	Agriculture (à usage vétérinaire), établissements de soins, eaux usées Domestiques

II.2 : Le problème de pollution et bien d'environnement

Les pollutions agricoles sont chroniques et diffuses (CHRISTIAN et ALAIN, 2008). Les sources de pollution agricole sont de deux types : d'une part les engrais et produits chimiques utilisés en grandes quantités dans l'agriculture intensive, d'autre part les effluents provenant des élevages (BERNARD, 2004). Les pollutions d'origine agricole proviennent souvent d'un excès de fertilisation (nitrates, phosphates ou potasses) et /ou de produits phytopharmaceutique (insecticides, fongicides, herbicides, ...) (CLAIRE, 2003).

En fin, certaines pratiques agricoles ont des effets variables sur l'environnement. En effet, une même pratique peut avoir dans certain cas un effet positif sur la qualité de l'environnement, et négatif dans d'autres cas. Par exemple, le drainage d'un sol favorise initialement l'assainissement des terres, il peut aussi favoriser la pollution de l'eau en facilitant le transport des éléments nutritifs en excès (nitrates, phosphate,...etc.). L'irrigation bien maîtrisée permet le bon développement des cultures. Mal positionnée, l'irrigation peut accentuer le lessivage des fertilisants et accroître les problèmes de pollution des nappes d'eau souterraines et /ou superficielles (MONTGLOFFIER, 1992 in TROUDI et al., 2012).

II.2.1 : Les pollutions diffuses liées aux productions végétales

Les engrais les plus utilisés enrichissent le sol en nitrates et phosphates. Une partie des nitrates est absorbée par les végétaux, ce qui améliore leur croissance et les rendements de culture. Mais une autre partie est lessivée, c'est-à-dire emportée par les pluies et pénètre dans le sol à une vitesse de quelques mètres par an et finit par atteindre les cours d'eau et les nappes d'eau souterraines, où la concentration en nitrates augmente (**BERNARD, 2004**).

L'utilisation des détergents, des pesticides (DDT), des engrais phosphorés et azotés, a induit une pollution dangereuse aussi bien à cause de l'évaporation au niveau des sols que de l'infiltration des eaux dans les nappes souterraines et de leur ruissellement vers les rivières et les océans (**TABET, 1998**). Ces produits sont volontairement répandus à grande échelle dans l'environnement (**JAMES et al., 2005**).

II.2.2 : Les pollutions diffuses liées aux productions animales

Lors de l'épandage du lisier sur le sol, une part importante est drainée par les cours d'eau, ou gagne les nappes d'eaux. Dans les zones d'élevages et d'agriculture intensive 25% des points de prélèvement d'eau ont de teneur supérieure à 50 mg/l, seuil de pollution (**BERNARD, 2004**). L'élevage intensif, qu'il soit de ruminants ou d'animaux monogastriques, a un impact direct sur le sol, l'air et l'eau par ses effluents (**CIRAD, 2009**).

II.3 : Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles

II.3.1 : Produits phytosanitaires

II.3.1.1 : Nature chimique des produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires comprennent une large gamme de molécules, plus ou moins solubles et mobiles selon les caractéristiques physico-chimiques des produits et notamment leur coefficient d'affinité de la molécule vis à vis du sol (**MOLENAT et al., 2011**).

II.3.1.2 : Les différents types de pesticides

Un pesticide est un produit chimique destiné originellement à la protection des cultures afin de lutter contre des tiers jugés nuisibles comme les parasites, mauvaises herbes, insectes et champignons...(**MOLENAT et al., 2011**).

II.3.1.3 : Le transfert des produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires peuvent être transportés sous forme dissoute ou adsorbés sur les matières en suspension (MES) selon :

- les propriétés d'adsorption de la molécule sur la phase solide (c'est à dire le Koc) ;
- la nature et la concentration des matières en suspension présentes dans l'écoulement ;
- la répartition entre les deux formes de transport dépend donc de la molécule et du contexte.

II.3.1.4 : Le transfert des pesticides

Il est fonction de :

- des quantités appliquées ;
- de l'intervalle entre l'application et l'événement pluvieux important qui lui succède ;
- des conditions environnementales (température, humidité, activité biologique), qui accélèrent ou non la dégradation des molécules ;
- des états de surface du sol et de l'état hydrique du bassin versant.

Le risque de transfert d'un produit est donc maximal juste après l'application. Il est ensuite difficile de prévoir l'évolution des transferts des molécules, le stock présent dans le sol étant très dépendant des conditions pédoclimatiques (MOLENAT et al., 2011).

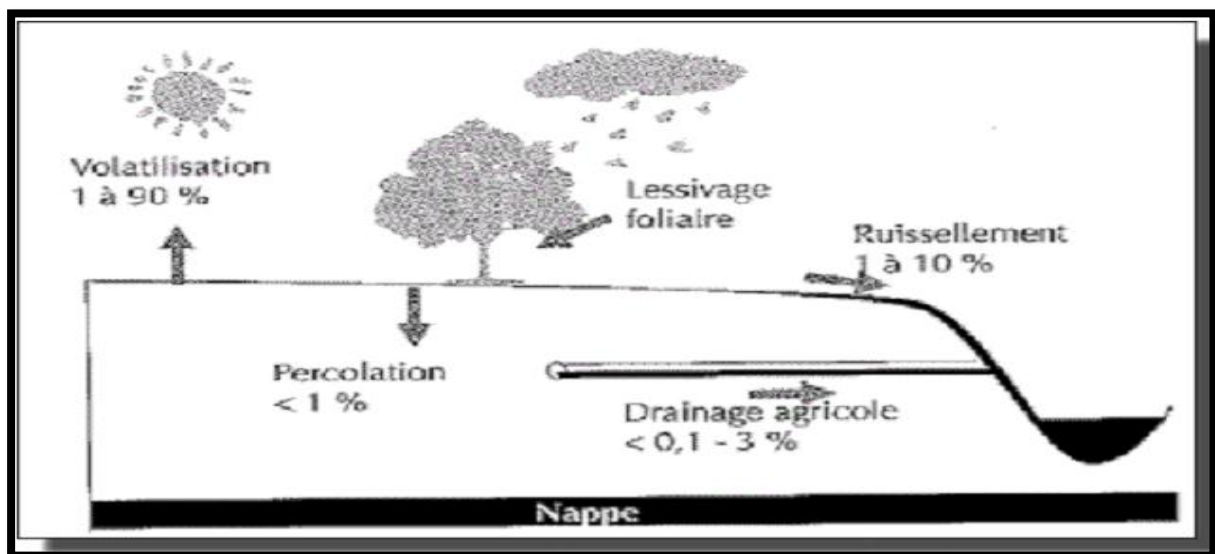


Figure .2.1 : Principaux mécanismes de transfert des produits phytosanitaires appliqués.
(Source : VOLTZ et al., 2001)

Cinq mécanismes principaux de transfert vers les eaux peuvent être identifiés :

- la **dérive** lors de la pulvérisation ;

- la **volatilisation**, dont l'intensité est variable en fonction des propriétés physico-chimiques des molécules et des conditions climatiques au moment et dans les jours suivant l'application ;
- le **drainage artificiel** par des drains enterrés qui sont alimentés par les nappes superficielles se formant pendant les épisodes pluvieux, ou par de l'eau s'infiltrant par les tranchées de drainage ;
- les **transferts latéraux de nappe**, à proximité de la surface de la nappe ;
- le **ruissellement** de surface.

Son transfert s'effectue selon deux composantes principales :

- Verticale par un processus appelé lessivage.
- Horizontale par un processus intitulé ruissellement.

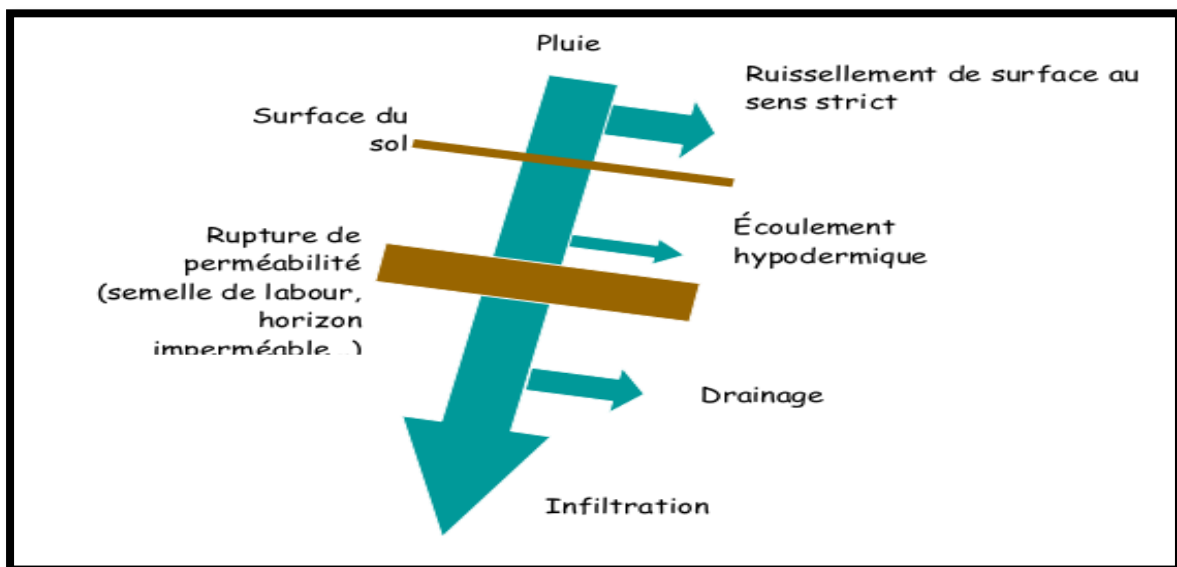


Figure .2.2 : Schéma de circulation de l'eau dans le sol (Source : d'après CORPEN).

II.3.2 : Nitrates

II.3.2.1 : Nature chimique

Les nitrates sont très solubles dans l'eau. Chargés négativement, ils ne sont pas retenus par le complexe argilo-humique du sol. Ils sont donc véhiculés à 100 % sous forme dissoute (MOLENAT et al., 2011).

II.3.2.2 : Le transfert des nitrates

Les nitrates n'étant pas retenus par le sol, ils migrent verticalement vers la profondeur (lixiviation) et contaminent la nappe qui les stocke. L'essentiel du transfert des nitrates vers la rivière se fait par écoulement de nappe. La proportion de nitrates véhiculée par le ruissellement (qui représente moins de 5 % du débit de la rivière à l'échelle de l'année) est comparativement très faible. Des abattements par rapport aux apports existent cependant du fait de :

- l'absorption par les végétaux ;
 - l'incorporation dans la matière organique par les microorganismes du sol ;
 - la dénitrification qui les transforme -si les réactions sont complètes- en azote gazeux N^2 .
- Cette suite de réactions ne se produit que dans certaines conditions particulières (absence d'oxygène, présence de carbone assimilable, présence de sulfures ...).

- **L'azote des engrais minéraux** se présente sous forme de nitrate ou d'ammonium, deux formes très facilement assimilables par les plantes. Dans des conditions de pratiques normales, l'azote des engrais minéraux est assimilé dans l'année par la culture en place. Une application mal maîtrisée peut cependant conduire à des excédents de nitrate dans le sol, lesquels peuvent migrer vers les nappes où les eaux de surface entraînant leur pollution.

II.3.3 : Phosphore

II.3.3.1 : Nature chimique

On distingue en général deux formes de phosphore dans l'eau :

- le phosphore dit dissous, qui passe par un filtre de 0,45 μm ;
- le phosphore particulaire (tout le reste), l'ensemble constituant le phosphore total.

La fraction dissoute du phosphore comprend les ions orthophosphates des molécules organiques et le phosphore lié aux petites molécules organiques (MOLENAT et al., 2011).

II.3.3.2 : Le transfert du phosphore

Le phosphore est majoritairement transféré du sol aux eaux sous forme particulaire (souvent 50 à 90 % du phosphore total véhiculé). Le phosphore émis par des territoires agricoles est de ce fait principalement transféré dans les cours d'eau lors des épisodes de crue, périodes pendant lesquelles le ruissellement mobilise et entraîne les particules solides du sol (MOLENAT et al., 2011).

II.3.4 : Matière organique dissoute

II.3.4.1 : Nature de la matière organique

La matière organique est un terme générique qui regroupe un très grand nombre de molécules, issues pour la plupart du monde vivant et se trouvant dans un état de décomposition plus ou moins avancée. Les molécules constitutives du compartiment organique des sols et des eaux ne sont généralement pas distinguées les une des autres.

II.3.4.2 : Le transfert de la matière organique

La matière organique qu'elle soit dissoute ou particulaire est transférée au cours d'eau principalement pendant les épisodes de crue. En termes de bilan, les transferts de matière organique dissoute représente souvent 70% du total transféré aux rivières. Quoi qu'il en soit, ce sont les matières organiques dissoutes qui posent problème lors du traitement et ce sont donc elles dont il convient de limiter le transfert. Il n'y a pas de transfert de matière organique vers les nappes, dont les concentrations en matières organiques restent toujours très faibles.

Comme pour les produits phytosanitaires, des changements brutaux dans les conditions hydrologiques ou physico-chimiques régnant à l'interface eau-sol peuvent entraîner de fortes pollutions.

II.3.5 : Métaux lourds

La pollution des eaux par les métaux lourds est l'un des problèmes actuels dont la gravité augmente avec le développement industriel. Contrairement aux polluants organiques susceptibles de se dégrader, les éléments traces métalliques peuvent être nocifs à la vie aquatique du fait de leur stabilité et de leur persistance dans la nature.

L'enlèvement du cuivre, zinc, cadmium, plomb, mercure, fer, nickel et d'autres métaux a été effectué par plusieurs méthodes telles que, le charbon actif qui est l'adsorbant le plus utilisé, néanmoins il est relativement cher, la neutralisation, la précipitation chimique, la filtration sur membrane, l'électrolyse, l'adsorption et l'échange d'ion (MOLENAT et al., 2011).

II.3.5.1 : Nature chimique

Les éléments traces métalliques sont présents dans le sol sous des formes chimiques très variées dépendant de la composition du sol et des conditions du milieu. La part présente en solution dans le sol (sous forme ionique) ne représente qu'une faible proportion de la quantité totale, les métaux lourds étant surtout associés à la matrice organo-minérale solide du sol.

II.3.5.2 : Le transfert des métaux lourds

Les transferts de métaux lourds ont été peu étudiés et peu de chiffres sont disponibles, la difficulté résidant notamment dans les différentes formes que prennent ces éléments traces, rendant complexe le suivi de leur évolution dans les sols et dans l'eau (**MOLENAT et al., 2011**).

Deux mécanismes principaux peuvent être mentionnés :

- le transfert par érosion ou ruissellement pour les éléments métalliques associés aux particules solides ;
- le transfert vers l'eau suite à des modifications des conditions du milieu (oxydoréduction)

II.3.6 : Bactéries**II.3.6.1 : Micro-organismes d'origine fécale****II.3.6.2 : Nature des micro-organismes fécaux**

Les micro-organismes fécaux comprennent principalement des bactéries, des virus, des champignons et des protozoaires. L'évaluation pratique de la qualité microbiologique des eaux se fait sur la base du concept de micro-organismes dits « indicateurs », choix qui résulte des difficultés ou impossibilités techniques de détecter toute la diversité des microorganismes pathogènes. L'abondance d'indicateurs est corrélée à un risque de présence de pathogènes. Les indicateurs les plus fréquemment utilisés sont les coliformes ou entérocoques fécaux, *Escherichia Coli*... (**MOLENAT et al., 2011**).

II.3.6.3 : Le transfert des zones agricoles aux eaux

Le transfert est fonction :

- des quantités d'engrais de ferme appliquées ;
- de la durée de survie des bactéries introduites sur les sols et donc des facteurs qui contrôlent cette survie ;

- de l'intervalle entre l'application et l'événement pluvieux important qui lui succède ;
- des états de surface du sol et de l'état hydrique du bassin versant.

Les mécanismes de transfert deux mécanismes principaux de transfert vers les eaux peuvent être identifiés :

- le ruissellement de surface, notamment sur les zones imperméabilisées du fait du piétinement et sur sols saturés en eau, qui apparaît comme l'agent essentiel d'extraction et de mobilisation des bactéries fécales,
- les rejets par des pollutions ponctuelles (fuites de stockage ou égouts) ou les rejets directs dus à l'accès des animaux à la rivière, survie des micro-organismes dans l'environnement. Les micro-organismes, une fois sur ou dans le sol, ont des durées de survie très variables selon l'espèce microbienne, les pratiques agricoles (mode de stockage, technique d'épandage, type d'effluent, la culture...), et les conditions environnementales (édaphiques, climatiques, biologiques).

II.3.7 : Les effets de ces produits

II.3.7.1 : La qualité des eaux de surface

- La présence de nitrates dans l'eau aide à la prolifération des algues qui se développent de façon excessive. Cette substance a aussi pour effet d'enlever tout oxygène à l'eau (surtout l'été où la photosynthèse des algues est plus forte).
- Les produits phytosanitaires utilisés pour lutter contre les parasites sont présents dans les eaux de surface de manière préoccupante. Les pesticides se retrouvent dans 47 % des points d'eau, dans 50 % des eaux côtières.
- L'azote ammoniacal et le phosphore sont en grande quantité dans les déjections animales des élevages intensifs. Ils sont rejetés lors de l'épandage excessif des lisiers dans une proportion supérieure à la capacité des sols et des cultures à les absorber et migrent par lessivage des sols des champs vers les milieux aquatiques (CARNEVALE, 2006).

II.3.7.2 : La qualité des eaux souterraines

- Les engrais azotés, liés aux pratiques culturales elles-mêmes, provoquent une montée régulière des teneurs en nitrates. L'altération des nappes souterraines est moins réversible que la pollution des eaux superficielles du fait du lent renouvellement de ses ressources.

- Les produits phytosanitaires sont détectés dans environ 20% des nappes exploitées : les plus inquiétants étant les herbicides de la famille des triazines dont l'atrazine, interdite d'utilisation depuis octobre 2001 (CARNEVALE, 2006).

II.4 : Causes de la pollution liée à l'irrigation

II.4.1 : Causes directes de la pollution liée à l'irrigation

L'impact de l'irrigation sur le milieu naturel et sur la qualité des eaux est complexe et demeure très largement controversé (KEDDAL et YAO, 2008).

II.4.2 : Les risques d'une pollution liée aux systèmes d'irrigation

Les risques de pollution par l'irrigation dépendent, pour une grande part, des méthodes pratiquées et systèmes d'irrigation utilisés. Gaspillage et mauvaise gestion: mauvaise conception, réalisation et entretien des réseaux d'irrigation (PIERRE GENY et al., 1992).

II.4.3 : Les causes de la pollution liée à la mauvaise pratique de l'irrigation

La mauvaise pratique de l'irrigation est à l'origine de la pollution des eaux par les nitrates, phosphates, pesticides, MES (Matières En Suspension) et autres éléments toxiques à travers plusieurs mécanismes :

-le ruissellement à la surface du sol dû à des doses trop importantes d'irrigation. L'irrigation inefficace du sol entraîne un ruissellement excessif et la saturation des sols. L'eau de ruissellement qui s'écoule dans les cours d'eau ou jusqu'aux eaux souterraines peut contenir des sels, des déchets organiques, des agents pathogènes ainsi que des pesticides et des engrais agricoles (STATISTIQUE CANADA, 2001).

- la percolation (drainage) profonde due à des apports supérieurs à la capacité de stockage de la zone racinaire (MAILHOL, 2005).

Une forte concentration en sodium dans l'eau d'irrigation provoque également la dispersion et une destruction de la structure du sol si la teneur de sodium est supérieure à celle du calcium (FAO, 1988).

II.4.4 : L'irrigation avec des eaux de mauvaise qualité

L'irrigation des terres agricoles ne se fait pas toujours avec des eaux respectant les normes de qualité requises. Ces eaux de qualité physico-chimique médiocre peuvent provenir de plusieurs sources :

- les eaux des nappes phréatiques ayant des teneurs élevées en sels ;

- les eaux de drainage chargées en sels et en nutriments ;
- les eaux usées brutes, domestiques ou industrielles ou les eaux usées mal traitées.

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation devient de plus en plus une pratique courante notamment dans les pays semi-arides et arides, les eaux usées épurées sont riches en éléments majeurs azote, phosphore, et potassium (**KEDDAL et YAO, 2008**).

II.4.5 : La mauvaise gestion des eaux de drainage

Le drainage représente le captage des eaux excédentaires et leur transport, généralement vers le réseau hydrographique. Dans les périmètres irrigués, ces eaux sont souvent très riches en sels et leur rejet dans le réseau hydrographique sans précautions suffisantes peut mettre en péril l'écologie aquatique à l'aval du périmètre et causer des problèmes de salinisation des aquifères (**KEDDAL et YAO, 2008**).

II.4.6 : Effets sur l'environnement

l'irrigation peut avoir des effets négatifs sur l'environnement, en particulier sur la qualité des eaux superficielles et souterraines à travers soit la mauvaise qualité de l'eau qu'elle applique soit en servant de vecteur aux intrants (engrais azotés et pesticides appliqués souvent en excès) (**TIERCELIN, 1998**).

II.5 : Conséquences de la pollution

Les effets de la pollution sont multiples.

II.5.1 : Les conséquences écologiques

Elles se traduisent par la dégradation des écosystèmes aquatiques (capacité propre à éliminer la pollution subie, auto épuration, l'eutrophisation désigne un enrichissement des eaux en substances nutritives (azote, phosphore) provenant des rejets et des engrais utilisés en trop grande quantité.

L'apport massif de ces éléments provoque la croissance anarchique d'algues et de plantes aquatiques qui consomment l'oxygène indispensable à la survie des autres espèces. Certaines substances toxiques déversées dans un cours d'eau peuvent pénétrer dans les chaînes alimentaires (**CARNEVALE, 2006**).

II.5.2 : Les conséquences sur la santé humaine

Elles sont différentes selon le mode de contamination qui peut être par ingestion, par contact ou par contamination intermédiaire, c'est à dire, la consommation de poissons contaminés par une eau polluée. Limite de qualité et contrôle sanitaire, la réglementation actuelle, fondée sur une recommandation de l'OMS (**CARNEVALE, 2006**). Les nitrites dans l'estomac, peuvent réagir avec les amines secondaires apportées par les aliments pour former les nitrosamines qui ont un effet cancérigène reconnu (**traité d'irrigation, DAB 1990; FRITSCH de SAINT BLANCAT, 1985**).

II.5.3 : Les conséquences économiques et sociales

Elles peuvent avoir plusieurs aspects :

En cas de pollution, l'exploitation des milieux aquatiques (pisciculture, loisirs...) sera restreinte. Une eau de mauvaise qualité aura aussi une conséquence sur la production agricole car l'agriculture à recours aux eaux brutes, non traitées, pour l'irrigation des sols (**CARNEVALE, 2006**).

Par ailleurs, la restauration de la qualité des eaux polluées nécessite des investissements onéreux sur de longues périodes. Lorsque l'intensification agricole contribue à la pollution des eaux, elle impacte les activités économiques qui partagent cette ressource telle que l'industrie et le tourisme (**KEDDAL et YAO, 2008**).

II.6 : Relation intensification agricole-pollution des eaux

L'agriculture est actuellement à l'origine d'une pollution de l'eau préoccupante dans certaines régions d'Europe et des États-Unis, et dans d'autres pays comme l'Australie, le Canada et la Nouvelle-Zélande, mais surtout dans les pays méditerranéens où, pour des raisons climatiques défavorables, l'irrigation avec des eaux de qualité parfois médiocre constitue un impératif technique incontournable (**OCDE, 2004**).

La pollution des eaux d'origine agricole est généralement liée aux nitrates ou aux phosphates. La mise en évidence de la pollution causée par les pesticides (herbicides, insecticides et fongicides) étant récente (**CARLUER et al., 1996**).

II.7 :L'agriculture est l'activité économique la plus consommatrice d'eau

Selon la FAO, l'agriculture est l'activité économique la plus consommatrice d'eau puisqu'elle prélève à elle seule près de 70 % de toute l'eau mobilisée des cours d'eau, lacs et nappes souterraines à travers le monde, pouvant atteindre jusqu'à 95 % dans les pays en développement (**WATER at A GLANCE**).L'irrigation, principale consommatrice d'eau du secteur agricole, a pour vocation de favoriser une activité agricole stable en l'affranchissant, au moins partiellement, des aléas climatiques. Dans certains pays tels que ceux du pourtour méditerranéen, les conditions climatiques ont exigé l'irrigation et favorisé l'utilisation croissante des engrais et pesticides afin d'améliorer et stabiliser les rendements agricoles (**FAO, 1996**). Dans ces pays, il est établi une forte corrélation entre la pratique de l'irrigation et la dégradation du milieu telle que la remontée de sels.

I: Présentation de la région d'étude

I.1 : Situation et limite de la région d'étude:

La commune d'Ourlal se situe à 50 km au Sud-ouest du chef lieu de la wilaya Biskra. Elle s'étend sur une superficie de 190.10 km². Elle est limitée :

- Au Nord par la commune de Bouchagroun ;
- Au Sud par la commune de S'til (wilaya de El-Oued) ;
- A l'Est par la commune de M'lili ;
- Et à l'Ouest par la commune de M'khadema.

Issue du découpage administratif de 1987 Ourlal devient une Daïra, elle se compose de cinq communes à savoir : Ourlal, M'lili, M'khadema, Oumache et Lioua.

I.1.1 : Carte de drainage :

Le Drainage au niveau d'Ourlal est représenté par un oued artificiel et qui a pour but l'évacuation des eaux souterraines qui tendent à monter pour provoquer un problème sérieux pour les terres agricoles. L'eau drainée peut être réutilisé dans l'irrigation des palmiers. Cet oued prend son départ à partir de la commune d'Ourlal pour terminer dans l'Oued Djedi.

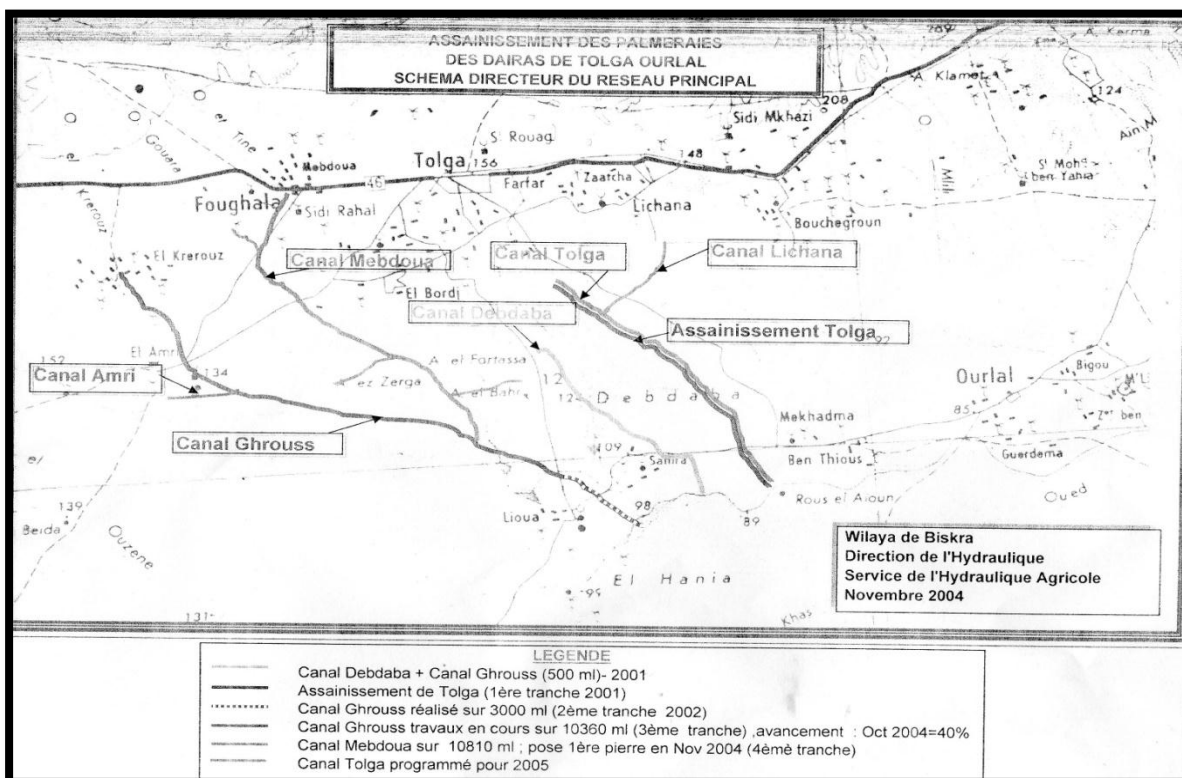


Figure .3.3 : Situation géographique des points de prélèvement des eaux au niveau du drainage d'Ourlal (**Direction de l'Hydraulique**).

I.1.2 : Hydrologie du drainage :

Le réseau hydrique de drainage dépend de :

- la climatologie ;
- les eaux ménagères, des eaux de vannes ;
- les eaux d'irrigation agricole ;
- Les eaux souterraines qui montent sur la surface de la terre.

I.2 : Données climatiques

Cette étude basée sur les données climatiques recueillies au niveau de la station météorologique de Biskra pour la période (2003-2013). Les paramètres climatiques les plus importantes sont : la température, la précipitation, le vent et l'humidité.

2.1- Les températures

Nous avons repris dans le (tab.3.2) les relevés des températures moyennes des minimas, des maximas et des moyennes mensuelles de la région de Biskra durant la période (2003-2013).

Tableau.3.2:Température mensuelle moyenne, minima, maxima à Biskra pour la période (2003-2013).

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Tp° max	19.32	20.47	25.73	30.61	35.61	45.28	45.22	45.02	38.01	45.74	25.35	19.47	27.52
Tp° min	7.47	8.35	12.96	16.6	21.59	27.06	30.98	31.03	25.09	13.4	13.4	8.55	18.63
Tp° moy	13.39	14.41	19.34	23.60	28.6	36.17	38.1	38.02	31.55	29.57	19.37	28.02	23.07

Source : www.tutiempo.net

Tp° max: Température maximale mensuelle moyenne (°C).

Tp° min: Température minimale mensuelle moyenne (°C).

Tp° moy: Température moyenne mensuelle (°C).

D'après les données du (tab.3.2), la température moyenne annuelle de la région de Biskra est 23.07 C°, dans cette région à une forte température. La température la plus élevée est remarquée dans le mois de juillet 45.28 C° et la plus basse observée au mois de janvier 7.47C°.

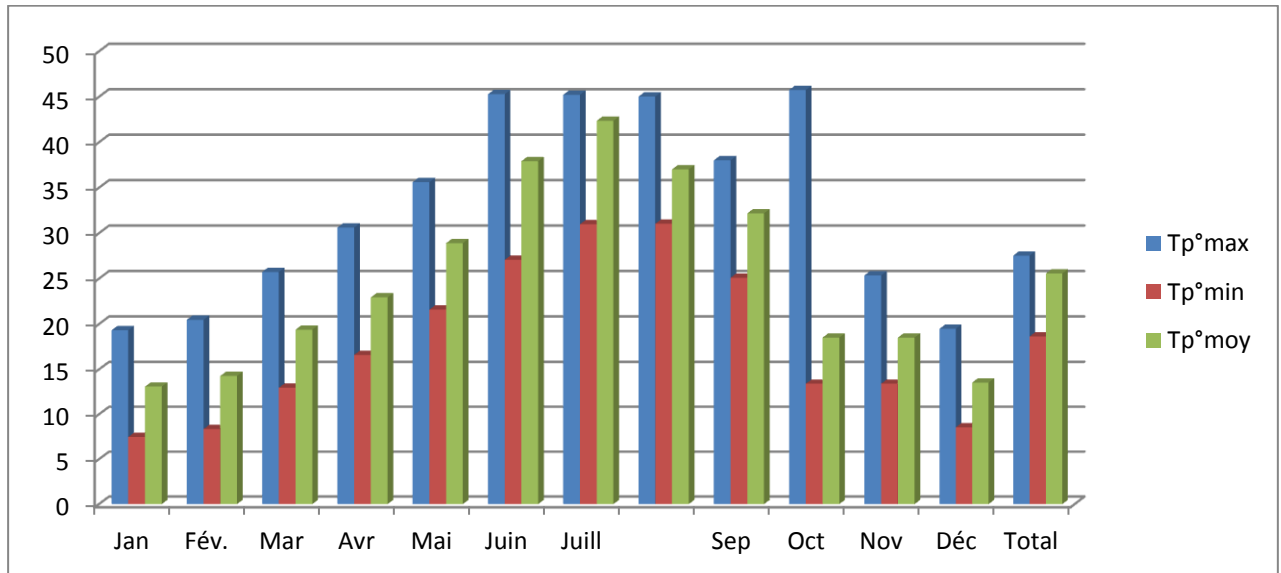


Figure.3.4: Température mensuelle moyenne, minima et maxima pour la période (2003-2013)

2.2- les précipitations

Selon KHECHAI (2001), les précipitations sont très mal réparties, elles sont brutales et très localisées.

Tableau.3.3 : Précipitation mensuelle de Biskra pour la période (2003-2013).

	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Total
Précipitation moyenne (mm)	21.40	12.68	28.37	20.6	13.31	6.08	3.77	2.89	16.51	33.18	13.41	13.36	15.46

Source : www.tutiemnet.net

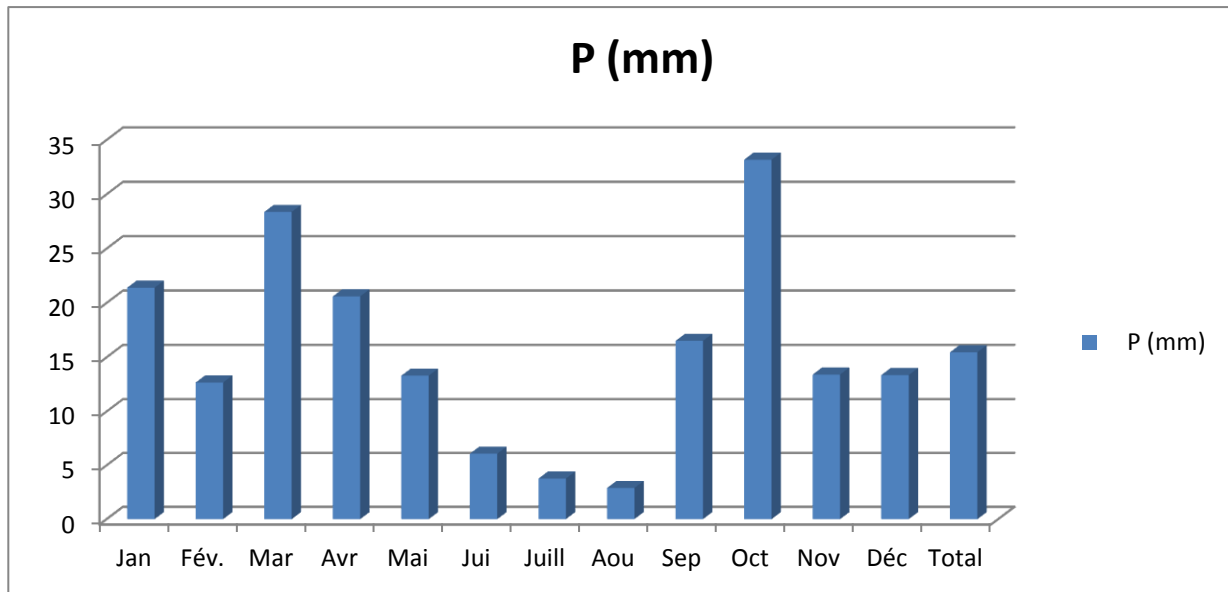


Figure.3.5 : Précipitations mensuelles à Biskra durant (2003-2013).

D'après les résultats du (tab.3.3), nous remarquons que la région de Biskra se caractérise par une pluviométrie moyenne mensuelle de 15.46 mm avec une régulation des précipitations. La période pluvieuse s'étale de septembre à mai avec un maximum de 33.18 mm en mois de janvier. La période sèche s'étale de juin à aout avec un minimum de 2.89 mm au mois d'aout.

2.3- Le vent

Le vent est un agent important de désertification en effet il accentue l'évapotranspiration et contribue à abaisser l'humidité (OZENDA, 1958). La vitesse moyenne des vents dans la région d'étude de 2003 à 2013 est mentionnée dans le (tab.3.4).

Tableau.3.4 : La vitesse des vents (Km/h) à Biskra pour la période (2003-2013).

	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juill	Aou	sep	oct	nov	Dec	Total
Vent (Km/h)	14.26	15.73	17.63	20.37	19.3	15.65	13.65	12.1	12.64	11.52	12.45	13.68	12.86

Source : www.tutiempo.net

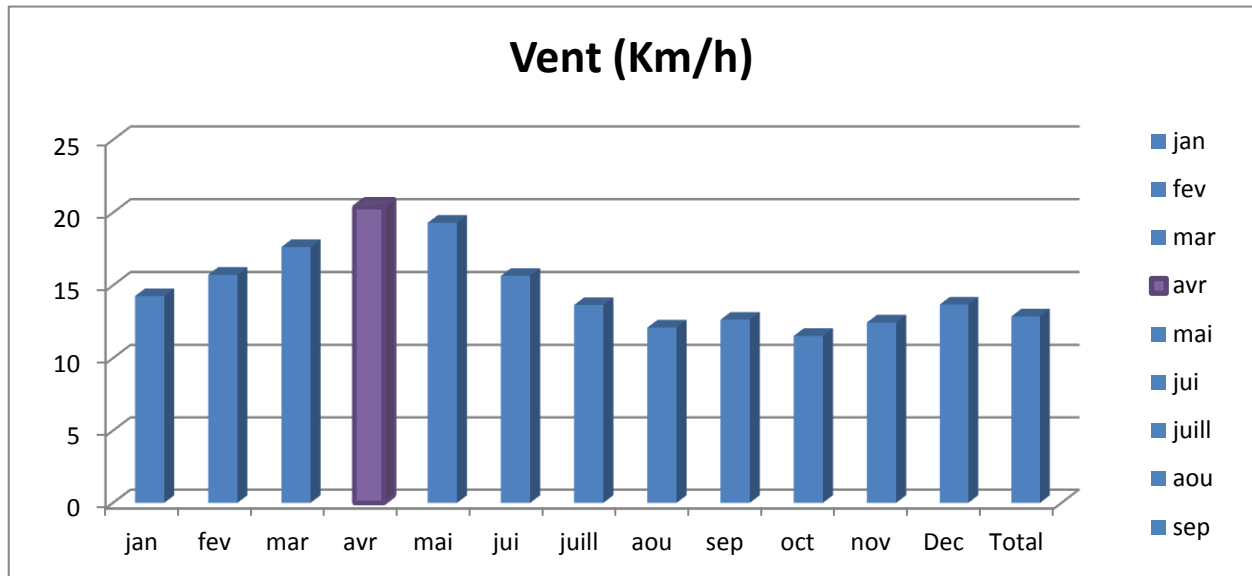


Figure.3.6: Vitesse du vent à Biskra durant (2003-2013).

La vitesse maximale du vent a été enregistrée dans le mois d’Avril avec 20.37 Km/h, avec une moyenne de 12.86 Km/h et un minimum au mois d’octobre avec une vitesse de 11.52 Km/h, dans la région d’étude le vent souffle durant toute l’année. En période hivernale ce sont le vent froid et humide venant des hauts plateaux et du nord ouest qui sont les plus dominants (BENBOUZA.1994). Par contre l’été et le printemps sont marqués par des vents de sable venant de sud ouest, sec et froid en hiver et sec chauds en été (sirocco).

2.4 - L’humidité

Les valeurs de l’humidité relative moyenne de l’air notées en 2003 à 2013 dans la région de Biskra sont mentionnées sur le tableau ci-après.

Tableau.3.5 : l’humidité en pourcentage pour la période (2003-2013).

	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juill	Aou	sep	oct	nov	Dec	Total
H(%)	61.09	67.17	48.14	42.94	36.35	30.5	30.14	32.23	40.56	48.72	56.14	57.98	48.50

Source : www.tutiempo.net

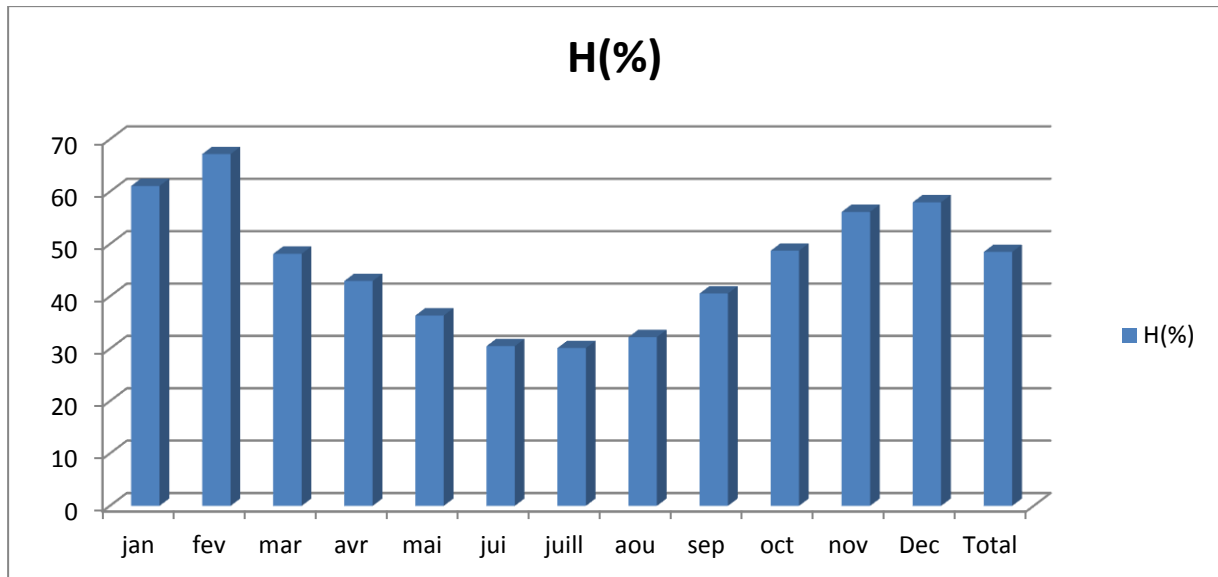


Figure.3.7 : L'humidité en pourcentage pour la période (2003-2013)

L'analyse du tableau précédent montre un taux d'humidité plus au moins élevée avec une humidité moyenne mensuelle de 48.50 %. Les mois les plus humides sont : novembre, décembre, janvier et février avec une H % maximale de 67.17 %. La faible humidité durant les mois les plus chauds : mai, juin, juillet et aout avec une H % minimale de 30.5% en juin.

I.3 Matériels :

❖ **Sur le terrain :** Nous avons besoin du matériel suivant :

- 1- **Flacons :** pour l'échantillonnage (polyethylene et verre).
- 2- **Glacière :** assure le transport des échantillons à température basse.

❖ **Au laboratoire :** Nos expériences nécessitent le matériel suivant :

a- Au laboratoire physicochimique :**1. PH-mètre (HACH) :** pour mesure

- pH.
- Température.

2. Conductimètre :

- Conductivité.

3. Spectrophotomètre.**4. Verreries :**

- Pipettes.
- Des béchers.
- Burettes.

5. Balance analytique.**b. Au laboratoire de microbiologie :**

- 1.Étuve : pour l'incubation.
2. Autoclave : pour l'autoclavage (verreries...).
3. Bain marie : pour dissolution des milieux de culture.
4. Bec benzène : stérilisation lors de l'analyse microbiologique.
5. Tubes à essais.



Photo.3.1: PH-mètre (HACH)



Photo.3.2 : Conductimètre



Photo.3.3 : Bec benzène



Photo.3.4 : Spectrophotomètre(dosage)

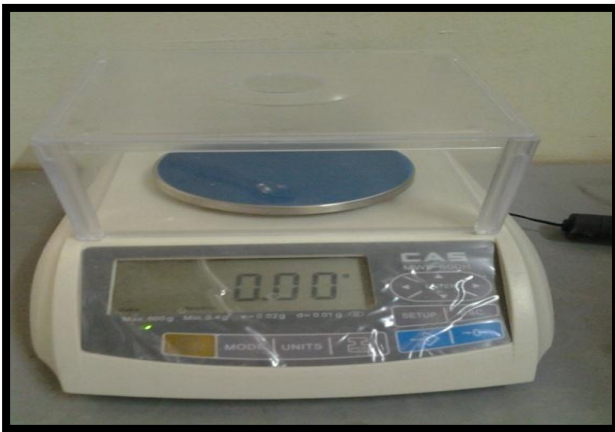


Photo.3.5 : Balance analytique.



Photo.3.6 : Étuve

I.4 : Méthodes de travail

I.4.1 : Prélèvements et analyses des eaux de drainage

Les sorties sur le terrain nous ont permis de sélectionner, sur l'ensemble du site, un nombre représentatif de points (voir figure.3.7) sur lesquels les échantillons ont été prélevés.

I.4.2 : Technique du prélèvement

Les échantillons d'eau destinés aux analyses physico-chimique et bactériologique ont été prélevés dans des flacons en PVC et en verre borosilicaté respectivement. Ils ont été lavés soigneusement avec de l'eau distillée. Les flacons en verre ont été stérilisés dans un autoclave à 120°C pendant 20 min. Le flacon est débouché et est immergé complètement jusqu'à 20 cm de profondeur, en position verticale renversée en le tenant par le fond ; il est alors retourné, selon les recommandations de **RODIER (2005)**.

Le flacon rempli d'eau est retiré du plan d'eau et fermé hermétiquement. Les échantillons soigneusement étiquetés sont placés dans une glacière à 4°C et transportés ensuite au laboratoire de l'entreprise « TIFIB » de Biskra.



Photo.3.7: drainage agricole.

I.4.3 : Paramètres physico-chimiques

Nous avons mesuré les paramètres suivants : Température (T), pH, Conductivité électrique, Turbidité, Oxygène dissous, matière en suspension (MES), DBO₅ (demande biochimique en oxygène), Fer, Sulfate, Orthophosphate, Azote ammoniacal, Nitrate et Chlorure.

I.5 : Méthodes d'analyses des paramètres physico - chimiques

I.5.1 .Paramètres physiques :

I.5.1.1. La température :

Principe : La température est un facteur important de la vie d'un cours d'eau, qui peut affecter les propriétés de l'eau et même sa qualité (COURT, 1987).

Mode opératoire : La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre et est exprimée en degré Celsius (°C).

I.5.1.2. Matière en suspension (MES) :

Principe : Les Matières en suspension représentent les matières qui ne sont ni à l'état dissous ni à l'état colloïdal, donc filtrables (SATIN et SELIMI, 1995). Elles sont organiques et/ou minérales. Elles peuvent interférer avec la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques.

Mode opératoire : L'analyse de MES permettent de connaître la qualité de matière non dissoute, qu'elles soient organiques ou minérales, présentes dans un échantillon (MOLL, 2008).

- ✓ Poser un papier filtre dans l'étuve à 80°C. Peser le, son poids sera noté m₀.
- ✓ Après cette étape. Mettre le papier dans le Buchner placé dans une fiole à vide. Brancher la fiole à vide dans la pompe à vide.
- ✓ Verser 1 litre d'échantillon dans le filtre, mettre celui-ci dans l'étuve. Retire et peser. Son poids doit être m₁.
- ✓ $(m_1 - m_0) = m$; c'est la masse de la matière en suspension.

I.5.2. Paramètres organoleptiques :

I.5.2.1. Turbidité : (T.I.F.I.B)

Principe : Selon (RESJECK, 2002) ; la turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. Elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques, ...).

Mode opératoire : La mesure est faite avec un spectrophotomètre (RODIER, 1996). Les étapes de la turbidité sont les suivantes :

- ✓ Entrer le numéro de programme mémorisé pour la turbidité. Presser : 750 READ/ENTER l'affichage indique : REGLER à 450nm.
- ✓ Tourner le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique : 450nm.
- ✓ Presser READ/ ENTER l'affichage indique : FTU TURBIDITE.
- ✓ Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'eau distillée.
- ✓ Places le blanc dans le puits de mesure, fermer le capot.
- ✓ Presser : ZERO, l'affichage indique : ATTENDRE puis : 0, FTU TURBIDITE.
- ✓ Verser 25ml d'échantillon dans un autre flacon colorimétrique. Place cet échantillon dans le puits de mesure. Fermer le capot.
- ✓ Presser READ/ENTER l'affichage indique : ATTENDRE puis le résultat en unités de turbidité (FTU) s'affiche.

I.5.3.Paramètres Chimiques :

I.5.3.1.PH :

Principe : Le pH est un paramètre très sensible à divers facteurs environnementaux, il dépend aussi des variations de la température, de la salinité, du taux de CO₂ dissous. Il dépend aussi de la nature géologique du terrain (AZAMI, 1996 in ABOULKACEM et al. 2007).

Mode opératoire : Le PH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H⁺] présent dans l'eau. C'est une mesure qui donne des indications sur l'acidité, basicité et neutralité des eaux grâce à un PH-mètre (HACH). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14(très alcalin) ; le pH doit être compris entre 6 et 9 pour permettre la vie aquatique.

I.5.3.2.Conductivité électrique :

Principe : La plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

Mode opératoire : La mesure de la conductivité permet donc d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau (Agence Nationale d'Aménagement du Territoire, 2003). La conductivité s'exprime en micro siemens par centimètre (µS/cm). On détermine la conductivité directement, en la mesurant, à l'aide d'un instrument approprié (Conductimètre), (REJSEK, 2002).

I.5.3.3.Oxygène dissous(T.I.F.I.B)

Principe : La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

Mode opératoire : L'oxygène dissous est mesuré par la méthode suivante :

- ✓ Entrer le numéro du programme mémorisé pour l'oxygène dissous. Presser : 445 READ/ENTRER l'affichage indique REGLER nm à 535.
- ✓ Tourner le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique : 535 nm.
- ✓ Remplir un flacon colorimétrique avec 25ml d'eau distillée
- ✓ Placer le blanc dans le puits de mesure, fermer le capot.
- ✓ Presser : ZERO, l'affichage indique : ATTENDRE puis : 0Mg /L
- ✓ Verser 25ml d'échantillon dans un autre flacon colorimétrique. Placer cet échantillon dans le puits de mesure. Fermer le capot.
- ✓ Presser READ/ENTER l'affichage indique : ATTENDRE puis le résultat en Mg /L O₂.

I.5.3.4.Mesure de la demande biologique en oxygène (DBO₅) :

Principe : Selon **RESJECK (2002)**, la demande biochimique d'oxygène après 5 jours (DBO₅) de l'échantillon est la quantité d'oxygène consommable par les micro-organismes aérobies présents dans cet échantillon pour l'oxydation biochimique des composés organiques et/ou inorganiques.

Mode opératoire: Pour mesurer la DBO₅, nous avons utilisés un manomètre à mercure consommé pendant la durée d'incubation.

- ✓ Prendre 250 ml d'échantillon ;
- ✓ Ajouter 2 comprimés de KOH ;
- ✓ Fermeture de la chambre de mercure ;
- ✓ Après 30 minutes, la fermeture des bouteilles ;
- ✓ Le suivie est fait pendant 5 jours.

I.5.3.5.Mesure d'azote ammoniacal " NH₄⁺" : (T.I.F.I.B)

Principe : Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammonium qui correspond aux formes ionisées (NH₄⁺) et l'ammoniaque non ionisées (NH₃). L'ammoniaque constitue un des maillons du cycle de l'azote (**AFNOR, 2001**). Dans son état primitif,

l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivants les conditions de pH et T, il se transforme en une forme ionisée (NH_4^+).

Mode opératoire :

La mesure de l'azote ammoniacal est effectuée selon la méthode spectrophotométrique:

- ✓ Entre le numéro de programme mémorisé pour l'azote ammoniacal presser : 380 READ/ENTER l'affichage indique : REGLER à 425 nm.
- ✓ Tourner le bouton de réglage de longueur d'onde jusqu'à ce que l'affichage indique : 425 nm.
- ✓ Presser READ/ENTER l'affichage indique : mg / 1NH_3 Ness.
- ✓ Remplir une éprouvette graduée bouchée (l'échantillon préparé) jusqu'au trait 25 ml avec l'échantillon.
- ✓ Remplir une autre éprouvette graduée bouchée (le blanc) avec 25ml d'eau distillée.
- ✓ Pipeter 1,0ml de réactif Sel de Rochelle dans chaque éprouvette. Boucher et retourner plusieurs fois pour mélanger.
- ✓ Pipeter 1,0 ml de réactive de Nessler dans chaque éprouvette. Boucher et retourner plusieurs fois pour mélanger.
- ✓ Presser Shift Timer une période de réaction de 1 minute commence.
- ✓ Verser chaque solution dans un flacon colorimétrique.
- ✓ Lorsque le minuteur sonne, l'affichage indique : mg / 1N NH_3 Ness.
- ✓ Placer le blanc dans le puits de mesure. Fermer le capot. Placer l'échantillon préparé dans le puits de mesure. Fermer le capot.
- ✓ Presser READ/ENTRER l'affichage indique : attendre puis le résultat en mg /l d'azote ammoniacale (N) s'affiche.

I.5.3.6.Dosage de nitrate (NO_3^-) :

Principe :

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Ils se trouvent naturellement dans les eaux de surface ainsi que dans les eaux souterraines (**REJSEK, 2002**). Les apports excessifs ou mal maîtrisés d'engrais azotés provoquent une augmentation des nitrates, l'activité humaine accélère le processus d'enrichissement des eaux en nitrates.

Mode opératoire :

Le nitrate est mesuré selon la méthode spectrophotométrique :

- ✓ Prendre 10 ml d'eau à analyser ;
- ✓ Ajouter 1ml de salicylate de sodium ;

- ✓ Ajouter 3 gouttes de NaOH ;
- ✓ Mélange et séchage à l'étuve (120°) ;
- ✓ Refroidissement ;
- ✓ Ajouter 2 ml H₂SO₄ ;
- ✓ Ajouter 15 ml tartarate double de Na et k ;
- ✓ Ajouter 15 ml d'eau distillée et mélange ;
- ✓ Prendre 10 ml dans un tube à essai et mesurer l'absorbance à la longueur d'onde 952 nm.

I.5.3.7. Dosage du fer : (T.I.F.I.B)

Principe :

Le fer contenu dans les eaux superficielles, il peut avoir une origine tellurique, mais, le plus souvent, il provient de lessivage de terrains et de pollutions métallurgiques. Il se retrouve de manière plus importante dans les eaux souterraines, car le fer est un des éléments de la croûte terrestre. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrogéologiques.

Mode opératoire :

-Solution A : résoudre 40 g d'acétate d'ammonium et 50 ml d'acide acétique et 50 ml eau distillé.

-Solution B : 20 g hydroxyl ammonium chloride dans 100 ml eau distillé.

-Solution C : 0.5 mg phenanthroline (1/10) chloride monohydrate dans 100 ml eau distillé.

Déterminer le fer : Méthode spectrophotométrie

- ✓ Blanc : [10 ml d'eau distillé + 2 ml Solution A + 1 ml Solution B + 2 ml Solution C dans tube à essai].
- ✓ L'échantillon : [10 ml d'eau analyser + 2 ml Solution A + 1 ml Solution B + 2 ml Solution C dans tube à essai].

-Calcul : lecture directe en mg/l.

I.5.3.8. Dosage des Orthophosphates " PO₄³⁻" :

Principe :

Le phosphate est présent sous différentes formes : le phosphore organique et le phosphore minéral, dérivé de l'acide phosphorique comme les Orthophosphates (PO₄³⁻, H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻). On parle souvent de « phosphate » dans les eaux résiduaires urbaines, ils correspondent en fait aux orthophosphates car l'ion phosphate PO₄, n'existe en solution que pour des pH basiques.

Les orthophosphates proviennent en grande partie désactivâtes domestiques, puis des activités agricoles et industrielles.

Mode opératoire :

Ils sont dosés au laboratoire par spectrométrie et exprimés en mg/l.

- ✓ Prendre 10ml d'eau à analyser ;
- ✓ Ajouter 1ml indicateur de phosphate ;
- ✓ Mesure l'absorbance à la longueur d'onde 950nm.

I.5.3.9. Sulfate " SO₄ " :

Principe :

La forme la plus importante et la plus stable du soufre est le sulfate (**CHAMPIAT& LARPENT, 1988**). Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux sulfureux. La teneur normale est de 5 à 200 mg/l (**RODIER ,2005**). Les teneurs en sulfates sont dosés au laboratoire par la méthode gravimétrique et s'expriment en mg/l.

Mode opératoire :

Les teneurs en sulfates sont dosés au laboratoire par la méthode gravimétrique et s'expriment en mg/l :

- ✓ Introduire 100ml d'eau à analyser dans un bécher.
- ✓ Ajouter 5ml d'acide chlorhydrique à10%, chauffer jusqu'ébullition tumultueuse en agitant constamment pour éviter les projections.
- ✓ Faire tomber goutte à goutte 20ml de solution de chlorure de baryum à10% .Prolonger l'ébullition pendant 10 minutes sans interrompre l'agitation.
- ✓ Laisser reposer et s'assurer par la suite que la précipitation est complète par l'addition d'une petite quantité de chlorure de baryum
- ✓ Décanter le liquide surnagent encore chaud en le laissant écouler le long d'un agitateur au-dessus du filtre sans cendres, lisse et placé sur un entonnoir de jolie
- ✓ Laisser sèche dans un d'étuve puis peser.

I.5.3.10.Chlorure " Cl" :

Principe :

Les chlorure parmi les anions les très réponsus dans la nature, généralement sous forme de « NaCl, KCl on CaCl₂ ». En plus de l'agressivité et de la minéralisation qu'ils confèrent à ces eaux, des taux élevés modifient la saveur de l'eau et contribuent aux dépôts de sels néfastes pour l'agriculture (**LOUNNAS ,2009**). Ainsi, les eaux courantes exemptes de pollution ont une teneur généralement inférieure à 25 mg/l, mais dans certaines régions, la

traversée de marnes salifères peut conduire à des teneurs exceptionnelles de 1000 mg/l (RODIER, 2005).

Mode opératoire :

- ✓ Prendre 5ml d'eau à analyser ;
- ✓ Ajouter 2gouttes de chromato potassium ;
- ✓ Titrer avec nitrate d'argent jusqu'au virage la couleur brin.

Expression des résultats :

$$[\text{Cl}^-] \text{ mg/l} = V_3 * 50,41 \dots\dots\dots(01)$$

V_3 = volume de nitrate d'argent.

I.6. Examen bactériologique

I.6.1. Les germes recherchés

Nous avons effectué pendant notre travail une recherche systématique des germes indicateurs de pollution qui sont :

- les organismes coliformes (coliformes totaux)
- les coliformes fécaux (thermotolérants).
- Escherichia coli.

1-1.Les Coliformes : (Recherche et dénombrement en milieux liquides),

-Présentation de la méthode de NPP :

Principe :

La technique du NPP fait appel à la méthode de fermentation en tubes multiples, au cours de laquelle au moins trois dilutions décimales de l'échantillon sont ensemencées dans des éprouvettes de bouillon et incubées à une température précise, pendant une période donnée, ensuite les résultats sont expliqués selon le tableau de NPP sachant qu'un tube considéré comme positive prenant la valeur de (1) et le tube négative a une valeur de (0).

La technique en milieu liquide de bouillon pourpre de bromocresol à double concentration (BCPL D/C : voir annexe n°02) et simple concentration (BCPL S/C : voir annexe n°02) fait appel à deux tests consécutifs à savoir :

-Le test de présomption : Réservé à la recherche des coliformes totaux.

-Le test de confirmation : Encore appelé test de Mac Kenzie et réservé à la recherche des coliformes fécaux à partir des tubes positifs du test de présomption.

-Test de présomption :

A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement : 3 fois 10 ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL D/C muni d'une cloche de Durham 3 fois 1 ml dans 3 tubes contenant

10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham. 3 fois 0.1ml dans 3 tubes contenant 10 ml de milieu BCPL S/C muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

-Incubation : Se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

-Lecture : Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois : un dégagement gazeux (supérieur au 1/10 de la hauteur de la cloche). Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu).

Ces deux caractères étant témoins de la fermentation du lactose dans les conditions opératoires décrites. La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du nombre le plus probable (NPP).



(-) négatif



(+) positif

Photos.3.8: Coliformes totaux à 37°C par méthode NPP sur milieu BCPL.

-Test de confirmation ou test de Mac Kenzie :

Le test de confirmation ou test de Mac Kenzie est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence *d'Escherichia coli*. Les coliformes thermotolérants ont les mêmes propriétés de fermentation que les coliformes mais à 44 °C. Les tubes de BCPL trouvés positifs lors du dénombrement des coliformes totaux feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'un ose bouclé dans un tube contenant le milieu Schubert (voir annexe n°02) muni d'une cloche de Durham.

Chasser le gaz présent éventuellement dans les Cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum.

-Incubation : Se fait à 44 °C pendant 24 heures.

-Lecture: Sont considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois:

Un dégagement gazeux, un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovac (voir annexe n°02).

-La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la tableau du NPP en tenant compte du fait qu'*Escherichia coli* est à la fois productrice de gaz et d'indole à 44°C.

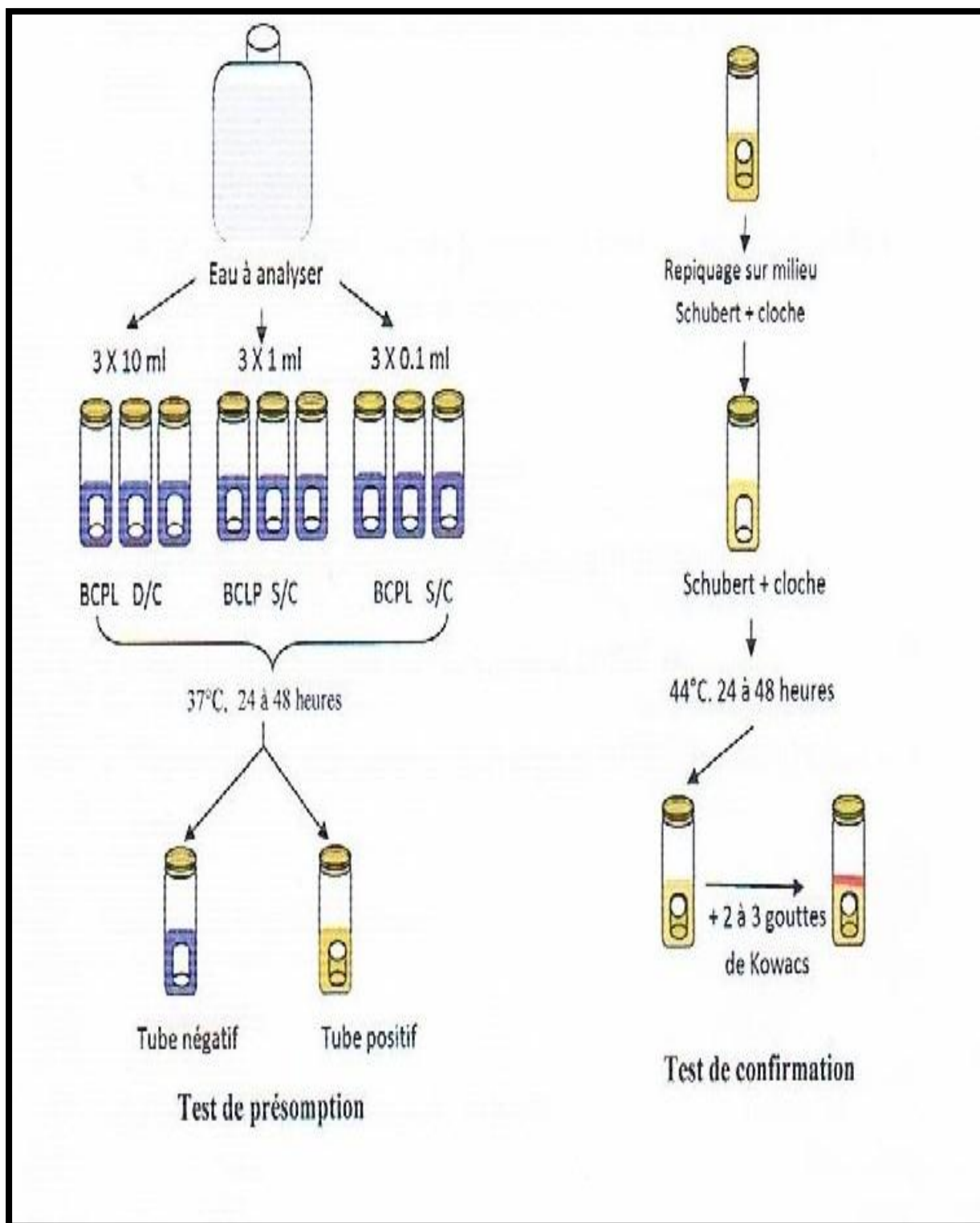


Figure.3.8 : Recherche et dénombrements des coliformes totaux et fécaux dans l'eau du drainage.

Introduction :

Au cours de notre étude, nous avons mesuré certains paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Le choix a été imposé par le servisse du laboratoire physicochimie du laboratoire de T.I.F.I.B (ex SONITEX) et du laboratoire du département des sciences de la nature et de la vie (campus d'El-Hadjeb).

Les protocoles de toutes les méthodes utilisées durant cette étude (physique et chimique) et bactériologie de l'eau de drainage sont mentionnés ci-après en en matériels et méthodes.

I-Présentation des résultats :

Nos résultats sont représentés dans les tableaux qui suivent :

Tableau.4.6 : résultats des analyses physico-chimiques (électrochimie).

Région	Nature de l'échantillon	Date de l'analyse	Electrochimie			
			T°	pH	COND	DBO ₅
			°C	/	µS/cm	mg/l
Ben Thiouss	Eau de drainage	28 /4/2014	24,4	8,5	3280	25

Tableau.4.7 : résultats des analyses physico-chimiques (Spectrophotométrie).

Région	Nature de l'échantillon	Date de l'analyse	Spectrophotométrie					
			Fer	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Turb	O ₂ D	PO ₄ ⁻
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	Mg/l	mg/l
Ben Thiouss	Eau de drainage	28/4/2014	0,33	11,35	3.2	23	0,7	20,15

Tableau.4.8 : résultats des analyses physico-chimiques (Volumétrie).

Région	Nature d'échantillon	Date de l'analyse	Volumétrie		
			So ₄ ⁻	Cl ⁻	MES
			mg/l	mg/l	mg/l
Ben Thiouss	Eau de drainage	28/4/2014	1604,85	187	21

Tableau.4.9 : résultats des analyses microbiologiques.

Région	Nature d'échantillon	Date de l'analyse	C.T	C.F	E. coli
			G/100l	G/100ml	G/100ml
Ben Thiouss	Eau de drainage	4 /4/2014	460	20	Présence

C.F: coliformes fécaux

C.T : coliformes totaux

E. coli : Escherichia coli.

II : Discussion

2-1. Discussion des Résultats des analyses physico-chimiques :

I.2.1.PH :

Le pH d'une eau est dû à la concentration de cette eau en ions H^+ ou H^- une eau équilibrée aura un pH neutre de 7. Des variations trop élevées du PH par rapport à cette valeur moyenne de 7 constitue une pollution. Des eaux dont le pH présente de grands écarts par rapport à la neutralité est polluée (LOUNNAS, 2009).

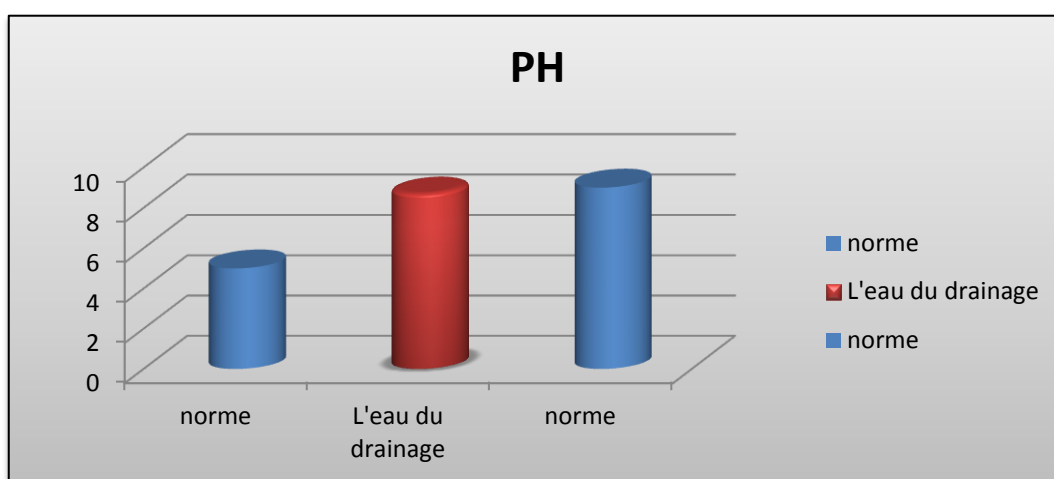


Figure.4.9 : Classement des eaux de drainage selon la PH.

Selon la classification faite par NISBET & VERNEAUX (1970) in ARRIGNON (1982) (tableau10, en annexe n°01). Les eaux du drainage étudié peuvent être considérées comme étant des eaux à alcalinité moyenne, c'est-à-dire une eau close. Les eaux de drainage chargés d'un effluent urbain présentent un caractère alcalin, d'ordre 8,7.

Des valeurs de pH se situant entre 6,5 et 9 sont généralement compatibles avec le niveau de tolérance de la plupart des organismes aquatiques (HADE, 2002).

I.2.2. Température

La température est considérée comme un facteur écologique qui intervient dans la composition de la faune (ZOUAKH, 1995). Ainsi, dans les milieux humides chargés en eaux polluées, une augmentation de la température se traduit par une augmentation de l'activité biologique avec réduction du temps de génération, (MEINCK et al., 1977 ; et SACHON, 1980).

La température enregistrée au cours d'eau étudié est classée comme une eau de qualité minimum (voir fig.4.10).

En fin tous les processus vitaux sont affectés par la température (**FARRELL et ROSE, 1967**); chaque souche microbienne est caractérisée par une température optimale de croissance et par un intervalle entre un minimum et un maximum en dehors duquel sa croissance est difficile, voire impossible.

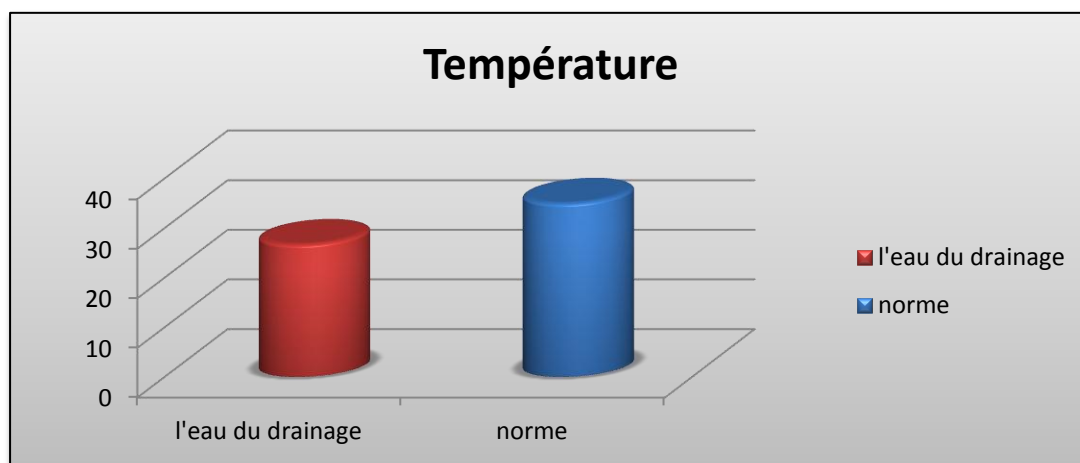


Figure.4.10 : classement des eaux du drainage selon la température.

I.2.3. Conductivité électrique :

La conductivité électrique nous renseigne sur la minéralisation des eaux, car il existe une relation entre la teneur en sels dissous d'une eau et sa conductivité (**RODIER, 1984**). La minéralisation correspond à la totalité des sels dissous contenus dans l'eau.

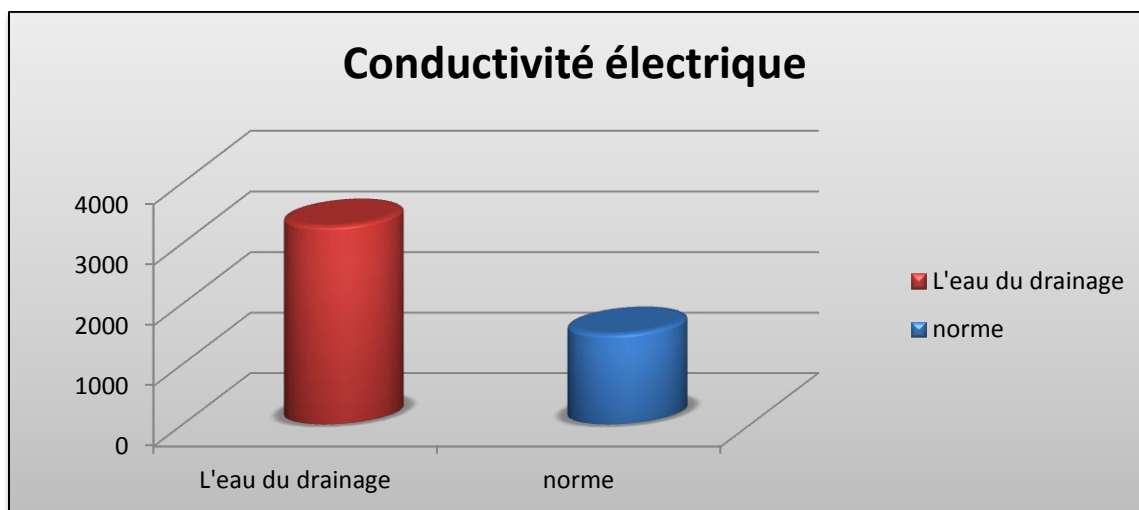


Figure.4. 11: classement des eaux du drainage selon la conductivité électrique.

Nous l'avons déterminé à partir de la conductivité des échantillons prélevés. Les valeurs mesurées de la conductivité indiquent une minéralisation élevée car elles sont supérieures à 1000 ps/cm (**RODIER, 2005**).

La teneur de la conductivité électrique enregistrée au cours d'eau étudié est élevée (fig.4.11), elle est au fait supérieure à $1000\mu\text{s}/\text{cm}$. Cette forte minéralisation des eaux est liée principale à la nature essentiellement calcaire ou marneuse des terrains des bassins versants.

Les normes de NISBET ET VERNEAUX, 1970 (in ARRIGNON, 1982) (tableau n°11, en annexe1) indique que si l'eau de drainage possède des eaux à minéralisation élevée, cela consiste à dégrader la matière organique complexe et la transformer en composés minéraux simples (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) et de gaz (H_2S , CH_4 , NH_3 , ...etc.) et H_2O , ce qui engendre l'augmentation de la conductivité électrique.

I.2.5.Turbidité :

La turbidité est une caractéristique qui exprime le degré de « trouble » d'un liquide. C'est l'inverse de la transparence (HADE, 2007). La turbidité est due à la présence de matières en suspension entraînées dans les eaux. L'augmentation de la turbidité des eaux, la présence de nitrate, phosphates ou produits phytosanitaires dans les eaux superficielles ou les nappes (CHRISTIAN le COZ, BRUNO TASSIN et DANIEL THEVENOT, 1995).

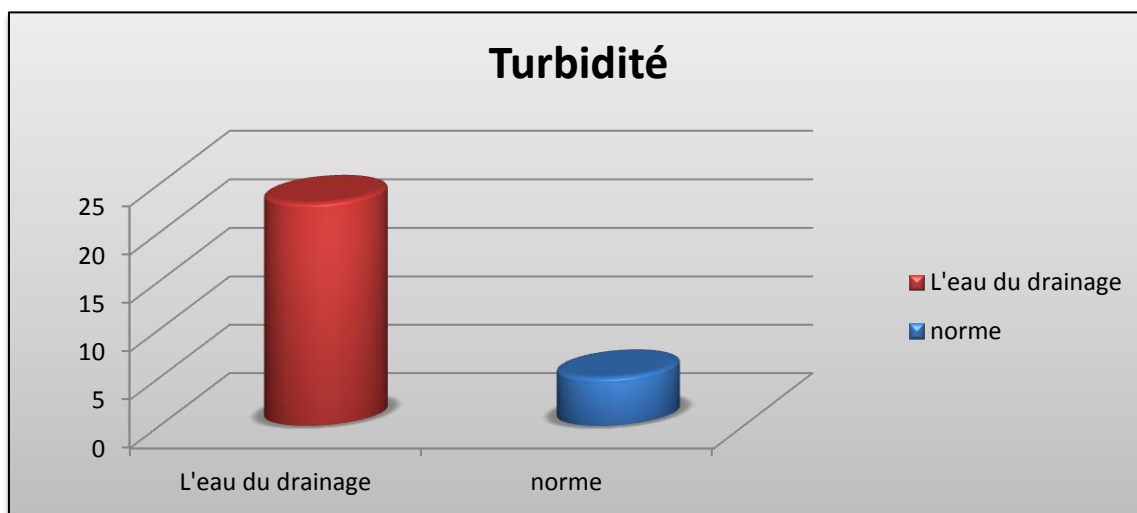


Figure.4.12 : classement des eaux de drainage selon la turbidité.

Les valeurs obtenues dans notre étude sont interprétées graphiquement dans la (fig.4.12). Si une turbidité forte durant l'étude du milieu récepteur est souvent signe d'une pollution, elle peut être également naturelle, du fait du développement de phytoplancton qui participe au processus épuratoire (REJSEK, 2002).

I.2.6. Matière en suspension (MES) :

La pollution particulaire est due à la présence de particules minérales ou organiques de grande taille; supérieure à 10 μm , en suspension dans l'eau. Ces matières en suspension représentent l'un des paramètres globaux de pollution.

Les MES peuvent entraîner des perturbations de l'écosystème par une diminution de la clarté de l'eau, limitant la photosynthèse végétale par le dépôt et l'envasement. Les dépôts dans les zones inférieures sont susceptibles d'entraîner le développement de bactéries anaérobies, avec les conséquences habituelles : fermentation, production de composés acides et d'odeur nauséabondes.

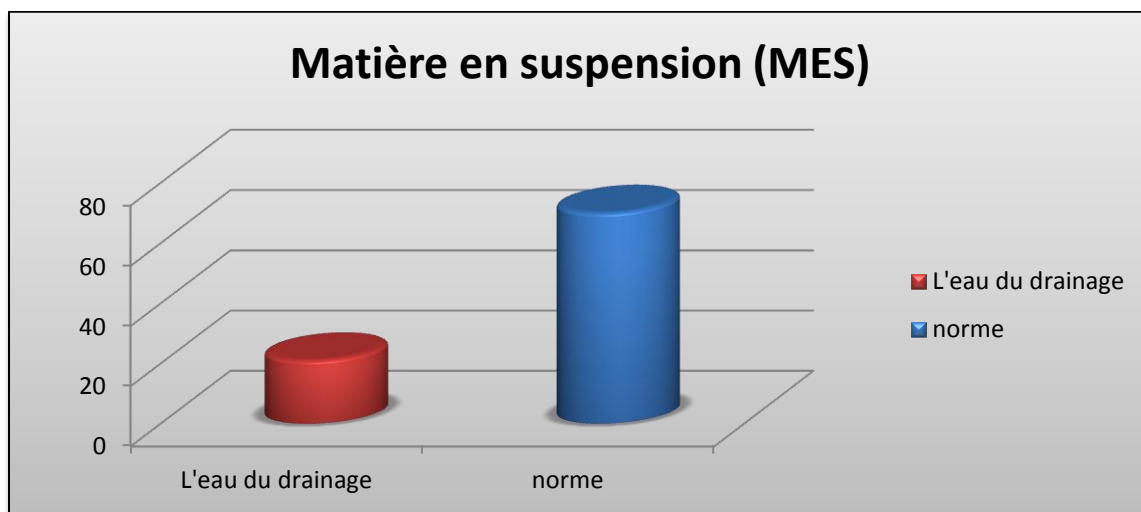


Figure.4.13 : classement des eaux du drainage selon le MES.

La mesure des MES (Figure ci-avant) montre qu'il y ait une teneur moyenne en MES, la taille de ces particules que nous avons trouvés est de 21mg/l. La pollution particulaire de la zone d'étude est à l'origine de dépôt des matières de la charge des rejets urbains dans le milieu récepteur.

Cependant, il est à signaler que les services hydrauliques indiquent que des problèmes d'entretien dû à la forte teneur en MES des eaux de drainage provoquant un colmatage des canalisations et des pompes.

I.2.7. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et la flore. Il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques (REJSEK, 2002).

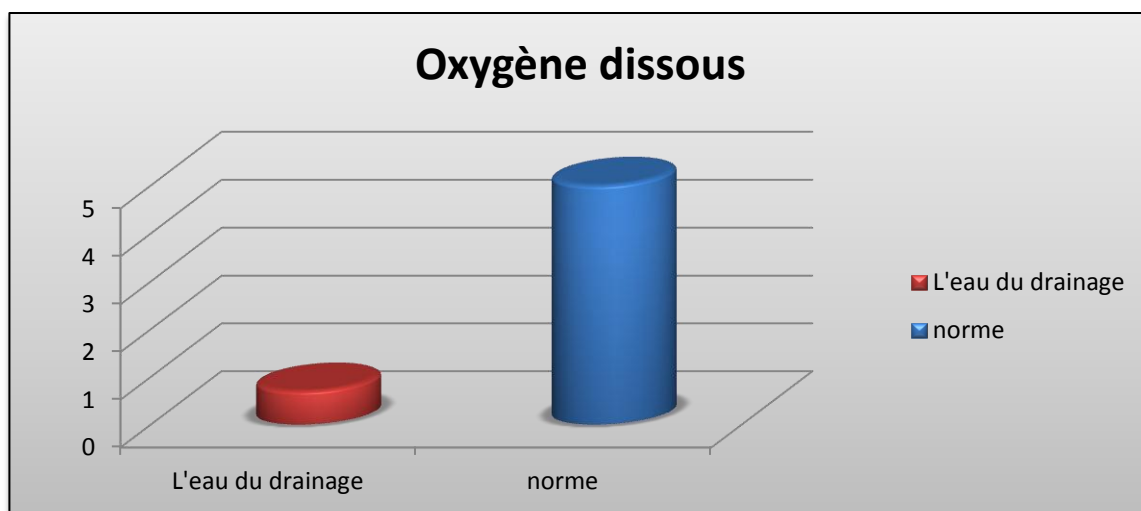


Figure.4.14 : Classement des eaux de drainage selon l'O₂ dissous.

Les valeurs obtenues dans notre étude sont interprétées graphiquement dans la (fig.4.22) précédente ont atteint une faible valeur de 0,7mg/l d'O₂ dissous, cette valeur permet un classement des eaux du drainage en eau de très mauvaise qualité.

Un déficit en O₂ dans l'eau peut être observé, du fait d'une forte utilisation d'O₂ nécessaire à la respiration de nombreux organismes végétaux et bactéries.

I.2.8 : Eléments chimiques majeurs

8.1. Les sulfates (SO₄⁻) :

La concentration en ion sulfate des eaux naturelles est très variable dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevé. Les sulfates peuvent atteindre les 300mg/l (**RODIER ,1984**).

Selon le journal officiel, les teneurs en sulfates sont variées entre un taux de 200 et 400mg/l. Les sulfates peuvent être d'origine anthropique par l'usage d'engrais ou de produits phytosanitaires dans l'agriculture. Ils sont également indicateurs d'une pollution par des eaux usées. Heureusement, les sels de chlorure et de sulfate sont rapidement solubles. Ils peuvent donc être lessivés dans les sols qui se drainent bien.

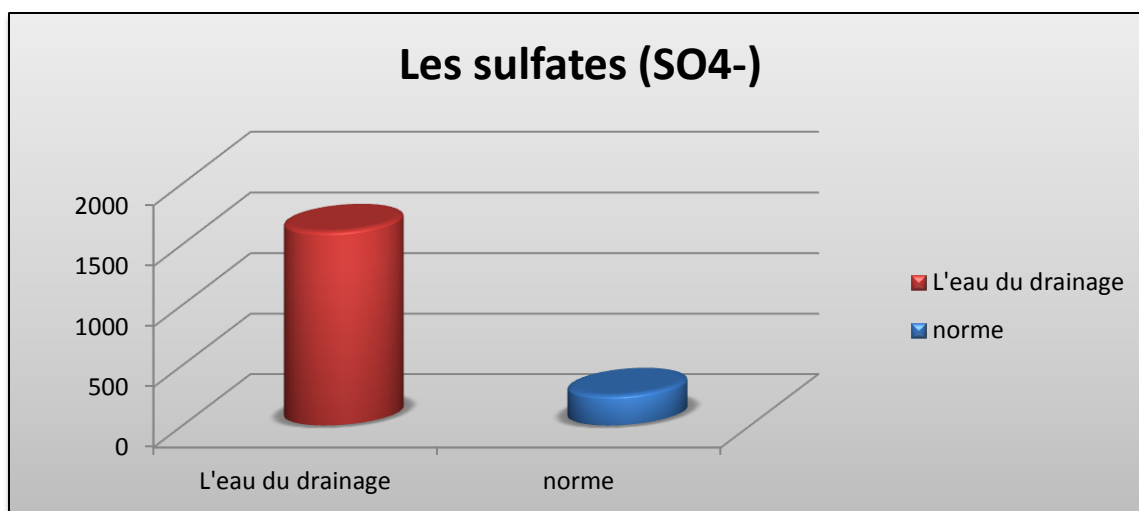


Figure.4.15 : Classement les eaux du drainage selon le sulfate (SO₄⁻).

D'après les normes de NISBET et VERNEAUX ,1970 (in ARRIGNON, 1982) (voir tableau n°12 de l'annexe1), les sulfates du cours d'eau étudié sont des eaux très séléniteuses ou fortement polluées. L'épandage d'engrais sur les terrains agricoles ajouté à la proximité du sol des surfaces piézoélectriques, ainsi que les rejets des eaux usées déversées directement dans le drainage, sont principalement à l'origine de cet état de fait.

8.2. Les chlorures (Cl⁻) :

Le chlorure est un sel non toxique très répandu dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium, des potassiums et de calcium (MEC ,2003).La tenue des ions chlorures dépend fortement de la nature géologique et de l'origine du sol (RODIER ,1996).

Les hautes valeurs sont liées principalement à la nature des terrains traversée (nature de bassin versant), et au lessivage superficiel en cas de forte pluies et aux eaux usées urbaines et industrielles (HOUMEL, 2001). Les ions chlorures sont très répandus dans l'eau, généralement sous forme de « NaCl », « KCl », ou « CaCl₂ ».

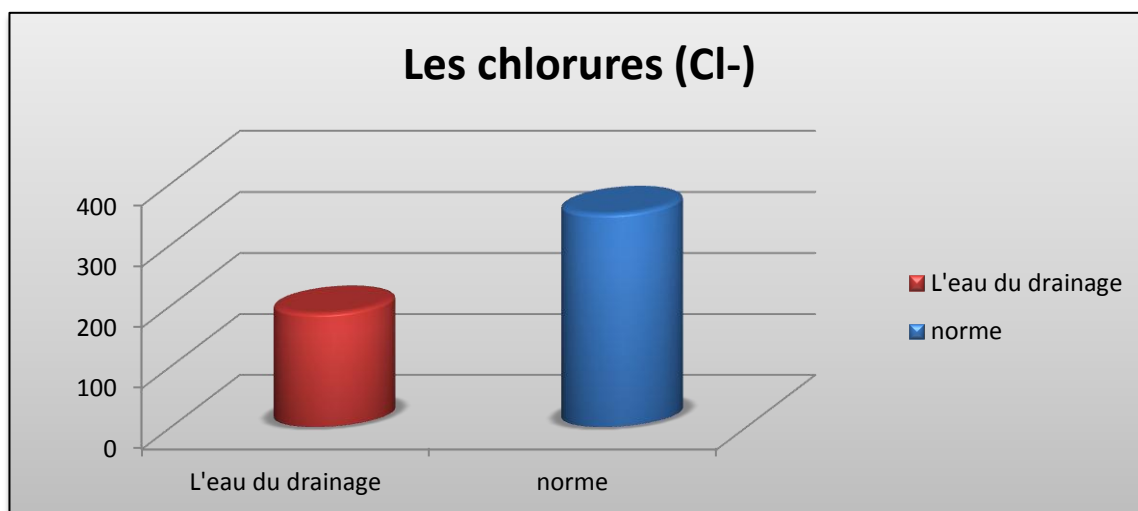


Figure.4.16 : Classement les eaux du drainage selon le chlorure (Cl⁻).

D'après les classes proposées par NISBET et VERNEAUX, 1970 in ARRIGNON, 1982), nous concluons que les eaux du drainage sont plus ou moins polluées, généralement variables autour d'une valeur élevée de 187mg/l par rapport à la norme.

Les chlorures présents dans l'eau peuvent avoir plusieurs origines :

- ✓ Percolation de l'eau à travers des terrains salés ;
- ✓ Rejets humains, en particulier d'urine (le salage des aliments constitue la principale source d'apport des chlorures chez l'homme).

Les ions chlorures sont susceptibles de provoquer des problèmes de corrosion dans les canalisations (réseau de drainage) en particulier les éléments en acier inoxydable, pour lesquels les risques s'accroissent à partir de 50 mg/l (**REJSEK, 2002**).

I.2.9. Les éléments indicateurs de pollution agricole

9.1. Répartition des Nitrates (NO₃):

Toutes les formes d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrite, etc.) sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Les nitrates n'ont pas d'effets toxiques directs (sauf à des doses élevées de plusieurs dizaines de grammes), le fait qu'ils puissent donner naissance à des nitrites conduit à une toxicité indirecte (**RODIER, 1984**).

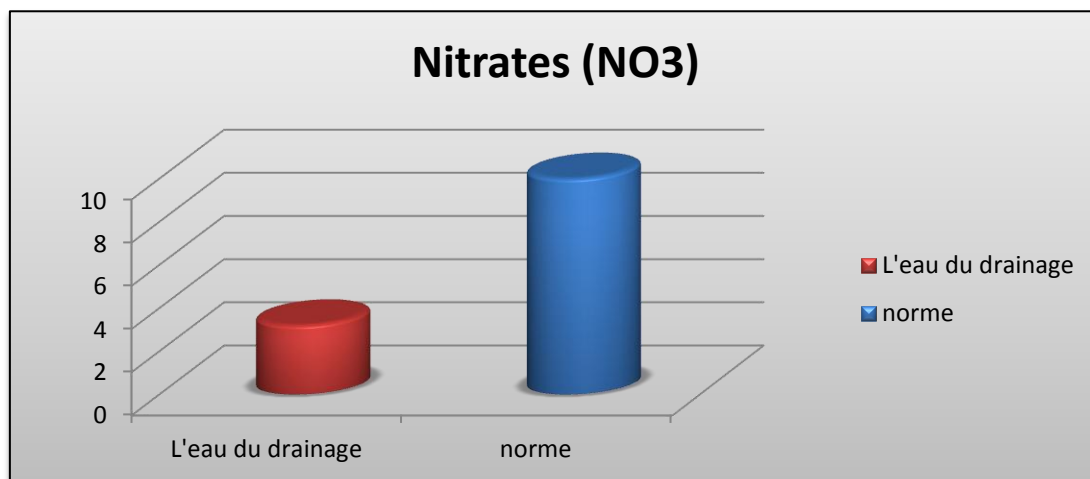


Figure.4.17 : Classement les eaux du drainage selon le nitrate (NO_3^-).

La valeur enregistré au cours d'eau étudié ne peut être considéré minium pollué puisque le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire (**JORADP, 2006**) admet des concentrations élevées jusqu'à 50mg/l.

Les nitrates peuvent avoir pour origine :

- L'utilisation des engrais chimiques par l'agriculture ;
- La transformation de l'ammonium en nitrate en présence de l'oxygène.

9.2. Répartition de l'azote ammoniacal (NH_4^+) :

L'azote ammoniacal se présente sous la forme toxique NH_4^+ . Sa présence dans les eaux traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine, rejets industriels, engrais, etc. (**RODIER, 1984**).

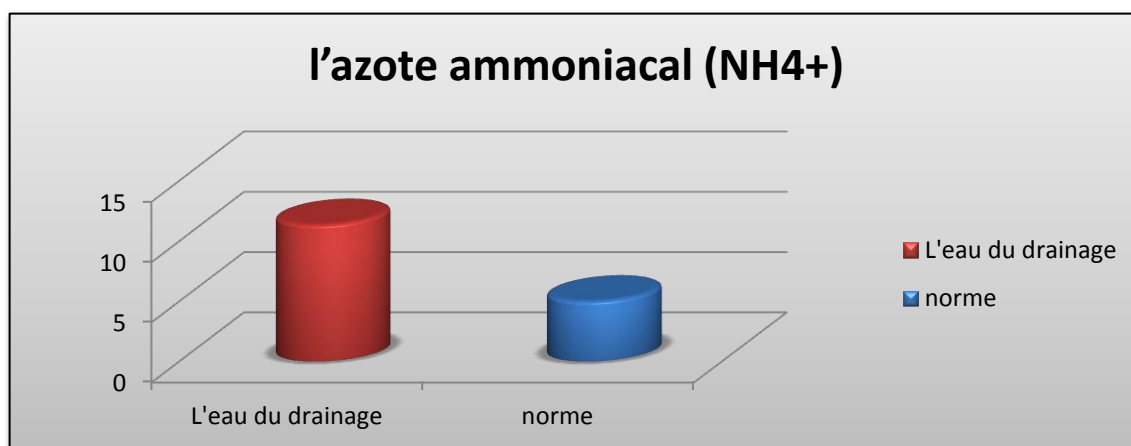


Figure.4.18 : Classement les eaux du drainage selon l'azote ammoniacal (NH_4^+).

Une seule campagne qui était le sujet d'une analyse de l'azote ammoniacal montre que les concentrations sont très fortes et dépassent la norme (0-5mg/l). Les résultats trouvés sont très élevés, soit 11,35mg/l d'azote ammoniacal, ce qui classe les eaux du drainage comme eau de très mauvaise qualité.

9.3. Répartition des Orthophosphates " Po_4^{-3} " :

Les phosphates proviennent soit de la décomposition de la matière organique soit du lessivage des terres agricoles (KHALAF et al, 2009). Les phosphates sont des éléments dont l'excès entraîne des perturbations dans la vie d'un cours d'eau, ils sont indicateurs de l'eutrophisation des cours d'eau (LAMY, 1995).

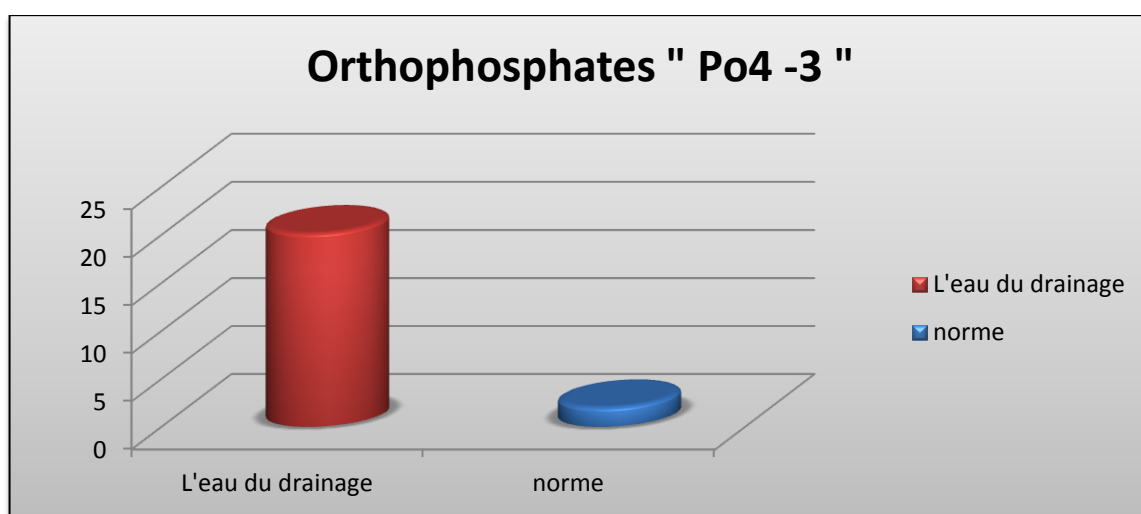


Figure.4.19 : Classement les eaux du drainage selon l'orthophosphate.

L'examen du graphe, montre que les plus fortes valeurs (20,15mg/l) notamment en liaison avec les rejets de la zone urbaine. Dans cette zone on rencontre des valeurs qui dépassent la norme (0-2 mg/l). Toutes les valeurs supérieures à 0,5 mg/l constituent un indice de pollution (RODIER, 2005).

Les rapports de phosphore se font essentiellement par les eaux usées rejetées, provenant en majorité des produits nettoyants. Le métabolisme humain rejette du phosphore par les urines pour 30 à 50% du phosphore totale (REJSEK, 2002). Les flux de phosphore ont été fortement accrus par l'utilisation massive d'engrais phosphaté qui, par lessivage peuvent rejoindre des eaux.

I.2.10. Les éléments indicateurs de pollution anthropique

10.1. La demande biochimique en oxygène en cinq jours (DBO₅) :

La teneur en O₂ diminue en raison de sa consommation accrue par les êtres vivants (respiration des plantes) et les bactéries qui se multiplient en utilisant le carbone organique comme source d'énergie, ce qui se traduit par une demande biochimique importante d'O₂ (DBO important), c'est un phénomène d'autoépuration naturelle dans les eaux (**RODIER, 2005**). Il est admis qu'une DBO₅ supérieure à 25mg/l peut être considérée l'un des critères d'estimation de la qualité d'une eau polluée (**BEAUX, 1998**).

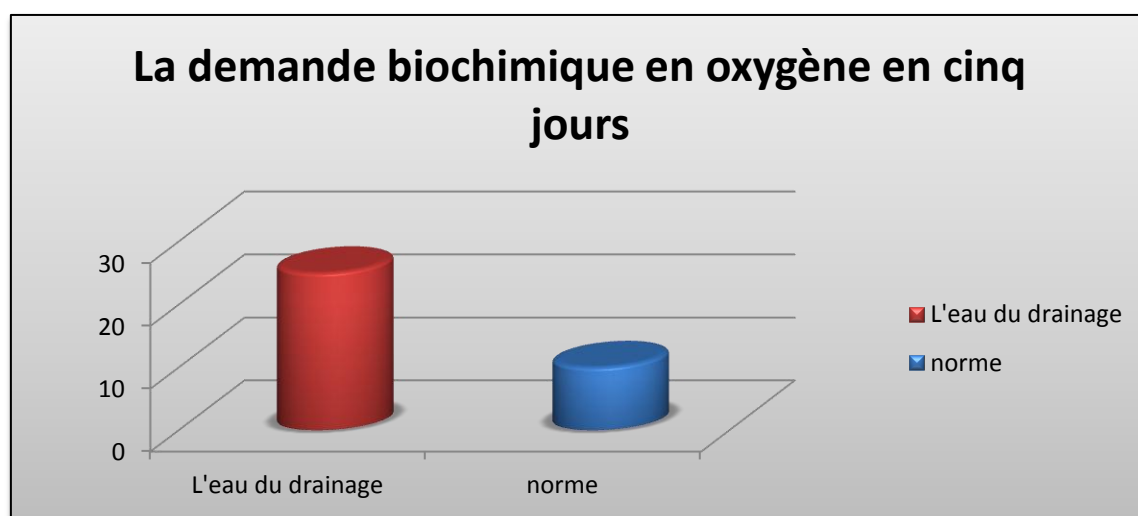


Figure.4.20 : Classement les eaux du drainage selon la DBO₅.

La teneur de la DBO₅ des eaux du drainage est un 25 mg/l, elle peut être classée comme une eau de très mauvaise qualité. La figure précédente représente la quantité d'O₂ nécessaire aux microorganismes pour oxyder (dégrader) l'ensemble de la matière organique carboné d'un échantillon d'eau maintenu à 25 C°, à l'obscurité, pendant 5 jours.

I.2.11. Impact de la décharge sur les eaux souterraines :

-cas des éléments traces métalliques (ETM)

11.1. Répartition du Fer (Fe⁺⁺) :

Le fer est un élément lourd, toxique, il peut avoir une origine naturelle ou une origine industrielle.

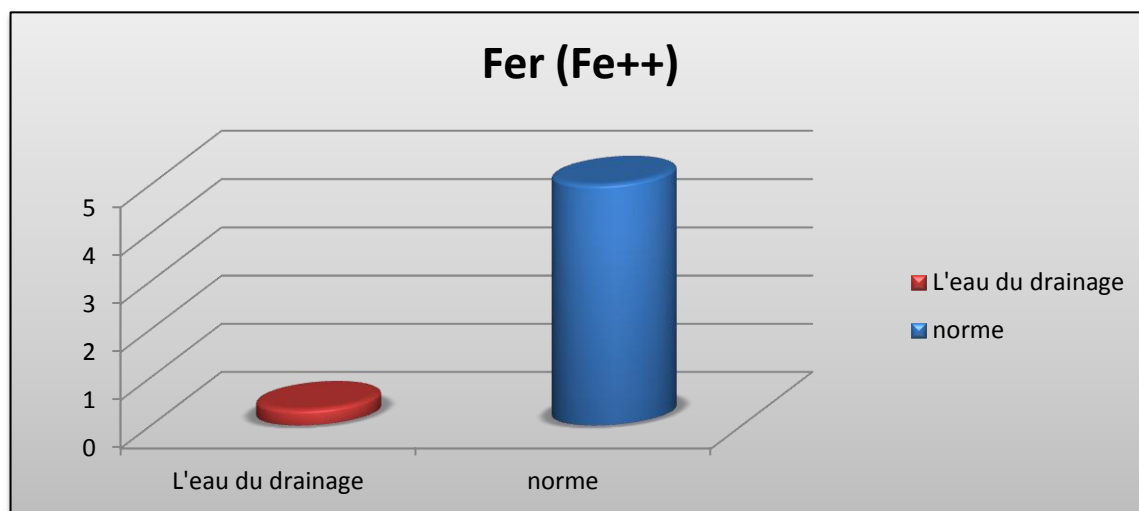


Figure.4.21 : Classement les eaux du drainage selon le fer (Fe⁺⁺).

Au vue des résultats d'analyse hydrochimique, la concentration de Fer ne dépasse pas les normes d'irrigation.

Le fer est présent dans l'eau avec une concentration très faible, pouvant augmenter suite à la lixiviation des terrains riches en fer ou à cause d'une pollution industrielle. Le fer se trouve dans l'eau sous une forme dissoute ou en solution colloïdale.

2.2. Discussion des résultats des analyses bactériologiques :

L'eau ne doit contenir ni microbe, ni bactérie pathologique, ni virus qui pourraient entraîner une contamination bactériologique et être la cause d'une épidémie, coliformes fécaux, elle ne peut pas en général se reproduire dans les milieux aquatiques, leur présence dans l'eau indique une pollution fécale récente.

Contenir dans le cas d'une eau traitée des coliformes totaux et fécaux, qui constituent des indicateurs de pollution par les matières fécales. Les deux groupes de micro-organismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux.

2.1. Les coliformes totaux :

Les coliformes totaux sont considérés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale, on a remarqué que la moyenne des coliformes totaux de l'eau de surface est égale à 460 germe/100ml.

2.2. Les coliformes fécaux :

Les coliformes thermo-tolérants sont des bactéries habituelles du tube digestif de l'homme et des animaux. Sa détection dans l'eau doit faire sérieusement soupçonner une contamination d'origine fécale, On remarque que la moyenne des coliformes thermo-tolérants de l'eau de surface est égale à 20 germes/100ml. L'augmentation significative de taux des coliformes thermo-tolérants causée le plus souvent par l'écoulement des oueds qui alimentent du drainage ramassant au cours de leurs trajet des nouvelles charges microbiennes.

2.3. Escherichia coli :

E. coli est une bactérie qui fait partie du groupe des coliformes totaux et constitue le seul membre de ce groupe que l'on trouve exclusivement dans les matières fécales des humains et des animaux. Sa présence dans l'eau indique une contamination récente par des matières fécales.

Nous avons remarqué que le taux d'Escherichia coli une présence significative du taux d'Escherichia coli causée le plus souvent par de nouvelles charges microbiennes (la matière fécale des animaux).

Conclusion générale

La qualité de l'eau est un paramètre important qui touche à tous les aspects du bien-être des écosystèmes et de l'homme tels que la santé d'une communauté, les denrées alimentaires à produire, les activités économiques, la santé des écosystèmes et la biodiversité. La qualité de l'eau est déterminée par l'utilisation finale qui en est souhaitée. Les aspects physiques, chimiques et biologiques qui respectent les normes, constituent les caractéristiques essentielles d'une eau de qualité.

Au terme de notre étude, nous avons analysé les qualités physico-chimique et bactériologique des eaux du drainage de la région d'Ourlal, connue particulièrement par sa palmeraie. Cette dernière nécessitent des apports d'eau pour mener à bien l'agriculture oasienne, mais par manque de cette ressource rare, les agriculteurs de cette région réutilisent les eaux de drainage qui proviennent de la commune de Bouchegroun et Tolga et qui passent par leur verger pour atteindre l'oued djedi. Par une simple observation des drains, tout un chacun s'aperçoit qu'il s'agit d'une eau polluée.

Alors, la mesure des paramètres physico-chimique confirme la présence d'une pollution relativement intense qui se traduit par une importante charge minérale (chlorure et sulfate) avec une forte conductivité en plus d'une charge organique modérée et une charge organique azotée modérée de notre échantillon (nitrates, orthophosphate et azote ammoniacal). L'analyse bactériologique de l'eau du drainage indique qu'elle renferme une charge importante de germes coliformes contaminants.

A partir des résultats obtenus, la qualité des eaux du drainage appartient à la classe de : « qualité mauvaise ». Différentes causes sont à l'origine de l'altération de la qualité de cette eau : la charge organique élevée en raison de la présence des rejets d'eaux usées, présence des microorganismes indicateurs de pollution, des déchets chargés de nutriments, par exemple : nitrate et phosphate, due essentiellement au retour des eaux d'irrigation chargées par des apports élevés d'engrais phosphatés en particulier, mais aussi des engrais azotés qui dépassent les normes. On a pu constater une pollution engendrée par des produits chimiques de synthèse (produits phytosanitaires).

A partir de ces résultats et afin de préserver la santé humaine et animale et pour protéger notre environnement, la recherche de nouvelle bonne pratique agricole notamment celles qui utilisent une eau saine, oblige par voie de conséquence l'intervention de la force publique afin de traiter au préalable cette eau et contrôler en même temps l'utilisation en excès des engrais et des produits phytosanitaires en amont et en aval de cette région.

Références bibliographiques

- ARRIGONON J, 1982.** Aménagement piscicole des eaux douces, 3^{ème} Edition, Lavoisier, France, 340p.
- AWAB, 2007.** Les fonctions reconnues à l'agriculture intra et périurbaine (AIPU) dans ce contexte dakarois, caractérisation, analyse et diagnostic de durabilité de cette agriculture en vue de son intégration dans le projet urbain de Dakar (Sénégal). Thèse de doctorat, Université CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR. Sénégal.
- AZZAOUI S, 1999.** Les métaux lourds dans le bassin versant du Sebdo: Géochimie, sources de pollution et impact sur la qualité des eaux de surface. Thèse de Doctorat es sciences, Université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc.
- BADRAOUI M., AGBANI M., SOUDI B, 1997.** Evolution de la qualité des sols sous mise en valeur intensive au Maroc. Symposium International sur « les perspectives du développement agricole durable sur la rive sud de la Méditerranée », 100^e anniversaire de l'INAT, Tunisie, 10-12 Nov. 1997.
- BADRAOUI M., CHOURAICHI M., ESSAFI B., BELLOUTI A., CHERKAOUI F, 2001.** Impacts de l'irrigation sur la qualité des sols et des eaux dans le Tadla, salinisation. Rapport 2 du projet PGRE, IAV Hassan II/ORMVAT/AGR-SEEN.
- BEAUX J-F, 1998.** L'environnement : Repères pratiques, Nathan, France, 160p.
- BEN ABDELHAMID F, 2010.** Situation des installations classées pour la protection de l'environnement (cas du Eurl ava Algérie). Université Kasdi Merbah, Ouargla. Algérie. p-p 13-14.
- BENSLIMANE R, 2001.** Contribution à l'étude des eaux résiduaires de la ville de Skikda et sa périphérie. Mém. Ing. Eco et Env. Patho. des écosystèmes. Université d'Annaba 95p.
- BENTOUATI L. et BOUZIDI A, 2011.** Etude de la qualité des eaux souterraines de la wilaya de Sétif, Science Lib. Edition Mersenne, Vol 3, n°111207, p-p 1-10.
- BOUDJELAL et DJOUDI, 2003.** Pollution de l'oued Bousellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Mém. Ing. Eco et Env. Patho des écosystèmes. Université de Sétif, 112p.
- BOUZID A, 2003.** Bio-écologie des oiseaux d'eau dans les chotts d'Ain El- Beida et d'Oum Erraneb (région d'Ouargla). Thèse de Magistère, Inst. Nati. Agro., El-Harrach 136p.
- BERNARD D. 2004.** Agriculture et environnement, le choix de l'agriculture biologique. Université de Pau. France 22p.

- CARNEVALE ESTELLE ., FREI ANNA., GARCIA DANIEL., COPPEL GREGORY, 2006.** La qualité de l'eau : Impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitations. Haute école de gestion de Genève.
- CARLUER et al, 1996.** Traité d'irrigation.
- CHAMPIAT D& LARPENT J, 1988.** Biologie des eaux, Model et technique. Edition, Masson 374.
- CHEVERRY C., 1998.** Agriculture intensive et qualité des eaux. INRA Editions, Paris.
- CHRISTIAN N. ALAIN R, 2008.** Déchets, effluents et pollution. 2^e édition, Dunod. Paris.
- CHRISTIAN N., ALAIN R. (2004).** Déchets et pollution. Dunod, Paris.
- CIRAD G, 2009.** Mémento de l'agronome. Edition Quae, Paris. p-p13, 20.
- CLAIRE S. 2003.** Approche Coût-Efficacité des politiques agri-environnementales : Impact des critères d'éligibilité des exploitations agricoles. Thèse de Doctorat en sciences économiques. Université Montesquieu-Bordeaux.
- CLOUS B., ROBERT P. 2001.** Chimie de l'environnement. De Boeck université Bruxelles.
- COURT, 1987.** Le coût économique et social de la pollution de l'eau. 190p.
- DAB., FRITSCH et SAINT BLANCAT, 1985,** Traité d'irrigation.
- DEBBARH A, 1999.** Evaluation du Plan d'Action et de Suivi de l'Environnement en Hydraulique Agricole : Priorités d'action (PHASE 2, 1999-2002) ; MAMVA/AGR - Banque Mondiale – p-p 2.
- EL AMRANI M, CHATTOU Z. 2002.** Attitudes et comportements des agricultures en matière de gestion des eaux d'irrigation: cas des réserves hydriques souterraines dans la région de Sais. Conférence internationale sur les politiques d'irrigation. AMECO et ANAFID d'Agadir 15 et 17 Juin 2002.
- EUGENE ANGELIER, 2000.** Ecologie des eaux courantes. ISBN. Professeur émérite à l'université Paul Sabatier-Toulouse III. Paris. p-p11.12.162.177.
- FAO, 1996.** Irrigation and drainage, paper n°55.
- FAO, 1995.** Irrigation and drainage, paper n°53. Environmental impact assessment of irrigation and drainage projects.
- FAO, 1987.** Bulletin FAO d'irrigation et de drainage n° 42, Consultation sur l'irrigation en Afrique.
- FAO, Water at a Glance.** http://www.fao.org/ag/agl/aglw/WaterTour/index-t_en.htm
- FARRELL J. et ROSE A.H, 1967.** Temperature effects on microorganismes, In « thermobiology » Ed. academic press.

- FATHI H., 1995.** Résidus de pesticides organochlorés chez des organismes aquatiques en provenance de quatre oueds marocains: Sebou, Bouregreg et Oum-Erabia. Thèse de Doctorat Vétérinaire, Institut Agro-Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- FORBES V E, T L 1997.** Ecotoxicologie théorie et application. INRA. Paris. 262p.
- GAID A., 1992.** L'Eutrophisation des lacs et Barrages, Eaux et Sols d'Algérie, ANRH, p-p. 72-82.
- HADE A. 2007.** Nos lacs : Les connaître pour mieux les protéger. Edition Fides. Bibliothèque nationale du Québec. Canada. 360p.
- HOUMEL A., 2001.** Etude physico-chimique et dynamique du peuplement zoo planctonique, Etude du cycle nyctéméral du lac d'El Goléa et essai de fécondation artificiel chez un cypriniscarpio. Mémoire d'ingénieur, U.S.T.H.B, Alger 101p.
- JAMES D., REGIS F., PHILIPPE G., JEAN-LOUIS R. et GUY S, 2005.** Indicateurs pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides. Lavoisier. 11p.
- KEDDAL H ET YAO N, (2007).** Impacts de l'intensification Agricole sur la qualité des eaux de surface et eaux souterraines. Revue HTE n°138.Sep-Déc.P17.
- KHALAF G., SLIM K., ABIGHANEMC, NAKHLE K. et FAKHRI M., 2009.** Caractérisation et corrélation du paramètre biotique et abiotique des eaux Nahr El Bared. Lebanes Science journal. 10 (1).3-21.
- LAKHDAR ZELLA, 2007.** L'eau : Pénurie ou incurie. Maître de conférence Université Saad Dahlab Blida, OPU, Alger.
- Lamy, M. (1995).** L'eau de la nature et des hommes. Collection « Scieteren ». Presse universitaire de Bordeaux. France. 170p
- LOUNNAS, 2009.** Amélioration des procédés de Clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda, mémoire de magister de chimie, Skikda.
- LU, C. M., C. W. CHAU et J. H. ZHANG. 2000.** "Acute toxicity of excess mercury on the photosynthetic performance of cyanobacterium *S. platensis* assessment by chlorophyll fluorescence analysis". *Chemosphere*, vol. 41, p191-196.
- MAIGA A-S, 2005.** Qualité organoleptique de l'eau de consommation produite et distribuée par l'EDMS dans la ville de Bamoko : évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako. Mali.
- MAILHOL, J.C. 2005.** Contribution à la maîtrise de l'irrigation et de ses impacts.
- MEC M., 2003.** Document d'aide technique pour les normes, directives et objectifs associés à la qualité de l'eau potable en Ontario. Ministère de l'environnement canadien, Ontario, 44p.

- MEINCK F., STOOFF H., et KOHLSCHUTTER H., 1977.** Les eaux résiduaires industrielles, 2^{ème}Ed Masson, Paris, 863p.
- MOLENAT J., DORIOZ J.M., GASCULE C., GRUAU G., 2011.** Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles : natures, sources et mécanismes de transfert. Territoire Eau - Agro-Transfert Bretagne - version du 28/12/2011.
- MOLL D., 2008.** Les normes de rejet des eaux et les paramètres d'analyse de la pollution. Gredole eau pure (Rapport).
- OCDE. 2004.** Agriculture et environnement : Enseignements tirés de dix ans (1993-2003) des travaux de l'OCDE.
- PAUL LECOMTE, 1998.** Les Site Pollués : Traitement des Sols et des eaux souterraines. 2^{ème} édition revue et augmentée. TEC et DOC, Paris.
- PIERRE GENY ET AL, 1992.** Environnement et développement rural : guide de la gestion des ressources naturelles.
- RAOUL C. ET AL, 2005.** Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. France agricole 489p.
- RESJECK F, 2002.** Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques, service culture édition ressources pour l'éducation nationale, p-p194-360.
- RODIER J. 2005.** L'Analyse de l'eau ; Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^{ème} Edition, Ed Dunod, Paris.
- RODIER J. 1996.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, Dunod. Paris, Pp 1065-1068.
- RODIER J. 1984.** L'analyse de l'eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer, analyses physico-chimie et bactériologie. 7^{ème} Edition, Dunod, Paris, p138.
- SACHON G. 1980.** L'industrie laitière et la pollution des eaux. Revus des EVL, 1^{ère} partie. p-p 7, 12.
- SAGE L., BENNASSER L., STEIMAN R., SEIGLE-MURANDI F. 1997.** Fungal microflora biodiversity as a function of pollution in Oued Sebou (Morocco). Chemosphere 35 (4), 751-759.
- SARFRAZ R. A., BAIG J. A., SHAH A, Q. 2009.** Assesment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. Ecotoxicology and Environmental Safety p-p. 72, 301-309.
- SATIN M. et SELIMI B. 1995.** Guide technique de l'assainissement : évacuation des eaux usées et pluviales, conception et composants des réseaux, épuration des eaux et protection de

l'environnement, l'exploitation et gestion des systèmes d'assainissement. Edition le moniteur Paris, p-p 75-86.

SENDIDE O. 1994. Relation "urbanisation-eaux souterraines" de la ville de Fès: évolution, caractérisation et moyen de protection. Diplôme d'Etudes Approfondies, Université El Manar, Tunis, Tunisie.

SINGH, M., K. S. REDDY, V. P. SINGH and T. R. RUPA. 2007. "Phosphorus availability to rice (*Oriza sativa* L.) wheat (*Triticum aestivum* L.) in a Vertisol after eight years of inorganic and organic fertilizer additions". *Bioresour. Technol.*, vol. 98, p-p. 1474-1481.

STATISTIQUE CANADA. 2001. Coup d'œil sur l'agriculture Canadienne.

TABET-AOUL M. 1998. Développement durable et stratégie de l'environnement. Edition OPU. p-p. 3, 69-68.

THOMAS O. 1995. Métrologie des eaux résiduaires. Ed. CEBEDOC, 335p.

THOMPSON, D. G., SOLOMON B. F., WOJTASZEK, A. N., EDGINTON G. R. et TIERCELIN, J.R. 1998. Traité d'irrigation.

TROUDI Y., MOUIHI F., et SAOUTHY S. 2012. Etude de l'efficacité des mesures agro environnementales à travers les Projets de Proximité de Développement Rural Intégré (PPDRI). Mémoire d'ingénieur d'Etat. Universitaire Mohamed khider Biskra. p-p. 3-4-5.

STEPHENSON, 2006. "The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities". *Appl. Ecol.*, vol. 16, p-p. 2022-2027.

VAILLANT TR, 1974. Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux.

ZOUAKH D-E, 1995. Etude des macroinvertébrés et des poissons de l'oued El Harrach et de ses affluents : appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux. Thèse de Magister, I.S.N-U.S.T.H.B, p-p 65.

Annexe 1 :**Tableau n°10 : pH (in ARAB, 1989)**

Composants	Classes	Appréciation
PH<5	1	Acidité forte, cours d'eau à substrat acide
5<PH<6	2	Acidité moyenne, cours d'eau à substrat acide
6<PH<7	3	Acidité faible, cours d'eau piscicoles régions calcaires
7<PH<7,5	4	Neutralité approchée, majorité des eaux piscicoles régions calcaires
7,5<PH<8	5	Faible alcalinité
8<PH<9	6	Alcalinité moyenne, eau closes
PH>9	7	Alcalinité forte, eau eu piscicoles ou valeurs passagères

Tableau n°11 : conductivité électrique ($\mu\text{S} / \text{cm}$)

Conductivité électrique	Classe	Minéralisation
C<100	1	Très faible
100<C<200	2	Faible
200<C<333	3	Moyenne
333<C<666	4	Moyenne accentuée
666<C<1000	5	Importante
C>1000	6	Elevée

Tableau n°12 : sulfates (mg/l)

Composants SO_4^- (mg/l)	Classes	Appréciations
$\text{SO}_4^- < 10$	1	Situation normale
$10 < \text{SO}_4^- < 20$	2	
$20 < \text{SO}_4^- < 40$	3	Situation particulière : Eaux polluées ou séléniteuses
$40 < \text{SO}_4^- < 60$	4	
$\text{SO}_4^- < 120$	5	
$120 < \text{SO}_4^- < 250$	6	Limite de potabilité, eau très séléniteuses ou fortement polluées
$\text{SO}_4^- > 250$	7	

Tableau n°13 : Chlorure (mg/l)

Composants	Classes	Appréciation
$\text{Cl}^- < 2$	1	Eau exemple de pollution dans l'ordre du degré croissant de minéralisation
$2 < \text{Cl}^- < 5$	2	
$5 < \text{Cl}^- < 10$	3	
$10 < \text{Cl}^- < 20$	4	Région calcaire
$20 < \text{Cl}^- < 50$	5	Cours d'eau particulier, tenures locales et eaux plus ou moins
$50 < \text{Cl}^- < 100$	6	

Tableau n°14 : Nitrates (in TABET et ARROUDJ ,1989)

Nitrates NO_3^- mg/l	Classes
$\text{NO}_3^- < 1$	1
$1 < \text{NO}_3^- < 3$	2
$3 < \text{NO}_3^- < 5$	3
$5 < \text{NO}_3^- < 10$	4
$5 < \text{NO}_3^-$	5
$\text{NO}_3^- > 15$	6

Tableau n°15 : Grille simplifiée de classification des eaux superficielles

Paramètres Qualité	O_2 Dissous (mg/l)	DBO_5 (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	MEST (mg/l)	TUR NTU	PO_4^{3-} (mg/l)	fer (mg/l)
Très bonne	>7	<3	<0,1	<70	.	<0,5	.
Bonne	5-7	3-5	0,1- 0,5	.	5	<1	<0.2
Moyenne	3-5	5-10	0,5-2	>70	30	<2	0,2-1.5
Mauvaise	1-3	10-25	2-8	700	50	>2	.
Très mauvaise	<1	>25	>8	875	200	.	>1.5

Source : DRPE , 2000-2001.

❖ **quelque des normes international pour les eaux et les eaux des irrigations****Tableau n°16** : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation

	Symbole	Unité	Teneur habituelle dans l'eau d'irrigation
Conductivité électrique	CE	dS/m	0 – 3 dS/m
Cations et Anions	TDS	mg/l	0 – 2000 mg/l
Chlorure	Cl^-	me/l	0-30 me/l
Sulfate	SO_4^{--}	me/l	0-20 me/l
Eléments nutritifs			
Azote nitrique	$\text{NO}_3^- \text{N}$	mg/l	0-10 mg/l
Azote ammoniacal	$\text{NH}_4^- \text{N}$	mg/l	0-5 mg/l
Phosphate phosphoreux	$\text{PO}_4^- \text{P}$	mg/l	0-2mg/l
Potassium	k^+	mg/l	0-2mg/l
Divers			
Acidité	pH	mg/l	6.0-8.5

(KESSIRA, M, 2004)

Annexe 2 :**1-Recherche et dénombrement des coliformes fécaux et totaux:*****BCPL (Bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre)****A double concentration :**

- Peptone.....	10g
- Extrait de Viande de bœuf.....	6g
- Lactose.....	10g
- Pourpre de bromocrésol.....	0,06g
-Eau distillée.....	1000ml

-Simple concentration :

- Peptone.....	5g
- Extrait de Viande de bœuf.....	3g
- Lactose.....	5g
- Pourpre de bromocrésol.....	0,03g
-Eau distillée.....	1000ml

*** Schubert (milieu indole manitol pour *Escherichia coli*) :**

- Tryptophane.....	0,2g
- Acide glutamique.....	0,2g
- Sulfate de magnésium.....	0,7g
- Citrate de sodium.....	0,5g
- Sulfate d'ammonium.....	0,4g
- Chlorure de Sodium.....	2g
-Tryptone oxyde.....	10g
- Mannitol.....	7,5g
- Eau distillée.....	500ml
- Tampon Phosphate	500ml

*** Kovacs (Réactif pour indole de) :**

- P. diméthylaminobenzaldehyde.....	10 g
- Alcool isoamylique.....	150 ml
- Acide chlorhydrique concentré.....	50ml

Tableau n°17 : Nombre plus probable(NPP).

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0,1 ml	
0	0	1	3
0	1	0	3
1	0	0	4
1	0	1	7
1	1	1	11
1	2	0	11
2	0	0	9
2	0	1	14
2	1	0	15
2	1	1	20
2	2	0	21
2	2	1	28
3	0	0	23
3	0	1	39
3	0	2	64
3	1	0	43
3	1	1	75
3	1	2	120
3	2	1	150
3	2	2	210
3	3	0	240
3	3	1	460
3	3	2	1100

ملخص

من خلال دراستنا للمياه الصرف الفلاحي والمستغلة في سقي النخيل بمنطقة أورلال والتي يحتمل مسبقا أن تكون ملوثة ما يتسبب في الحصول على منتج رديء ويؤدي بالتالي إلى تلوث مياه واد جدي. لقد ركزنا في تحليلنا على تحديد بعض المقاييس الفيزيائية والكيميائية مثل: درجة حرارة المياه و درجة حموضتها، الناقلية الكهربائية، الكلوريدات، الكبريتات، النتريت، الأورثوفوسفات و نيتروجين الأمونيوم. أظهرت النتائج أن المياه تحتوي على كمية معتدلة للمواد المعدنية (الكلوريدات والكبريتات)، أما الناقلية فقد كانت عالية وهي ناتجة عن التلوث الشديد والتي تؤدي بدورها إلى درجة ملوحة عالية. كما أن كمية المواد العضوية مرتفعة من أورثوفوسفات و أمونيوم. وقد تم تحديد أنواع البكتيريا على أساس البحث في الجراثيم الدالة على التلوث البرازي والبكتيريا المتسببة في الأمراض. إذن ومن أجل حماية صحة الإنسان و الحفاظ على بيئتنا اقترح معالجة مياه الصرف الزراعي قبل استخدامها في عمليات السقي الزراعية، كما نطلب من المصالح الفلاحية مراقبة استعمال الأسمدة والمبيدات التي يفرط في الفلاح في مقادير استعمالها متجاوز في ذلك كل المعايير المعمول بها.

الكلمات المفتاحية: السقي، المبيدات، الأسمدة، مياه الصرف الزراعي، الصرف الصحي، التلوث.

Résumé

Dans notre étude sur les eaux drainage dans la région d'Ourlal susceptibles à priori d'être contaminées et qui sont exploitées dans l'irrigation de la palmeraie peuvent influencer sur la qualité des dattes et rendre l'oued djedi pollué.

Nos analyses qui ont porté sur la mesure de quelques paramètres physico-chimique et bactériologiques à savoir: la température de l'eau, de son pH, de la conductivité électrique, les chlorures, les sulfates, nitrites, orthophosphate et d'azote d'ammonium.

Les résultats obtenus ont montré que l'eau contient une quantité modérée de matériaux métalliques (chlorures et sulfates), une conductivité élevée résultant d'une sévère pollution et qui conduisent par la suite à une forte salinité et une grande quantité de matière organique : orthophosphate et ammonium.

Nous nous sommes basés pour évaluer la qualité bactériologique sur la recherche des indicateurs de pollution où nous avons détectés la présence des coliformes fécaux et totaux et d'E. coli.

Afin de protéger la santé humaine et animale et de préserver notre environnement, nous suggérons le traitement des eaux de drainage avant leur réutilisation par l'agriculture et de mener des campagnes de contrôle pour faire respecter les normes d'utilisation des engrais et des produits phytosanitaires.

Mots-clés: Irrigation, engrais et PPS, drainage, les eaux usées, la pollution.

SUMMARY

In our study on water drainage in the area Ourlal priori likely to be contaminated and which are used in the irrigation of the palm can affect the quality of dates and make polluted river. Our analyzes have focused on the measurement of some physico-chemical and biological parameters namely: the water temperature, pH, electrical conductivity, chlorides, sulfates, nitrites, and nitrogen orthophosphate of ammonium.

The results showed that the water contains a moderate amount of metallic materials (chlorides and sulfates), high conductivity resulting from severe pollution and subsequently leads to high salinity and a large amount of organic matter: orthophosphate and ammonium.

We based to assess the bacteriological quality research indicators of pollution where we detected the presence of total and faecal coliforms and E. coli.

To protect human and animal health and preserve our environment, we suggest that the treatment of drainage before reuse in agriculture and campaigns control to enforce standards for the use of fertilizers and pesticides . .

Keywords: Irrigation, fertilizers and PPS, drainage, sewage, pollution.