



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

MÉMOIRE DE MASTER

Science de la Nature et de la Vie
Sciences Agronomiques
Hydropédologie

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
BRAHIMI Omar El Farouk

Le : mercredi 30 septembre 2020

Étude de l'Autoépuration des sols dans la région de Biskra

Jury :

Mme. HIOUANI F.	MCB	Université de Biskra	Président
Mme. MEBREK N.	MAA	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. BENAISSA K.	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019 - 2020

Remerciement

Je tiens à remercier avant tout **Dieu** le tout puissant de m'avoir guidé durant toutes ces années et m'a permis de réaliser ce mémoire en me donnant la force, la patience et la volonté.

J'exprime ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon Directeur de mémoire **M^{me} Mebrek N.** pour m'avoir fait bénéficier de ses compétences, pour le temps précieux qu'elle a bien voulu m'accorder, les conseils qu'elle m'a prodigués, son aide sans limite.

Mes remerciements vont également à : **M^{me} Hiouani F.** pour l'honneur qu'elle m'a fait de présider le jury et à **M^{me} Benaissa K.** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je voudrais remercier mes parents en particulier ma mère pour tous les sacrifices qu'ils ont dû faire pour m'élever je ne l'aurais pas fait sans eux.

Je voudrais remercier mes frères Salah Moussab Hachem et ma petite sœur Batoul et mes amis pour leurs encouragements.

Sommaire

Introduction générale

Première partie : Partie bibliographique.

Chapitre I : L'autoépuration des eaux d'usés

1. Nature et origine des eaux usées	1
2. Caractéristiques des eaux usée	1
3. Paramètres de rejet	2
3.1. Paramètres physiques	2
3.2. Paramètres chimiques	3
3.3. Paramètres toxiques et inhibiteurs	5
3.3.1. Les cations	5
3.3.2. Les métaux lourds	6
4. Normes de rejets	9
5. Phénomène de l'autoépuration	10
5.1. L'autoépuration	10
5.2. Mécanisme de l'autoépuration	10
5.3. L'épuration biologique	11
5.4. Facteurs influençant l'autoépuration	11
5.4.1. Facteurs climatiques	11
5.4.2. Facteurs physico-chimiques	12
5.4.3. Facteurs physiques	15
5.4.4. Facteurs biologiques	15
5.4.5. Les inhibiteurs et les toxiques	15
5.5. Pouvoir épurateur du sol	16
5.6. Précipitation des métaux	17
5.7. Sédimentation	17
5.8. Adsorption	17
5.9. Flocculation et Biosorption	17
6. Les différentes classes de qualité et usage des eaux	17

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

1. Introduction	19
2. Situation géographique	19
3.1. Caractéristiques édaphiques	20
3.1.1. Géomorphologie	20
3.1.2. Pédologie	20
3.1.3. Hydrologie	21
3.2. Caractéristiques climatiques	22

Sommaire

3.2.1.Les températures	22
3.2.2.La pluviométrie	23
3.2.3.L'humidité relative de l'air	23
3.2.4. Le vent	24
4. La végétation	25
5.Le Sol	26
6.L'Eau	26
7.Conclusion	26

Deuxième partie : Partie expérimentales

Chapitre III : Méthodologie d'expérimentation

1. Introduction	27
2. Objectifs	27
3. Echantillonnage	27
3.1. Prélèvement de l'eau usée	27
3.2. Prélèvement de sol	28
4. Conditions de prélèvement	29
5. Laboratoires d'analyses	29
6. Méthodes d'analyses	29

Chapitre IV : Résultats et discussion

1. Résultats des analyses	31
2. Interprétations des analyses	31
2.1. PH	31
2.2. Conductivité électrique (CE)	32
2.3. Calcium	32
2.4. Magnesium	33
2.5.Phosphate	34
2.6. Sulfate	34

Sommaire

3. Discussion des résultats	35
-----------------------------	----

Conclusion général	36
---------------------------	-----------

Références Bibliographiques

Liste des tableaux

Tableau 01 : Caractéristiques moyennes des rejets urbains	1
Tableau 02 : Valeurs limites maximales des paramètres de rejet	9
Tableau 03 : Les différentes classes de qualités et d'usage des eaux	18
Tableau 04 : Méthodes d'analyses utilisées	30
Tableau 05 : Tableau des résultats.	31

Liste des figures

Figure 01 : Situation géographique de la wilaya de Biskra .	19
Figure 02 : Carte des sols de la région de Biskra .	21
Figure 03 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra	21
Figure 04 : température dans la wilaya de biskra durant la période de juin 2018 à Mai 2019	22
Figure 05 : précipitation (mm) dans la wilaya de biskra durant la période de juin 2018 à Mai 2019	23
Figure 06 : Humidité relative en % dans la wilaya de biskra durant la période de juin 2018 à Mai 2019	24
Figure 07 : Vitesse de vent (km/h) dans la wilaya de biskra durant la période De juin 2018 à Mai 2019	25
Figure 08 : la Source de les eaux usées, Biskra	28
Figure 09 : le plevment du sol sur terrain	28
Figure 10 : une Tarière	28
Figure 11 : Variation du pH	31

Sommaire

Figure 12 : Variation du CE	32
Figure 13 : Variation du concentration de Calcium	32
Figure 14 : Variation de la concentration de Magnesium	33
Figure 15 : Variation de la concentration de phosphate	34
Figure 16 : Variation des concentrations de Sulfate	34

Introduction générale

L'utilisation des eaux usées pour l'irrigation en agriculture peut se traduire par de nombreux avantages pour presque tous les pays, mais elle s'avère particulièrement utile et rentable dans les pays arides et semi-arides à faible revenu.

Dans de telles régions, les ressources en eau supplémentaire à faible coût peuvent constituer un gain important pour le bien-être et la santé des humains, tout en augmentant les possibilités de produire des aliments et des emplois destinés aux populations pauvres qui vivent aux abords des villes et villages, comportant une source abondante de cours d'eaux usées. Cependant, dans les régions humides de pays à revenus faible et intermédiaire, les eaux usées qui s'écoulent depuis d'importantes zones urbaines ne sont pas traitées et elles sont chargées de l'éventail complet des pathogènes bactériens, viraux, protozoaires et helminthiques excrétés et endémiques dans la communauté. Ces eaux posent des risques importants pour la santé lorsqu'elles s'intègrent aux sources d'eau utilisées pour l'irrigation (Hugo,1862).

Aujourd'hui, par suite de la croissance démographique, de l'urbanisation et du développement industriel, les dégâts causés par la pollution des eaux prennent une ampleur telle que, dans certains pays, si des mesures très sévères ne sont pas appliquées et respectées par toutes les collectivités, des situations désastreuses peuvent apparaître à brève échéance.

Le traitement des effluents industriels ne se fait que partiellement et les rejets restent toujours pollués et dangereux, le taux de raccordement au réseau d'assainissement est de 86 % (ANAT, 2000), c'est à dire que 14 % des eaux usées s'infiltrent directement dans le sol et contaminent les eaux souterraines. (ANAT,2000).

Si on ajoute à cela l'absence totale du contrôle des eaux déversées, alors qu'elles sont utilisées directement pour l'irrigation des terres avoisinantes, et même pour l'abreuvement des animaux destinés à l'alimentation, c'est donc toute la chaîne trophique qui se voit contaminée. L'impact est encore plus grave, car cette pollution touche directement les habitants de la ville.

Le processus d'épuration naturelle (L'autoépuration) des eaux usées est effectué d'un ensemble de réactions physico-chimiques et biologiques effectuées par les micro-organismes et les plantes sur les polluants présents dans ces eaux.

Introduction générale

Dans ce contexte, que notre travail a été menu pour déterminer si les sols de la wilaya de Biskra dans deux sites (Mizaraa et Lotaya) sont capables d'arrêter ou de minimiser la pollution de l'eau avant qu'elle n'atteigne les eaux souterraines.

Nous avons réalisé ce travail en trois chapitres, dont le premier est la présentation de la phénomène de l'autoépuration, le deuxième la présentation de la zone d'étude Biskra et en fin l'analyse des principaux résultats et leurs discussions. Débouche sur une conclusion générale.

1. Nature et origine des eaux usées

Les eaux usées proviennent de diverses activités de par leur origine, ces eaux peuvent être classées en trois catégories principales (Dahmane, 1995)

1.1. Eaux usées pluviales

Les eaux de pluies sont relativement pures et douces au moment de leur chute mais de nos jours les eaux de pluies dans les villes sont souillées par les pollutions atmosphériques lorsqu'elles s'écoulent sur les différentes surfaces (toits, cours, rues...), elles se chargent de matières en suspension (Dahmane, 1995).

1.2. Eaux usées domestiques

Ces eaux sont généralement les eaux ménagères provenant principalement des habitations (les eaux de cuisine, des salles de bains et les eaux de vannes provenant des W-C). Ce sont des eaux chargées de matières fécales, de déchets ménagers et de détergents (Dahmane,1995).

1.3. Eaux usées industrielles

Elles proviennent des industries et contiennent des bruts finis et des sous-produits industriels. Les caractéristiques de ces eaux varient en fonction de la nature de l'activité industrielle, des matières premières utilisées et de la technologie appliquée pour la fabrication du produit final (Dahmane,1995).

2. Caractéristiques des eaux usées

Les eaux usées renferment des matières organiques solubles, colloïdales et en suspension. La pollution des réseaux d'égouts urbains est habituellement évaluée par habitant. L'intérêt croissant porté à la quantité de l'eau conduit à définir pour les eaux usées, un certain nombre de paramètres spécifiques qui les caractérisent (Belahneche et Madoui,2001).

Tableau 01 : Caractéristiques moyennes des rejets urbains

Caractéristiques	Maximale	Moyenne	Minimale
PH	7.5	7.2	6.8
Matières décantables (mg/l)	6.1	3.3	1.8
Matières solides totales (mg/l)	640	453	322
Matières volatiles totales (mg/l)	388	217	118
Matières en suspension (mg/l)	258	145	83
Matières volatiles en suspension (mg/l)	208	120	62
Demande chimique en oxygène (mg/l)	436	288	159
Demande biologique en oxygène (mg/l)	276	147	75
Chlorures (mg/l)	45	35	25

(source :Hunter et Heukelekian)

3. Paramètres de rejet

La détermination des différents paramètres caractérisant l'eau polluée est nécessaire, car elle conditionne le choix et le dimensionnement du procédé épuratoire le plus adapté, ces paramètres peuvent être ainsi récapitulés (Benyelles,1999).

3.1. Paramètres physiques

3.1.1. pH

Il donne un aperçu sur la charge de l'eau et indique l'efficacité de l'épuration. Une épuration biologique ne peut se faire qu'en présence d'un pH neutre ou légèrement basique. Sa variation entraînerait une diminution de la dégradation de la matière organique (Yahiaoui et Baghdali).

3.1.2. Température

Elle constitue un des facteurs les plus importants de l'épuration des eaux car elle influe sur l'activité et la vitesse de dégradation et la nature des micro-organismes présents dans l'eau (Amarache et Benaissa, 1999), mais elle reste un paramètre dont la détermination est souvent négligée. Son contrôle est indispensable pour la réalisation du traitement des effluents qui nécessite une température inférieure à 30°C (. Bechac, Boutin, . Mercier, Nuer,1984).

3.1.3. Conductivité

Sa mesure donne une idée sur la salinité de l'eau et varie en fonction du degré d'impureté. Sa détermination est nécessaire car au-delà d'une salinité limite, la biodégradation de la matière organique peut se trouver freinée, et les rendements épuratoires affectés (Benyelles.1999).

3.1.4. Matières en suspension (M.E.S)

Ce sont les matières qui ne sont ni solubilisées ni à l'état colloïdal (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer ,1984). C'est la quantité des particules solides de nature minérale et organique véhiculées par les eaux usées : $M.E.S = 70\% M.V.S + 30\% M.N.$ (Yahiaoui et Baghdali, 2000).

3.1.5 .Matières volatiles sèches (M.V.S)

Elles représentent la fraction organique des M.E.S. Ces matières disparaissent au cours d'une combustion et sont mesurées à partir des M.E.S (résidu à 105°C), après calcination au four à 525°C. La connaissance de ces matières fournit des renseignements sur la quantité des boues organiques produites (Chaib et Amoulaï, 1999), et représentent 70% des M.E.S (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer,1984).

3.1.6.Matières minérales (M.N)

C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles. Elles représentent le résidu de calcination et correspondent à la présence de sel de silice et de poussières (Chaib et Amoulaï, 1999).

3.1.7. Turbidité

C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de la matière non dissoute (Rodiern 1984). La turbidité des effluents résiduaires et des eaux polluées est en général très élevée, elle ne peut de ce fait être exprimée en goutte de silice ou de mastic. Elle donne une première indication sur la teneur en matières colloïdales d'origine minérale ou organique (Yahiaoui et Baghdali, 2000).

3.1.8. Couleur

Elle dépend de la nature des composants rejetés dans l'eau. Elle renseigne également sur le fraîcheur du rejet. En effet, une eau urbaine présente une coloration grisâtre, alors qu'une eau sceptique présentera une couleur noirâtre (Benyelles, 1999).

3.1.9. Odeur

Les odeurs et les saveurs sont causées par le dégagement des gaz de fermentation anaérobie tel que H_2S et CH_4 et l'augmentation de la température des eaux usées, surtout en saison estivale (Chaib et Amoulaï, 1999).

3.2. Paramètres chimiques

3.2.1. Demande biologique en oxygène (DBO_5) :

C'est la mesure la plus importante de la pollution organique (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer). Elle représente la quantité d'oxygène consommée par l'eau usée pendant cinq jours. Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation, et avec l'intervention des bactéries, les matières organiques de l'eau usée (Gaid, 1984).

3.2.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle traduit la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder chimiquement les matières organiques dans l'effluent. La DCO est une mesure de presque toutes les matières organiques contenues dans l'eau qu'elles soient ou non biodégradables (Atmania et Safarbaty, 1995).

3.2.3. Rapport DCO/ DBO_5 :

Ce rapport marque la part relative des matières rapidement biodégradables dans l'ensemble des matières oxydables (Suarez et Puertas, 2005).

- Si $DCO/DBO_5 < 2$: ceci favorise le traitement biologique

- Si $DCO/DBO_5 > 2.5$: l'effluent est surtout d'origine industrielle, le choix se porte donc sur un traitement physico-chimique.

3.2.3. Oxygène dissous

Le taux d'oxygène dissous détermine directement la nature de l'écosystème aquatique et constitue le paramètre le plus sensible à la pollution organique, c'est un élément important pour le bon déroulement de l'autoépuration (Yahiaoui et Baghdali, 2000).

3.2.4. Azote

L'azote contenu dans les eaux résiduaires domestiques est essentiellement d'origine urinaire, il est présent dans les eaux sous plusieurs formes (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer,1984).

- **L'Azote ammoniacal (N-NH₄⁺) :**

C'est le produit normal de la dégradation de l'azote organique des protéines, des acides aminés, de l'urée, etc...(Atmania et Safarbati, 1995)

Il exige une demande en oxygène importante lors de son déversement dans le milieu récepteur. Cette demande peut être aussi importante que la demande en oxygène carbonée des effluents urbains : l'oxydation d'un gramme d'azote ammoniacal en azote nitrique exige 4,75 g d'oxygène (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer,1984). Il est très toxique et cause la perte des poissons (Ikem, Egiebor et Nyavor, 2003).

- **Les nitrites (N-NO₂⁻) :**

L'élimination de l'azote consiste en une oxydation de l'ammoniac en nitrites par les *Nitrosomonas*. D'autres organismes oxydent également l'ammoniac en nitrites tel que : les *Nitrosococcus*, *Nitrosospina* et *Nitrosocytis* (Himrane et Khenich, 2000).

- **Les nitrates (N-NO₃⁻) :**

les nitrates sont le produit final de l'oxydation des dérivés azotés, sous l'action des bactéries de type *Nitrobacter* (Atmania et Safarbati, 1995).

Les nitrates présentent 60 – 80 % de l'azote contenu dans l'eau (Fytianos, Siumka, Zachariadis et Beltsios, 2002).

Ils pénètrent dans le sol et les eaux souterraines et se déversent dans les cours d'eau. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais.

Les nitrates sont l'une des causes de la dégradation de l'eau. Transformés en nitrites par l'organisme, ils peuvent provoquer la transformation de l'hémoglobine en "méthémoglobine" et provoquer un mauvais transfert de l'oxygène vers les cellules. Le risque est très difficile à établir. Partant d'un principe de précaution, la norme de rejet est fixée à 25 mg/l (Elmi, Mdamni, Gordon, Macdonald et Stratton, 2005).

3.2.5. Phosphore :

Il est présent dans les eaux sous forme de sels minéraux (orthophosphates (PO₄³⁻) et polyphosphates provenant surtout des lessives) et sous forme organique d'origine industrielle et biologique (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer, 1984). Le phosphore joue un rôle important dans le stockage et le transfert d'énergie dans la cellule vivante, et un rôle très important dans l'épuration des eaux. Il est le facteur limitant principal du développement des algues en zone tempérée (Benkhenouf et Dahmani, 1990).

Sous l'action des microorganismes le phosphore organique et polyphosphates sont hydrolysés plus au moins rapidement en orthophosphates (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer,1984).

3.2.6. Chlore :

C'est le désinfectant le plus utilisé pour l'élimination des germes pathogènes et pour la sécurité sanitaire du transport de l'eau dans les canalisations. En se combinant aux matières organiques, le chlore élimine les éléments indésirables. Lorsque sa concentration dépasse 50mg/l, il provoque la corrosion des canalisations en acier inoxydables. Il peut provenir des engrais. Les teneurs admises par l'O.M.S. ne dépassent pas 35 mg/l (Soldan, 2003).

3.2.7. Sulfates :

Ils proviennent des rejets d'eaux usées d'origine industrielle et du lessivage des engrais dans les terrains agricoles. Ils peuvent aussi provenir de la dissolution du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) dans les terrains gypseux ou du lessivage des terrains contenant des pyrites dont les sulfures entraînés s'oxydent en sulfates à l'air.

Des concentrations supérieures à 200 mg/l provoquent la précipitation du sulfate de calcium dans les eaux calcaires. Des concentrations supérieures à 100 mg/l favorisent la corrosion des métaux (Berkani et Benarfa, 2005).

3.3. Paramètres toxiques et inhibiteurs

La présence dans les eaux usées, d'acides, de substances minérales ou organiques, d'huiles et de métaux lourds peut inhiber totalement l'action des bactéries.

La toxicité des métaux lourds dans les eaux usées s'étend à certains ions alcalins ou alcalino-terreux aux fortes concentrations comme K^+ , Na^+ et NH_4^+ . L'échelle de toxicité à égales concentrations selon MC. Carty et Kiney s'établissent comme suit : $\text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$ (Suarez et Puertas, 2005).

3.3.1. Les cations

- Le sodium :

C'est un élément très soluble et très fréquent dans les eaux. C'est l'élément principal dans la composition des détergents. Il présente plusieurs origines indépendamment du lessivage des formations géologiques riches en NaCl. Il peut provenir de la décomposition des sels minéraux tels que les silicates, des eaux salées et surtout des rejets d'eaux usées d'origine industrielle et domestiques (Berkani et Benarfa,2005).

- Le magnésium :

Il peut être d'origine géologique, à savoir l'attaque des roches magnésiennes par le CO_2 , le lessivage des roches volcaniques ainsi que la dissolution de MgSO_4 dans les terrains gypseux et pyriteux (Berkani et Benarfa,2005). Il peut provenir aussi des rejets industriels.

- Le calcium :

Sa forte présence donne des eaux dures. En plus de son origine industrielle, le calcium a une origine naturelle, il provient de la dissolution du gypse, et l'attaque chimique des roches carbonatées par le CO_2 (Berkani et Benarfa,2005). Le Ca et le Mg sont très importants pour l'absorption des métaux lourds par les végétaux (Singh, Muller et Singh, 2002).

- Le potassium :

Il provient essentiellement des lessivages des engrais, des argiles et des roches volcaniques. Ainsi que des eaux usées industrielles, en particulier les industries traitant les sels de potassium, et des industries du verre et des engrais (Berkani et Benarfa,2005).

3.3.2. Les métaux lourds :

Souvent les métaux lourds présents dans les eaux usées ont une origine industrielle (De Temmerman, Vanongeval, Boon, Hoenig et Geypens,2003), ils proviennent des activités anthropiques : fumier, pesticides, et des fertilisants inorganiques (Haiyan et Stuanes,2003).

Ils peuvent provenir aussi des industries minières, métallurgiques et de conditionnement divers.

Les effets sur la faune et la flore sont particulièrement néfastes (Abdelouahab,2003).

Ils peuvent provenir de l'atmosphère et entrent dans le système aquatique par les écoulements des pluies et contribuent à la pollution des eaux et du sol (Mangani, Berloni, Bellucci, Tatano et Maione , Boxall et Maltby ; Maltby, Boxall, Forrow, Callow et Betton ; Perdikaki et Madson, 2005,1995,1995,1999)

Les métaux lourds peuvent être sous deux formes : dissoute dans l'eau. ou particulaire (associés aux matières en suspension. (Des études ont permis de constater que la quantité des métaux se répartie comme suit : métal dissous : de 0.05 à 17.1 % et métal dans les MES : de 82.9 à 99.95 % (Fytianos, Siumka, Zachariadis et Beltsios,2002), ou adsorbés par les colloïdes et les sédiments fins tels que les argiles et les limons). Ils peuvent également dans certaines conditions physico-chimiques, précipiter sous forme d'hydroxydes ou être piégés par les oxydes et hydroxydes de fer et de manganèse présents dans l'eau. Leur rétention est plus importante lorsque les oxydes de fer et de manganèse sont revêtus d'acides humiques (Arrar,1992).

La connaissance des concentrations totales des métaux dans les milieux pollués est insuffisante pour donner une information complète sur leur comportement. En effet, la toxicité, la bioaccumulation, la biodisponibilité, la biodégradation, la persistance, la mobilité, la solubilité, l'extractibilité et plusieurs propriétés dépendent des formes physiques et chimiques spécifiques sous lesquelles se trouve l'élément (Chau et Chan ; Florence et Luther, Zbigniew, Ryans et Meyerson et Luther, Zbigniew, Ryans et Meyerson et Muller et Kester ; Scoullou et Pavlidou 1973,1986,1986,1991,2000)

Leur comportement et leur biodisponibilité dans l'environnement dépend de leur spéciation (ils peuvent être complexés, précipités, adsorbés ou solubilisés (Fjeld et Rognerrud,2001) et non pas de leur totale concentration (Forstner et Quevauviller, Ure, Muntau et Griepink,1992).

Cette spéciation est influencée par le pH, la température, le potentiel redox, la capacité d'échange cationique, la phase solide, la compétition avec les autres spéciations des métaux dans la matrice solide du sol (Calace, Campanella. Palombo, Petronio et Pupella,1998). Elle dépend aussi

du régime hydraulique En effet un régime hydraulique suffisamment fort empêche pratiquement tout dépôt et remet en suspension les sédiments de surface et diminue le taux d'adsorption des métaux sur les MES (Haiyan et Stuaneset Ikonnikov,1993,2003).

- Le cadmium :

Il est très soluble dans l'eau et considéré comme un des plus dangereux des polluants Même à des concentrations faibles (Krishnan et Anirudhan ,2003).La limite permissive par l'O.M.S. est de 0.01 ppm. Les sources de pollution par ce métal sont principalement les rejets d'industries métallurgiques, les fabrications de plastique, de pigments et de batteries (Belkheiri ,2005)il est aussi présent dans les pneus (Mangani, Berloni, Bellucci, Tatano et Maione et Legret et Pagotto,2005,1999).

- Le zinc :

Le zinc est un oligo-élément souvent présent dans les eaux et dans certains aliments. L'eau de mer en contient habituellement 0.01 ppm. Les eaux résiduaires contenant du zinc proviennent des industries de traitement de l'acier, des ateliers de filature, des manufactures de fibres de rayonne, de papeteries et des ateliers de galvanoplasties (Abdelouahab,1987). Il est présent dans les pneus, dans les fermetures de sécurité et les dépôts secs (Mangani, Berloni, Bellucci, Tatano et Maione,2005). Des études ont trouvé une relation entre l'augmentation du Zn et la présence des rails, ainsi qu'à la distribution des vieilles maisons (Snowdon, Birch et Snowdon,2001,2004)

L'effet toxique du zinc commence à 400 ppm. La présence combinée de cadmium et de zinc conduit à une synergie des effets de toxicité vis à vis de la flore et de la faune aquatiques (Belkheiri,2005).

Le Zn est le métal qui inhibe l'activité microbienne par excellence, non par sa toxicité mais par ses niveaux élevés. L'inhibition est en fonction du pH, du temps de séjour. Et dans le sol du type du sol.

D'après .(Cela et Sumner,2002)

- Quand sa concentration augmente le pH augmente et la nitrification diminue.
- Quand [Zn] est comprise entre 0 et 0.125 mg/l la nitrification est bonne.
- Quand [Zn] est comprise entre 0.125 et 0.5 mg/l la nitrification est partielle.
- Quand [Zn] est supérieure à 0.5 mg/l la nitrification est inhibée.

Le Zn est adsorbé sur les surfaces des sites réactionnels des oxyhydroxydes de fer (Kinniburgh et Jackson, Sadiq, Bhattacharya, Mukherjee, Jacks et Nordqvist,1982,1991,2002)

Il est plus important sous sa forme particulaire sous l'effet de son adsorption par le phytoplancton ou sa grande complexation avec les molécules organiques (Ellwood et Van Den Berg,2000)

Les formes très instables augmentent avec la salinité et le Zn précipite avec les chlorures et les sulfates (Scoulios et Pavlidou,2003)

- Le plomb :

Le plomb est un métal lourd très toxique (Himrane et Khenich,2000). Son utilisation commune fait que ses concentrations dans tout l'environnement soient élevées (Nriaguet , Loska, Wiechuta, Korus,1989,2003). Il provient des carburants (Singh, Muller et Singh,2002) et des fertilisants agricoles (Legret et Pagotto,1999). Il peut être en très forte concentration due à la formation de complexes avec les substances humiques. La teneur limite fixée par l'O.M.S pour les eaux potables est de 0.1 mg/l (Vaillant ,1973).

En été, la quantité du Pb particulaire diminue avec l'élévation de la salinité dans la période où l'activité biologique est insignifiante (Scoullou et .Pavlidou ,2003),La salinité stimule la désorption du Pb de la matière qui est suivie d'une augmentation de la précipitation et le déplacement du métal, surtout en présence de chlorures, d'où la formation de chlorocomplexes et de fines particules (Scoullou et Pavlidou , Sholkovitz et : Dassenakis, Scoullou et Gaittis,1976-2000)

- Le chrome :

Il existe sous deux formes :

- Le CrIII n'est pas toxique quand il est à l'état de trace mais il le devient pour les poissons quand il est présent à 5 mg/l (Alloway et Ayres,1997). Il est sous forme CrOH^{2+} et facilement adsorbable (Fendorf,1995).
- Le CrVI : sous forme HCrO_4^- , il est soluble et très toxique. À 0.05 mg/l il est dangereusement toxique pour les organismes aquatiques (Strech,1978).

Le CrVI est réduit en CrIII par la matière organique, le fer et les sulfites, le CrIII est oxydé en CrVI par les oxydes de Mn. L'oxydation du CrIII en CrVI augmente en saison sèche (Becquer, Quantin, Sicot et Boudot,2003)

Le passage du Cr de la forme dissoute qui représente 28 % de la quantité de Cr (Becquer, Quantin, Sicot et Boudot ,2003)à la forme insoluble, se fait par réduction du CrVI en CrIII suivie d'une précipitation avec les Fe^{3+} (Eary et Rai, Sass et Rai, Kaplan et Gilmore, Cantrell, Kaplan et Wietzma, 1987-2004).

Ce qui indique que le transfert est rapide (Powell, Puls, Hightower et Sabatini,1995).

Le Cr est adsorbé dans les conditions de pH très acide et le maximum est observé à pH = 4.5 (Sawada, Mori et Tatsumi,2004) La présence des sulfates à grandes concentrations interfèrent dans l'adsorption du Cr (Ghosh, Dasgupta et Debnath,2003).

4. Normes de rejets

Le but du traitement d'une eau usée est d'obtenir un effluent épuré pour lequel la pollution soit limitée à un degré ou à une certaine norme tel que le rejet ne crée aucune nuisance à la faune et à la flore du milieu récepteur naturel (rivière, lac, mer ou oued) (Bousbaa,2000)

Le tableau 2 illustre les normes de rejet dans le milieu récepteur des effluents urbains à atteindre après traitement (Ikem et al. , 2003).

Paramètres	Valeurs limites maximales	Paramètres	Valeurs limites maximales
Température (°C)	30	Mercure (mg/l)	0.01
PH	5.5-8.5	Nickel (mg/l)	5
MES (mg/l)	30	Plomb (mg/l)	0.5
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	40	Cuivre (mg/l)	3
DCO (mg/l)	120	Zinc (mg/l)	0.5
DBO/DCO (mg/l)	3	Fer (mg/l)	5
Azote Kjeldahl (mg/l)	40	Huiles et graisses (mg/l)	20
Phosphates (mg/l)	2	Hydrocarbures (mg/l)	20
Cyanures (mg/l)	0.1	Phénols (mg/l)	0.5
Aluminium (mg/l)	5	Solvants organiques (mg/l)	20
Cadmium (mg/l)	0.2	Chlore actif (mg/l)	1
Chrome Cr ³⁺ (mg/l)	3	Détergents (mg/l)	2
Chrome Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.1	Tensioactifs anioniques (mg/l)	10
Manganèse (mg/l)	1	PCB (mg/l)	0.001

Tableau 2 : Valeurs limites maximales des paramètres de rejet.

(Source : Ikem et al. , 2003)

5. Phénomène de l'autoépuration

5.1. L'autoépuration

C'est l'ensemble des processus biologiques (dégradation, consommation de la matière organique, photosynthèse, respiration animale et végétale...), chimiques (oxydoréduction...), physiques (dilution, dispersion, adsorption...) permettant à un écosystème aquatique équilibré de transformer ou d'éliminer les substances (essentiellement organiques) qui lui sont apportées par la pollution (Maire,1979). On doit distinguer l'auto épuration vraie (élimination de la pollution) de l'autoépuration apparente (transformation, transfert dans l'espace ou dans le temps de la pollution). Les organismes vivants (bactéries, champignons, algues...) jouent un rôle essentiel dans ce processus. L'efficacité augmente avec la température et le temps de séjour. La capacité d'auto épuration d'un écosystème est limitée et peut être inhibée (toxique notamment) (Maire,1979)

On trouve dans les cours d'eaux, selon les saisons, les stades suivants caractérisants le degré d'avancement de l'autoépuration (Vaillant,1973).

- Développement des bactéries et décomposition des matières organiques complexes, avec formation de composés ammoniacaux.
- Réduction du nombre de bactéries et accroissement du nombre de protozoaires, formation de nitrites et augmentation de la quantité d'azote.
- Formation des nitrates et de produits d'oxydation des matières organiques simples.

5.2. Mécanisme de l'autoépuration

Le principe consiste dans la fermentation ou l'oxydation des matières organiques par des microorganismes, en milieu généralement aérobie, pour aboutir à des matières minérales.

Ce qui réclame une eau riche en oxygène dissous. Si le milieu n'est pas propice, l'autoépuration ne peut s'effectuer qu'en anaérobiose. Dans ce cas, la fermentation solubilise tous les constituants solides et dégage du méthane et souvent des sulfures, qui empoisonnent le milieu.

- Les matières en suspension se déposent progressivement et les matières dissoutes se trouvent plus ou moins diluées. Une activité biologique, combinée avec des actions chimiques entrent alors en jeu et tend à transformer les matières oxydables ou putrescibles en matières oxydées stables (Vaillant,1973).
- Les actions bactériennes et les réactions d'oxydoréduction consomment l'oxygène dissous dans l'eau. si l'eau reste suffisamment aérée durant ces transformations, la putréfaction est évitée, sinon elle se développe et les matières organiques présentes dans l'eau subissent une fermentation aérobie ou anaérobie selon que le milieu contient ou non une quantité suffisante d'oxygène dissous.

Cet oxygène est réalimenté grâce aux échanges avec l'atmosphère. L'oxygène de l'atmosphère se dissout d'autant plus que le déficit de saturation de l'eau en oxygène est plus grand, que la température est plus basse et que la turbulence des eaux est plus grande.

De plus, durant le jour, les organismes chlorophylliens fournissent à l'eau de l'oxygène. il peut aussi y avoir des apports d'oxygène par les eaux aérées des affluents du cours d'eau.

Dans le premier cas, il se forme de l'anhydride carbonique, de l'eau et des nitrates capables à leur tour d'être absorbés par les végétaux qui peuvent exister pour participer à la synthèse de nouveaux composés organiques. Dans le second cas, il y a formation en plus de l'anhydride, de méthane, d'hydrogène sulfuré, de composés ammoniacaux, ainsi que de nombreux produits tels que des acides aminés, des acides gras, des phénols, crésols, mercaptans et autres corps, généralement toxiques pour les organismes vivants

5.3. L'épuration biologique

C'est un phénomène naturel qui transforme et minéralise les déchets organiques grâce à l'action des micro-organismes, notamment les bactéries.

Ce processus est favorisé par l'existence dans les eaux des sels nutritifs (N, P, K...). L'épuration biologique naturelle se produit dans les eaux stagnantes ou courantes (Benyelles,1999).

Les eaux usées domestiques constituent un excellent milieu de culture, dans lequel un apport d'oxygène suffit pour obtenir un intense développement des microorganismes (Vaillant,1974).

Les microorganismes utilisent et minéralisent les substances organiques apportées au cours de la pollution. Après leur transformation, ces derniers s'élimineront dans l'atmosphère (Maachou,2005).

L'ensemble des phénomènes de l'autoépuration biologique s'articule autour des quatre atomes **C, O, N, P** constitutifs de la matière organique

- L'oxygène provient de la photosynthèse des algues, et de la aération par le vent.
- Le carbone est essentiellement sous forme de carbone organique issu de la pollution admise.

On peut le rencontrer sous forme inorganique tel que CO_2 , et les ions CO_3^{2-} , HCO_3^- qui sont, soit fixés de l'atmosphère, soit résultant de la dégradation du carbone organique par les bactéries (Yahiaoui et Baghdali,2000).

- L'azote peut se trouver sous forme organique et sous forme de sels nutritifs (ammonium, nitrites).
- Le phosphore se trouve sous forme d'orthophosphates H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} ou de phosphore organique (Yahiaoui et Baghdali,2000).

L'ensemble de ces formes vont participer à la synthèse des algues. Le carbone et l'azote sont des éléments constitutifs des algues, alors que le phosphore permettra d'emmagasiner de l'énergie sous forme d'ATP.

Lorsque l'oxygène vient à manquer, le système passe en anaérobiose qui se traduit par des émanations mal odorantes.

5.4. Facteurs influençant l'autoépuration

Les facteurs intervenant dans l'autoépuration sont nombreux et variés, on distingue :

5.4.1. Facteurs climatiques

- La lumière solaire

C'est le facteur essentiel de la photosynthèse des algues. Les Microscopiques des eaux, qui utilisent l'énergie solaire pour transformer le gaz carbonique, l'ammoniac et les matières minérales en de nouvelles cellules dégageant de l'oxygène. Suivant la réaction suivante :



- **La température** : la température joue un rôle important, car elle affecte la production D'oxygène par la photosynthèse et les réactions biologiques et chimiques. Elle règle la vitesse à laquelle les divers organismes peuvent exploiter les substances nutritives et l'oxygène produit (Gaid,1984).

La température de l'eau influe particulièrement sur l'existence des espèces biologiques (algues et bactéries). Ainsi les rendements de l'épuration augmente en été et diminue en hiver (Olias, Ceron, Moral, Ruiz,2006).
- **Le vent** : il joue un rôle dans l'aération des eaux et dans la répartition de la température et De l'oxygène dissous, ainsi il évite la stratification des eaux et assure les conditions d'aérobie dans toute la profondeur des eaux (Dahmane,1995)
- **L'évaporation** : elle résulte à la fois d'une température élevée et d'un vent de forte Intensité, ceci a pour effet de concentrer tous les contaminants dans les eaux et dérégler la qualité des effluents (Hammou,1991).
- **La pluviométrie** : les pluies ont pour effet de diluer la concentration des contaminants. Elles vont entraîner une modification de la répartition des temps de séjour et inévitablement Du rendement épuratoire, si la perturbation persiste (Salem,1989).

En temps de crues, il y a lavage du cours d'eau et aération des eaux et des sédiments.
En effet

L'autoépuration est meilleure en hiver et au printemps, car il y a dilution des polluants (Fytianos,.Siumka, Zachariadis et Beltsios,2002).

5.4.2. Facteurs physico-chimiques :

- a) **pH et alcalinité** : le pH joue un rôle déterminant pour l'autoépuration, car il conditionne

L'activité biologique. Les bactéries ne peuvent exister et dégrader les composés organiques que dans un milieu à pH neutre ou basique. Dans un milieu acide toute vie biologique disparaît (Dahmane,1995).

- b) **L'oxygène dissous** : il est fourni par l'action photosynthétique des algues et par

L'atmosphère à travers l'interface air/eau du cours d'eau surtout avec l'action des vents et du mouvement des eaux. La concentration en oxygène dissous est plus grande pendant la journée que pendant la nuit (Dahmane,1995).

c) Les nutriments

L'azote et le phosphore sont des éléments essentiels pour le développement des bactéries. Le processus biologique d'épuration permet l'élimination des matières organiques biodégradables avec production de sels minéraux. Ceci conduit au phénomène d'eutrophisation qui se manifeste par une prolifération de micro-algues, qui croissent sous l'effet conjugué de la présence des dérivés azotés et phosphorés dans l'eau, et de la photosynthèse due aux radiations solaires (Dahmane,1995).

Actuellement, il est admis que l'élimination des nutriments est due aux phénomènes suivants :

- Assimilation par photosynthèse.
- Volatilisation de l'ammoniac
- Précipitation avec le calcium des phosphates due à une élévation du pH par l'activité algale.

d) Matières azotées : Dans les eaux usées l'azote est sous forme : Azote contenu dans la Matière organique dissous, ion ammonium, ion nitrate, ion nitrite, composés gazeux dissous (N₂, NO, N₂O) et protéines (Dahmane,1995). Il provient d'hydrolyse des composés azotés des êtres

vivants (urine) et du drainage des engrais utilisés dans l'agriculture intensive.

L'évolution générale de l'azote se fait dans le sens : $\text{NH}_4^+ \longrightarrow \text{NO}_2^- \longrightarrow \text{NO}_3^-$

Les différents stades de l'évolution des formes azotées sont les suivantes :

- **Nitrification** : elle consiste en l'oxydation de l'ammoniac en nitrites par la bactérie

Nitrosomonas et en l'oxydation des nitrites en nitrates par la bactérie *Nitrobacter*.

Les bactéries nitrifiantes sont exigeantes, quant à la teneur en oxygène et ne peuvent se développer ou se maintenir dans un milieu à faible concentration (Poduska et Andrews,1975).

- **Dénitrification** :

Elle ne nécessite pas la présence de bactéries très spécifiques. En effet de nombreuses bactéries hétérotrophes présentes dans les eaux usées sont capables d'utiliser l'oxygène du nitrate à la place de l'oxygène moléculaire, en l'absence de ce dernier (Conditions d'anoxie), pour dégrader la matière organique (Haandel et Van,1981).

e) Matières phosphorées :

Le phosphore est un élément essentiel des cellules vivantes. Il est présent dans les eaux polluées sous deux formes :

- le phosphore soluble : PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- .
- le phosphore hydrolysable : $\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$.

Les phosphates sont essentiellement assimilés sous la forme d'orthophosphates, leur élimination se fait en condition anaérobie (Dahmane,1995). La déphosphatation nécessite des conditions de sélection spécifique, car elle fait appel à une alternance de conditions anaérobies et aérobies. *Acinetobacter* est capable dans les conditions d'anaérobie d'absorber des composés simples (acide acétique) et de les stocker sous forme de matériaux de réserves intracellulaires après leur polymérisation en polyhydroxybutyrate (PHB).

Dans une phase aérobie suivante, le PHB stocké est oxydé facilement. Cette oxydation génère de l'énergie en excès qui est stockée sous forme de polyphosphate, qui servira, en phase anaérobie suivante, à faciliter l'absorption de l'acide acétique. La formation du polyphosphate nécessite l'absorption du phosphate extracellulaire (Wentzel, Ekama, Doldet, Marais,1990).

f) Le carbone :

C'est un facteur essentiel car il est à la base de la matière organique.

Il peut provenir :

- De la composition de la matière organique.
- Du CO_2 atmosphérique en faible proportion car sa dilution dans l'eau est lente.
- De la respiration des organismes qui libèrent le CO_2 comme déchet.
- De l'alcalinité des eaux (carbonates et bicarbonates)

5.4.3. Facteurs physiques :

a) Profondeur du cours d'eau :

Elle agit sur l'intensité de la luminosité, plus les eaux sont profondes et plus l'intensité de la lumière diminue, entraînant une diminution de la photosynthèse.

b) Largeur du cours d'eau :

Elle détermine la surface de l'interface air/eau. Plus le cours est large et plus l'alimentation en oxygène est supérieure et plus la dégradation des composés organiques est meilleure.

c) Géomorphologie du terrain :

Son influence touche les mouvements des eaux. Dans les terrains à faible pente, les eaux sont presque stagnantes, la décantation se fait plus facilement. Dans les zones en reliefs, la vitesse des eaux est supérieure, donc l'aération est plus importante.

5.4.4. Facteurs biologiques

L'autoépuration biologique fait appel à des organismes dont les rôles sont différents et spécifiques.

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

a) Les bactéries :

Elles sont extrêmement diverses dans les eaux, et sont hétérotrophes pour le carbone (Benkhenouf et Dahmani,1990). Elles appartiennent à plusieurs types de respiration :

- Bactéries aérobies facultatives : tel que *Pseudomonas*.
- Bactéries aérobies strictes : tel que celles qui interviennent dans le cycle de l'azote ;
Nitrosomonas et *Nitrobacter*.
- Bactéries anaérobies strictes : tel que *Rodobacter* et les Sulfato-réductrices.

b) Les algues :

Leur prolifération est liée à la température, à la profondeur des eaux et aux éléments nutritifs présents dans l'eau (Yahiaoui et Baghdali,2000). Les espèces rencontrées dans les eaux usées sont essentiellement représentées par des algues microscopiques mono et pluricellulaires (cyanophycées, algues vertes et diatomées).

Elles se succèdent selon la saison et appartiennent à deux classes(Dahmane,1995)

- Euglenophycées : occupent les eaux les plus chargées.
- Chlorophycées : se rencontrent lors de la diminution de la matière organique dans les eaux.

c)Le zooplancton :

composé par les protozoaires (amibes, ciliés et flagelles)qui sont des prédateurs qui vivent en anaérobiose dans les zones les plus oxygénées, les rotifères, les copépodes et les cladocées. On note aussi la présence des colifères et des moustiques (Dahmane,1995).

5.4.5. Les inhibiteurs et les toxiques

Ce sont des substances solides ou liquides qui perturbent le bon déroulement de l'activité biologique. On peut les classer en trois catégories :

- Les composés organiques toxiques à forte dose mais biodégradables ; à faible concentration tel que les hydrocarbures ; les pesticides ; et les produits organiques de synthèse (phénols, aldéhydes, produits azotés, etc.).

5.5. Pouvoir épurateur du sol :

Les premiers décimètres d'un sol constituent un milieu biologiquement très actif, extrêmement riche en micro-organismes de toute sorte (bactéries, protozoaires, champignons...), d'une microfaune très riche et de végétaux.

Les matières organiques présentes dans les horizons sont plus ou moins rapidement dégradées et minéralisées, généralement par voie aérobie, où la consommation d'oxygène par les micro-organismes du sol est très importante. Il est donc tentant d'utiliser systématiquement le potentiel considérable d'un sol pour l'épuration des eaux (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer ,1984).

Les sols constituent un milieu hétérogène formé de graviers, sables, limons, argiles et matières organiques. Les problèmes rencontrés dans la prédiction du transport et du devenir des contaminants sont essentiellement reliés aux hétérogénéités du milieu ainsi qu'à la diversité des phénomènes biotiques et abiotiques susceptibles d'intervenir et aux interactions entre les différentes phases solide/liquide (Scriban,1999).

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

L'écoulement dans les milieux poreux est fonction de la texture des sédiments et de la taille des pores. Il a été observé que les métaux quelque soit leur origine : naturelle ou anthropique, sont accumulés dans la fraction fine des sédiments (Singh, Muller et Singh ; Ajmal, Khan et Nomani,2002,1985).

La présence d'argile et de matière organique favorise la rétention des contaminants organiques dans le sol. Plus la taille de la molécule est importante et plus est son hydrophobicité, plus son adsorption sur la matrice solide du sol sera importante (Scriban,1999). Leur concentration augmente avec l'augmentation du pourcentage des argiles et diminue avec les sables. Les limons fins et les argiles sont de bons sites d'accumulation des métaux lourds (Forstner et Muller,1981)

Les colloïdes des argiles confèrent au sol une capacité d'échange cationique faible qui varie avec le pH (Uehara et Gilman, Agbenin et Bernardo,1981 1999).

La concentration de la majorité des métaux augmente avec la diminution de la taille des particules, ils ont un potentiel d'adsorption aux surfaces des argiles minérales, des hydroxydes, et de la MO, qui tendent à se trouver dans les fines particules du sol (Ajmal,Khan et Nomani,1985).

La migration des polluants dans le sol fait appel à plusieurs phénomènes physico-chimiques tels que la complexation par des agents chélatants ou autres colloïdes, la précipitation, les transformations chimiques et biochimiques, et l'adsorption des composés organiques ainsi que les métaux lourds sur la matrice solide (Bhattacharya, Mukherjee, Jacks et Nordqvist, Kabata-Pendias et Pendias, 2000-2002)

L'adsorption des métaux lourds augmente avec la diminution du pH, ceci est dû à la protonation des hydroxydes en minéraux solides (Rai, Eary et Zachara,1989). L'acidité du sol favorise la mobilisation du Cr et du Zn, qui se manifeste par leur enrichissement dans les sédiments organiques (Bhattacharya, Mukherjee, Jacks et Nordqvist,2002).

5.6. Précipitation des métaux

Elle se fait en présence d'hydroxydes et des sulfures, qui font augmenter le pH ; seuls le fer, le chrome et l'aluminium précipitent à pH neutre. Le cuivre et le zinc précipitent jusqu'à pH = 8.5, tandis que le nickel, le plomb, le cadmium et l'argent ne s'éliminent qu'à des pH supérieurs à 9 (abdelouahab,1987).

5.7. Sédimentation :

Les matériaux susceptibles de sédimentation sont des particules qui correspondent à deux états physiques :

- D'une part, l'essentiel des éléments minéraux et des matières organiques capables de conserver les mêmes dimensions au cours de leur chute dans l'eau lorsque leur densité est supérieure à 1.
- D'autre part, des matières organiques plus fines, chargées électriquement et susceptibles de s'agglutiner. les modèles de sédimentation de ces particules sont différents et son fonction du mouvement des eaux (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer ,1984).

5.8. Adsorption

L'adsorption est la propriété que possèdent certains matériaux de pouvoir fixer à leur surface des substances (solutés ou adsorbats) contenues dans une phase liquide ou gazeuse (Singh, Muller et Singh, 2002). Les argiles, de par leur structure et leur taille ont un pouvoir adsorbant très important et sont utilisées dans l'élimination des métaux lourds.

Il existe deux mécanismes d'adsorption : le premier, en conditions acides : lié à la charge permanente des argiles minérales (c'est un échange cationique ou adsorption non spécifique).

L'autre en conditions neutres ou alcalines associé à la formation d'espèces hydrolysées ou de complexes organiques (McBride et Blasiak, 1979), ceci correspond à la grande affinité entre la surface d'adsorption et les cations métalliques (Atanassova, 1995).

5.9. Flocculation et biosorption

Une propriété importante des colonies bactériennes et des flocons de matière organique présents dans les eaux, est leur tendance à s'agréger les uns aux autres pour former des particules plus importantes, donc plus facilement décantables. Cette flocculation est l'aboutissement de phénomènes complexes qui tiennent à la structure même des corpuscules en suspension dans l'eau.

Ces particules sans être de vrais colloïdes possèdent quelques propriétés de micelles

colloïdales, en particulier une charge électrique négative qui leur communique un potentiel électrostatique (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer, 1984).

La biosorption amène les cellules affamées par une oxygénation intense en présence d'un taux faible d'aliment à absorber et stocker très rapidement les matières organiques solubles ou finement divisées qui leur sont offertes. Flocculation, adsorption et biosorption se combinent pour donner un taux initial élevé d'élimination de la DBO (Bechac, Boutin, Mercier, Nuer, 1984).

6. Les différentes classes de qualité et usage des eaux

La pollution de l'eau est une altération de sa qualité, les classes de qualité et usages possibles des eaux sont représentées par le tableau ci-dessous.

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

Tableau 3 : Les différentes classes de qualités et d'usage des eaux.

Qualité de l'eau	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution
Classe de qualité	1A	1B	2	3	4
Température(°C)	<20	De 20 à 22	De 22 à 25	De 25 à 30	>30
PH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	5.5-9.5	≤5.5 ou ≥9.5
O ₂ dissout (mg/l)(% de saturation)	≥7(≥90%)	5-7(de 70à 90%)	3-5 (de 50 à 70%)	<3 (< 50%)	
MES (mg/l)	-	≤ 30	-	30-70	>70
DBO5(mg/l)	≤3	3-5	5-10	10-25	>25
DCO (mg/l)	≤20	20-25	25-40	40-80	>80
Nitrates (mg/l)	-	≤44	-	44-100	>100
Ammonium (mg/l)	≤0.1	0.1-0.5	0.5-2	2-8	>8
Fer total (mg/l)	≤0.5	0.5-1	1-1.5	>1.5	-
Bactéries coliformes/10ml	-	<5000	-	-	-

(Elmi, Mdamni, Gordon, Macdonald et Stratton, 2005)

1.Introduction

La pédogenèse recouvre classiquement l'ensemble des processus qui traitent la formation et l'évolution du sol à la surface du globe (Pedro, 1977). Les éléments les plus importants à prendre en considération dans cette étude sont; la situation ou présentation de la zone d'étude, le climat, la géologie, la géomorphologie, l'hydrogéologie et la végétation existante au niveau de notre zone.

2.Situation géographique

La wilaya de Biskra s'étend sur une superficie de 21671.24 km².

Cette wilaya est limitée :

- Au nord par la wilaya de Batna et la wilaya de M'sila
- À l'est par la wilaya de Khenchela
- À l'ouest par la wilaya de Djelfa
- Au sud par la wilaya d' El Oued.

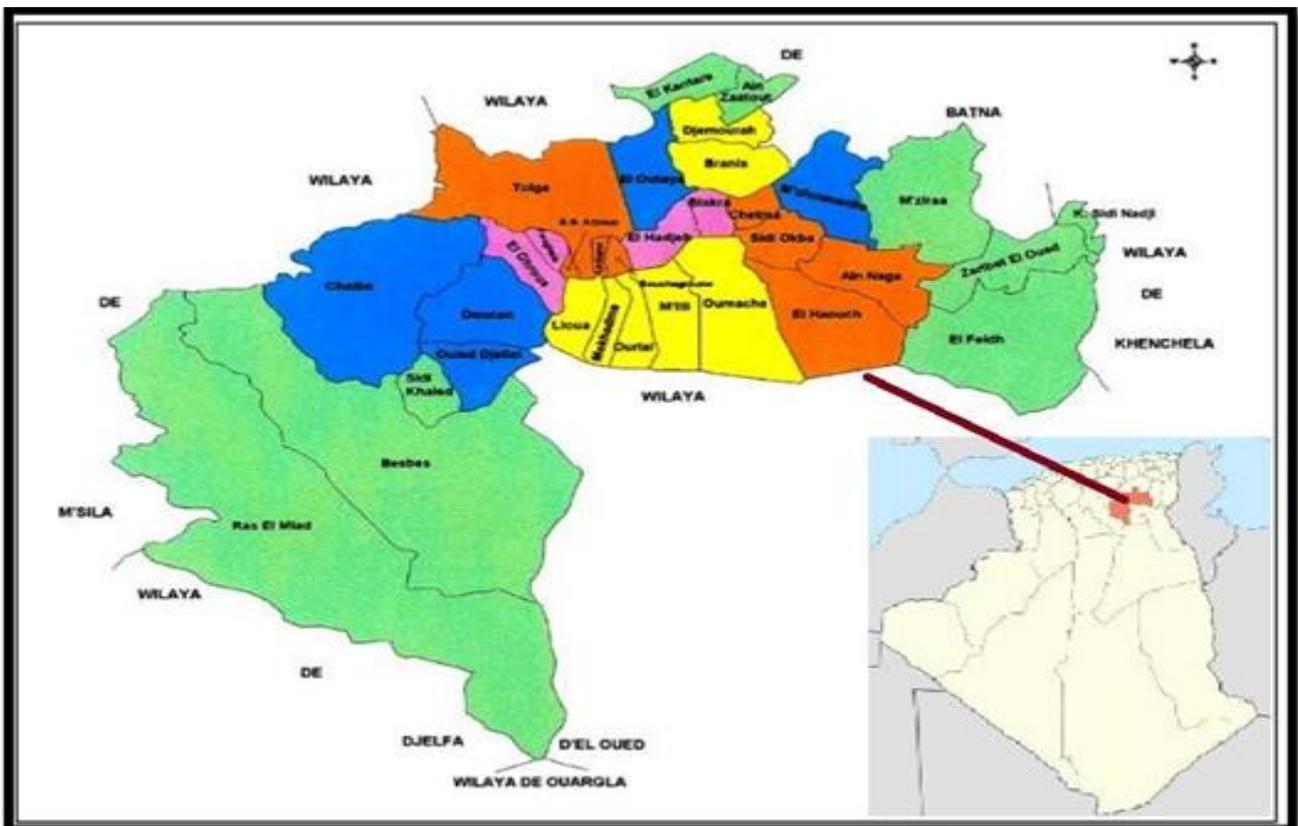


Figure 01 : Situation géographique de la wilaya de Biskra (ANIRF, 2010).

3.1. Caractéristiques édaphiques

3.1.1. Géomorphologie

La région de Biskra représente une transition entre les domaines atlasiques plissés du Nord et les étendues plates et désertiques du Sahara au Sud. D'une façon générale, le relief peut être réparti en 4 grandes zones ensembles géographique :

- **Les montagnes** : Situées au Nord de la région presque découvertes de toutes végétations naturelles (ElKantara, Djemora et M'Chounech).
- **Les plateaux** : À l'Ouest, ils s'étendent du Nord au Sud englobant presque la totalité des dairates d'Ouled Djelal , Sidi Khaled et une grande partie de Ras El Miad et Doucen.
- **Les plaines** : Sur l'axe El-Outaya, Doucen , se développent vers l'Est et couvrent la quasi-totalité des dairates d'ELoutaya ,Sidi Okba et Zeribet El-Oued et la commune de Doucen .
- **Les dépressions** : Dans la partie Sud-Est de la wilaya de Biskra. (Chot Melghigh) .(A.N.A.T, 2003) .

3.1.2. Pédologie

Les palmeraies des Ziban sont installées sur des sols salins. Au nord les Monts des Nememcha sont calcico-basiques. Les sols calcaires s'étendent à l'Est des Monts de Tebe.

À l'ouest, la ceinture du Djebel Bou Rhezel repose sur la roche mère nue. La zone du Chott Melrhir, au sud, est formée par des sols éoliens d'ablation et d'accumulation (Barbut, 1954).

D'après **Halilet (1998)**, les sols de la région de Biskra sont hétérogènes mais ils sont constitués des mêmes catégories rencontrées dans l'ensemble des régions arides de l'Algérie.

Les sols de la wilaya de Biskra présentent les caractéristiques suivantes:

- Au Sud les sols, sont caractérisés par les accumulations salées, gypseuses et calcaires.
- À l'Est les sols, sont définis par les sols alluvionnaires et les sols argileux fertiles.
- Au Nord (ou zones de montagne) c'est le siège de la formation des sols peu-évolués et peu fertiles.

- Enfin, la plaine située au Nord-Ouest de Biskra où les sols argileux-sodiques
- irrigués par les eaux fortement minéralisées **Khachai (2001)**.

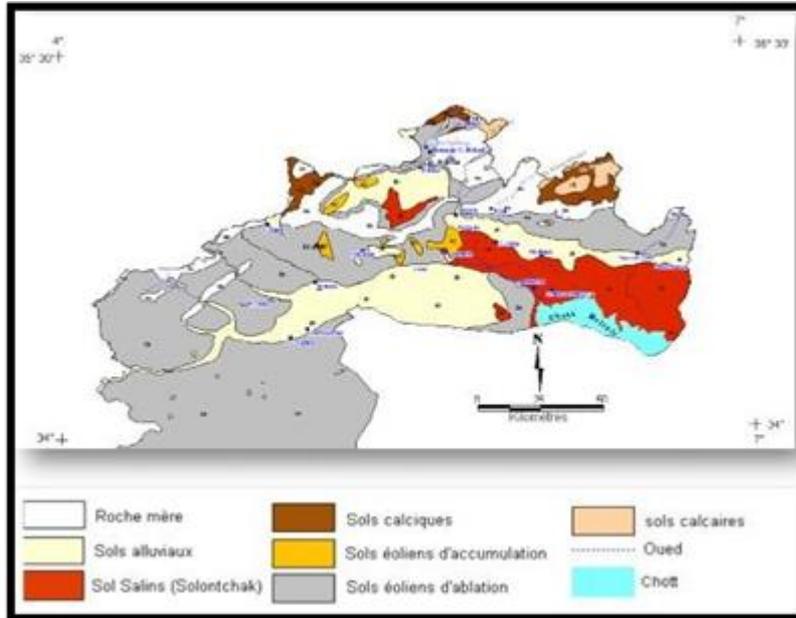


Figure 02 : Carte des sols de la région de Biskra . (Farhi, 2014)

3.1.3. Hydrologie

D'après **Hannachi et Belkhairi (1994)**, la région de Biskra est drainée par une série d'Oueds (**Figure 3**), dont les plus importants sont : **Oued Djedi, Oued Biskra, Oued El-Arab, Oued El-Abiod.**

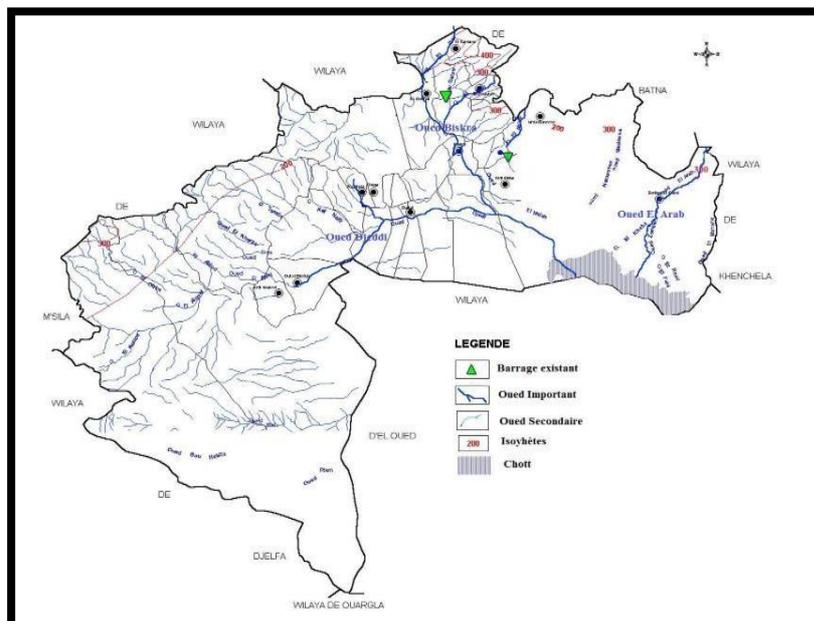


Figure 03 : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Biskra (Sedrati, 2011).

3.2. Caractéristiques climatiques

Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991). Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température (Chehema, 2005).

3.2.1. Températures

La température représente un facteur limitant car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métabolique et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et de la communauté d'être vivant dans la biosphère (**Ramade, 1978**).

Selon **Dreux (1980)** La température est un facteur écologique capital. Elle agit sur la répartition géographique des espèces animales.

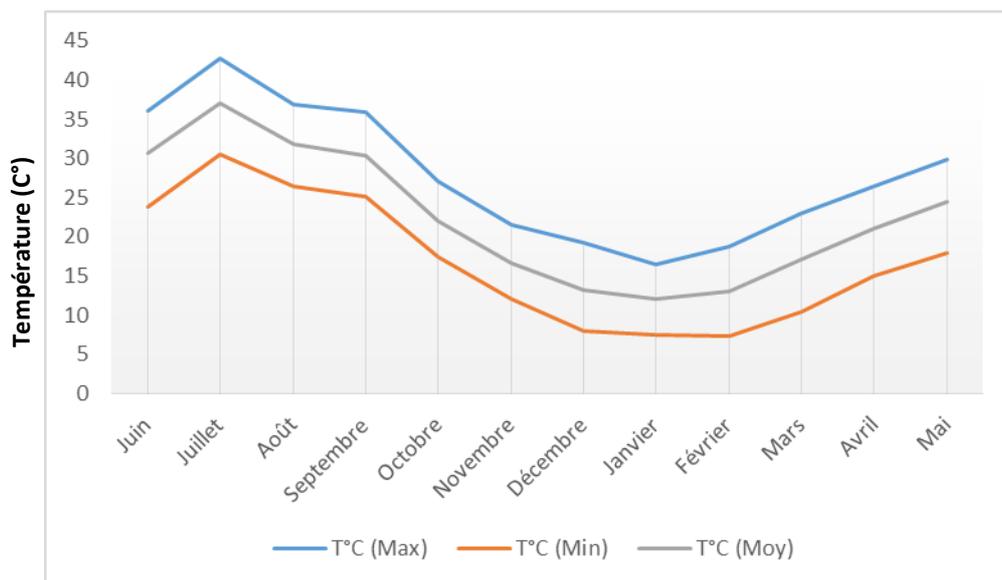


Figure 04 : température dans la wilaya de biskra durant la période de juin 2018 à Mai 2019

Durant la période (2018-2019) les températures moyennes maximales les plus élevées dans la région de Biskra sont enregistrées durant la période estivale (**Juin, Juillet et Août**), alors que la plus basse est celle du mois est de **Février** avec une température moyenne minimal de **7.4°C (Figure.04)**

3.2.2. La pluviométrie

Le climat du désert est caractérisé par des précipitations qui n'ont pas lieu tout les ans et peuvent survenir à tout moment de l'année (Durand, 1983). Concernant notre région et comme nous montre la figure 05.

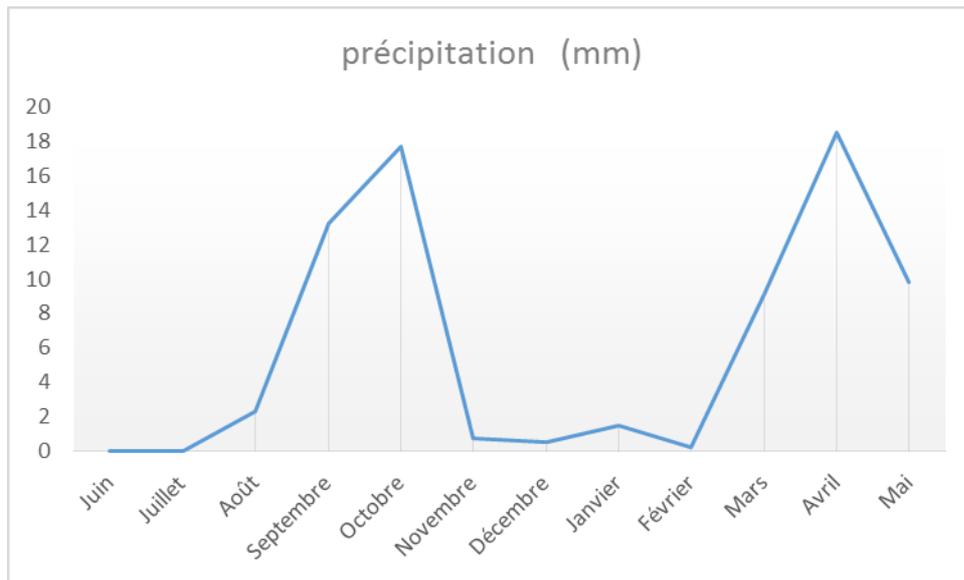


Figure 05 : précipitation (mm) dans la wilaya de biskra durant la période de juin 2018 à Mai 2019

La moyenne annuelle de la précipitation est de 6.13 mm/an, avec une irrégularité des précipitations mensuelles moyennes, qui varient de 0 mm (Juillet) à 18.5mm (Avril).

3.2.3. L'Humidité relative de l'air

Dans les Ziban, L'humidité relative moyenne mensuelle durant la période (2018- 2019) est de **42.5%**. On note un faible taux d'humidité de l'air même à l'ombre qui peut descendre jusqu'à **25.9** au mois de juillet. L'humidité relative maximale est enregistrée au mois de décembre (**58.7%**). Ces faibles valeurs s'expliquent par l'aridité du climat et la concentration des masses d'air chaud du Sahara **Figure(06)**.

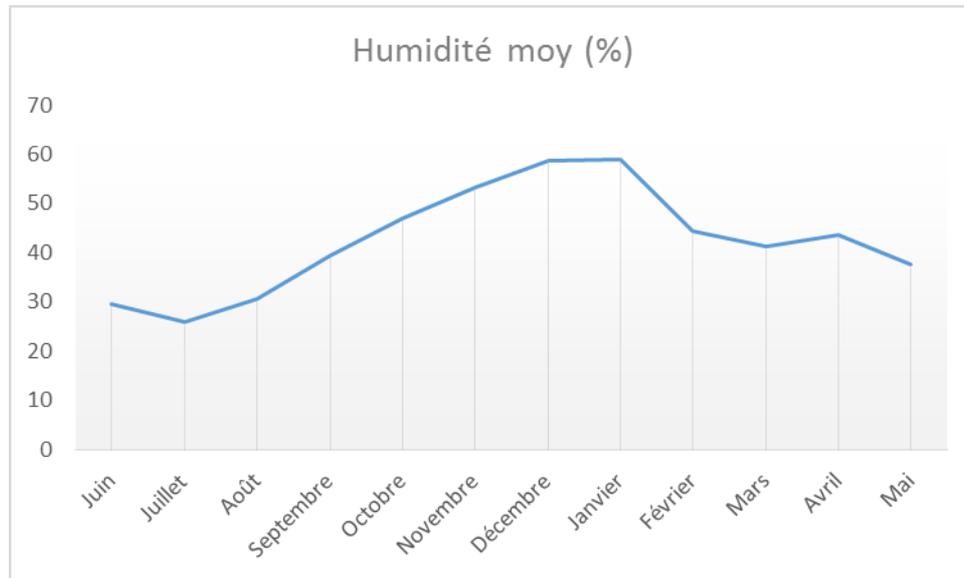


Figure 06 : Humidité relative en % dans la wilaya de Biskra durant la période de juin 2018 à Mai 2019

3.2.4. Le vent

Il constitue en certains biotopes un facteur écologique limitant. Sous l'influence de vents violents, la végétation est limitée dans son développement. (RAMADE, 2003).

Dans les régions arides, les vents jouent un rôle primordial dans la formation des reliefs et des sols, ainsi que dans la dégradation de la végétation et la destruction des sols (Halitim, 1988). Il revêt trois aspects : déflation, corrosion et accumulation (Coque, 1977).

Les vents sont relativement fréquents dans la région en fin de printemps et en été où le sirocco souffle violemment. En période hivernale ; prédominent les vents Nord-Ouest amenant l'humidité de l'Atlantique du Nord. Les vents de sables sont fréquents surtout pendant le printemps et l'été. Leurs conséquences les plus graves sont le déplacement des dunes de sable sous formes de Nabkhas et de Lunettes.

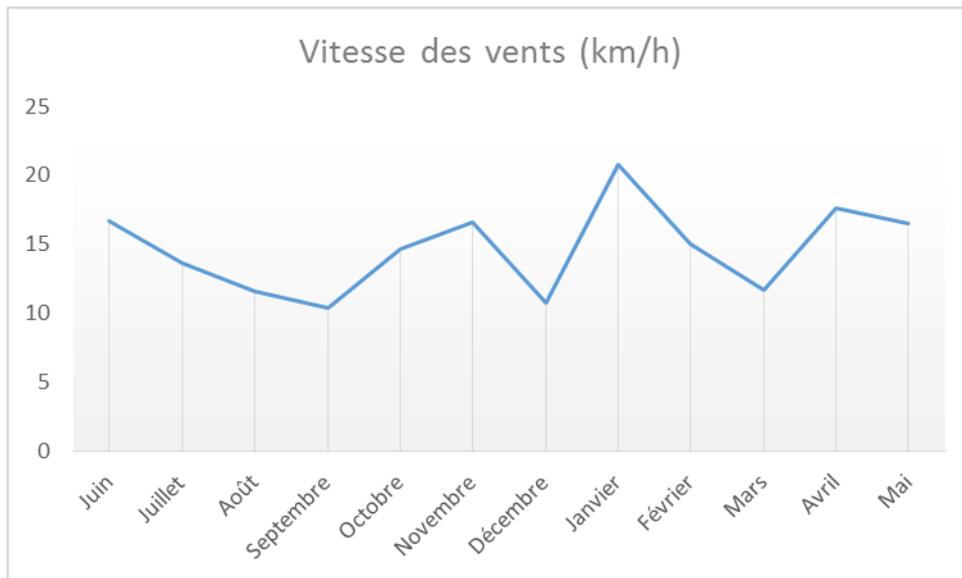


Figure 07 : Vitesse de vent (km/h) dans la wilaya de Biskra durant la période de juin 2018 à Mai 2019

La vitesse du vent est d'une moyenne annuelle de 14,65 m/s, la moyenne minimale est enregistrée durant les mois de Septembre et août avec 10.4 m/s, alors que la moyenne maximale 20.4 m/s est enregistrée durant le mois de Janvier. **(Figure 07).**

5. Végétation

L'étude de la végétation de la zone des oasis de Ziban montre une liaison étroite entre la composition floristique et les conditions du milieu.

La végétation y est rare elle comprend d'un part des plants annuelles à croissance rapide qui fleurissent et fructifient après les rares périodes humides, d'autre part des plantes vivaces adoptées à la sécheresse. (ARBI, 2005) Pour les oasis des Ziban caractérisées principalement par des sols à pédogenèse bien définie ; la végétation résultante de l'interaction sol-végétation permet de signaler la présence des groupements halophiles, psammophiles, gypsophiles et des groupements hygrophiles. (GALI, 2005)

La végétation actuelle est le résultat des interactions de trois facteurs ; climat, sol et action anthropique. L'existence des nappes favorise le développement des palmeraies dattiers dans de nombreuses Oasis comme ; Tolga, Borge Benazzouze, Ourlel et Oumech. Les cultures maraîchères sont pratiquées ; aussi ; comme culture intercalaire.

6. Sol

Les zones sahariennes sont constituées d'immenses étendues impropres à l'agriculture. Le plus souvent, dans ces régions, on appelle «sol agricole», des zones constituées de couches sédimentaires superficielles dont la fertilité et le pouvoir de rétention en éléments fertilisants et en eau sont faibles. Les horizons de surface sont le plus souvent recouverts d'apports sableux éoliens, ou sont très argileux, ou encore encroûtés ou salés. L'agriculture ne peut se faire sans apports fréquents d'éléments fertilisants et d'eau (Djennane, 1990).

Au Sahara il existe 6 grandes classes qui sont ; sols minéraux butés, sols peu évolués, sols calcimagnésiques, sols halomorphes, Sols hydromorphes, sols verticaux. Dans les Oasis, le sol est de type ou classe peu évolués au niveau des dépressions alluviales non salées et les daïas surtout quand ils ne sont pas salés (Khadraoui, 2010).

7. Eau

En Algérie, les ressources en eau sahariennes disponibles ne dépassent guère les 5,4 milliards de mètres cubes (Saker et Daddi, 2007).

À côté des barrages réservoirs Les ressources en eau sont essentiellement constituées par les eaux souterraines : les nappes phréatiques, les nappes du complexe terminal (C-T) qui s'étend sur

1 000 000 km² et est partagée entre l'Algérie, la Tunisie et Libye, est composée de plusieurs unités stratigraphiques. Les nappes du continental intercalaire (C-I) qui sont essentiellement fossiles (Hamamouche et al., 2017).

8. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation des caractéristiques climatiques de la région de Biskra. Les paramètres climatiques, Les caractères du climat saharien sont dus tout d'abord à la situation en latitude, au niveau du tropique, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (Ozenda, 1991).

Le climat saharien est caractérisé notamment par la faiblesse et l'irrégularité des précipitations, une luminosité intense, une forte évaporation et de grands écarts de température (Chehema, 2005).

1. Introduction

Les constats faits sur la situation de l'environnement de la ville de Biskra , la croissance rapide de la population, l'urbanisme accéléré, l'industrie polluante, l'inefficacité du traitement des effluents industriels, et l'absence totale du traitements des rejets de la ville , conduisent inéluctablement à une pollution des eaux, dont les signes sont visibles et alarmants.

Les risques sont encore plus graves, car ces eaux sont utilisées dans l'irrigation et servent même à l'abreuvement des animaux.

2. Objectifs

Le but de notre travail est de déterminer l'efficacité de l'autoépuration de l'eau dans la région de Biskra, pour ce faire, nous avons choisi deux endroits (Mizaraa, Lotaya) pour prélever des échantillons de sol et effectuer des analyses.

Les objectifs de ce travail seraient donc :

- La caractérisation des eaux résiduaires industrielles et domestiques de la ville Biskra
- Le suivi de la qualité physico-chimique de l'eau avant et après l'autoépuration
- La comparaison de la qualité de l'eau filtrée par les sols de Mizaraa et Lotaya

3. Echantillonnage

Nous avons mené un échantillonnage aléatoire simple est basé sur le principe que tous les éléments de la population ont une probabilité égale (non nulle) de faire partie de l'échantillon. nous avons prélevé trois échantillons sur chaque site pour avoir le résultat le plus précis.

3.1. Prélèvement de l'eau usée

L'échantillon d'eau a été prélevé directement de la source principale des eaux usées localisé dans sidi ghzal en face de L'Office National de l'Assainissement (ONA) voir la Figure (08).



Figure 08 : la Source des eaux usées, Biskra (photo 2020).

3.2. Prélèvement de sol

Le prélèvement de sol est réalisé par la tarière **Figure(10)** pour conserver la structure du sol, on a prélevé 60cm de la couche superficielle du sol de Miziraa et lotaya **Figure (09)**.



Figure 09 : le pélévment du sol sur terrain



Figure 10 : une Tarière

4. Conditions de prélèvement

Les échantillons d'eau sont prélevés manuellement au milieu de la source, en prenant le soin de mélanger l'eau, pour avoir un échantillon homogène. L'eau est prise dans des bouteilles de plastique, rincés avec l'eau à prélever, et fermer hermétiquement à l'intérieur du cours d'eau pour éliminer toutes les bulles d'air. Ensuite ils seront transportés au laboratoire dans des glacières à une température de 4°C, pour éviter toute activité biologique et tout changement de la qualité de l'eau.

La température et le pH sont mesurés in situ, mais pour des raisons de précision, le pH est mesuré encore une fois au laboratoire. Tous les autres paramètres sont mesurés au laboratoire.

5. Laboratoires d'analyses

Les analyses sont faites dans deux différents laboratoires, le premier est le laboratoire de département d'Agronomie Biskra et le deuxième est le laboratoire de centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA).

6. Méthodes d'analyses

Les méthodes utilisées pour les analyses d'eau et le sol sont résumées dans le tableau 9. À cause des conditions exceptionnelles de cette année, nous avons été impossibles de mesurer les autres paramètres de pollution tels que (DCO, oxygène dissous, turbidité) et certaines ions et cations, et aussi notre travail dans le laboratoire a été arrêté, nous n'avons donc pas pu obtenir tous les résultats nécessaires.

Tableau 9 : Méthodes d'analyses utilisées

Paramètre	Méthode utilisée	Appareils	Norme AFNOR
PH	Electrométrie	pH-mètre	NFT 90-008
Température (°C)	Thermométrie	Thermomètre	NFT 90-100
Conductivité (ms/Cm)	Electrométrie	Conductomètre	NFT 90-031
MES à 105°C (mg/l)	Filtration	Etuve	NFT 90-105
MVS à 625°C (mg/l)	Calcination	Four a moufle	NFT 90-105
DBO5 (mg d'O2/l)	Manométrie	DBO-mètre	NFT 90-103
Ammoniac (mg/l)	Colorimétrie (NESSLER)	Spectromètre à UV	NFT 90-015
Nitrites (mg/l)	Colorimétrie (ZAMBELLI)	Spectromètre à UV	NFT 90-013
Nitrates (mg/l)	Colorimétrie (salicylate de sodium)	Spectromètre à UV	NFT 90-012
Phosphates (mg/l)	Colorimétrie (acide ascorbique)	Spectromètre à UV	NFT 90-023
Sulfates (mg/l)	Néphélométrie	Spectromètre à UV	-
Cl (mg/l)	Titrimétrie (Mohr)	Burette	-
K, Na (mg/l)	Spectrophotométrie de flamme	Spectrophotomètre à flamme	-
Mg, Ca, CaCO3 (mg/l)	Complexométrie (EDTA)	Burette	-
Métaux lourds mg/l	Absorption atomique	Spectromètreb à absorption atomique	-
Calcaire total (%)	-	Calcimètre de Bernard	-
MO (%)	Méthode Anne	Burette	-
Granulométrie (%)	-	Pipette de Robinson	-

1. Résultats des analyses

Les Résultats sont résumés dans le Tableau 10

M : L'eau filtré par le sol de Mizaraa

L : L'eau filtré par le sol de Lotaya

Tableau 05 : Tableau des résultats.

Echantillon	L'eau d'irrigation	M	L
PH	6.7	7.55	7.88
CE(ms)	5.6	9.45	8.3
Ca(méq/l)	14.6	28.6	21.6
Mg(méq/l)	10.4	12.1	11.4
P	1.3127	05887	0.73025
S	1.6678	2.1174	1.8712

2. Interprétations des analyses

2.1. PH

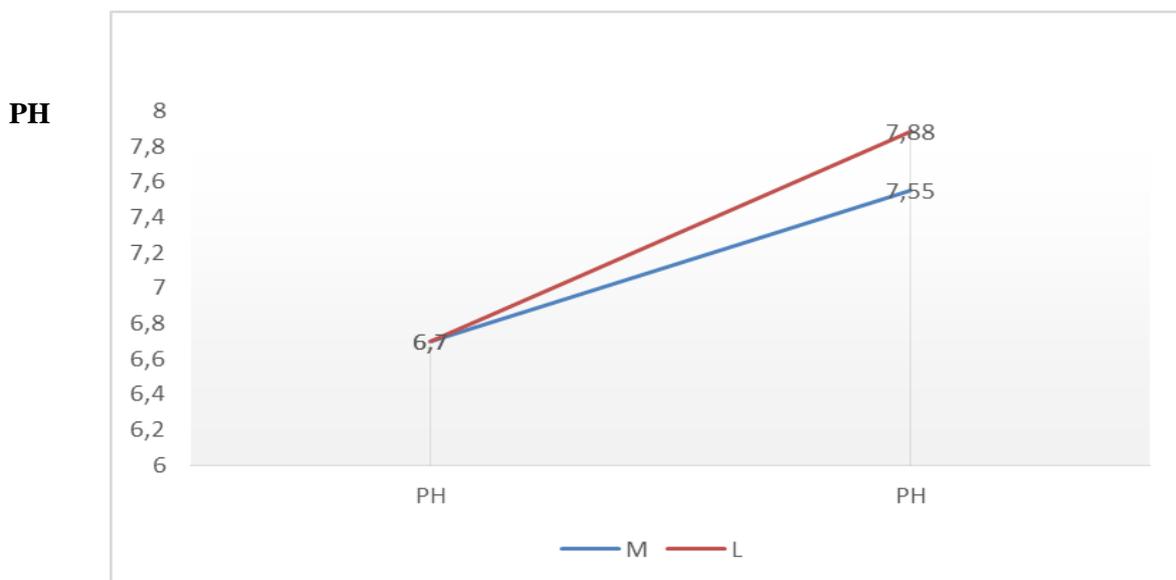


Figure 11 : Variation du pH

D'après la Figure 11, on remarque que la concentration de pH est de 6,7 à 7,55 dans la zone Mizaraa par contre dans la zone Lotaya elle est de 6.7 à 7.88.

On peut expliquer le passage de l'eau de l'état acide à basique par l'activité biologique et la matière organique qui existe dans notre sol.

2.2. Conductivité électrique (CE)

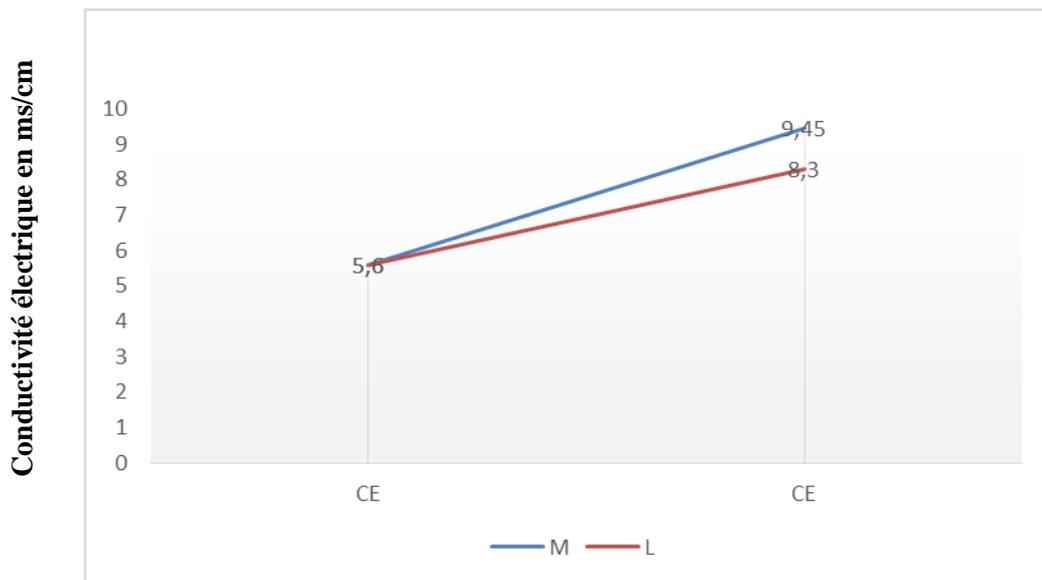


Figure 12 : Variation de la Conductivité électrique (CE).

La Figure 12 montre la variation de CE dans les deux zones. Nous notons que le CE a changé après la filtration de l'eau dans les deux sites, pour Mizaraa est de 5.6 à 9.45 ms/cm et Lotaya est de 5.6 à 8.3 ms/cm. Cette augmentation de la conductivité électrique indique que le sol a subi un lessivage des sels.

2.3. Calcium

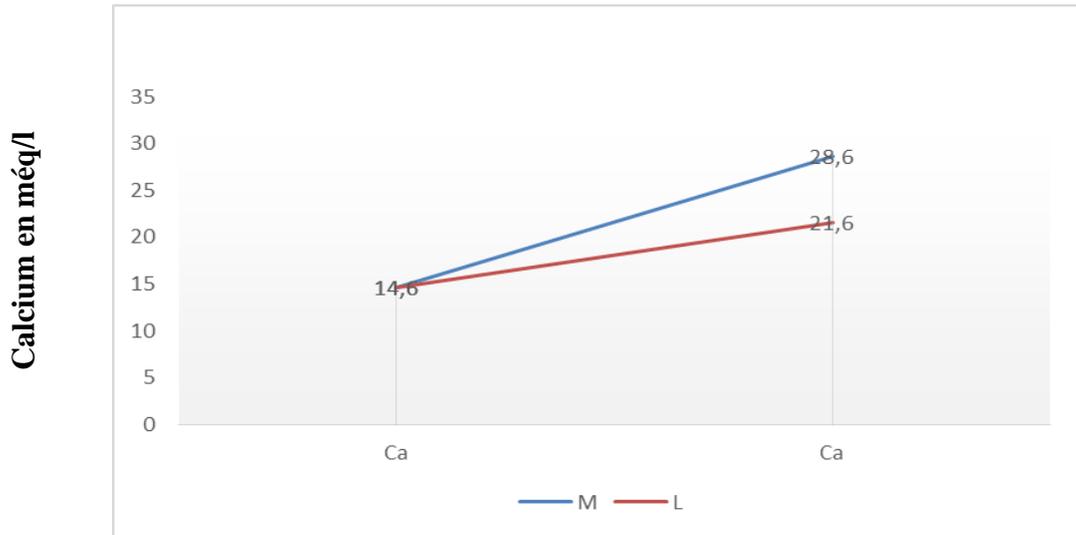


Figure 13 : Variation de la concentration de Calcium

Selon La Figure 13 la concentration de Calcium dans les deux zones est comprises entre 14.6-28.6 még/l pour Mizaraa et 14.6-21.6 még/l pour Lotaya.

Cette augmentation peut être expliquée par le lessivage des sels par le sol.

2.4. Magnesium

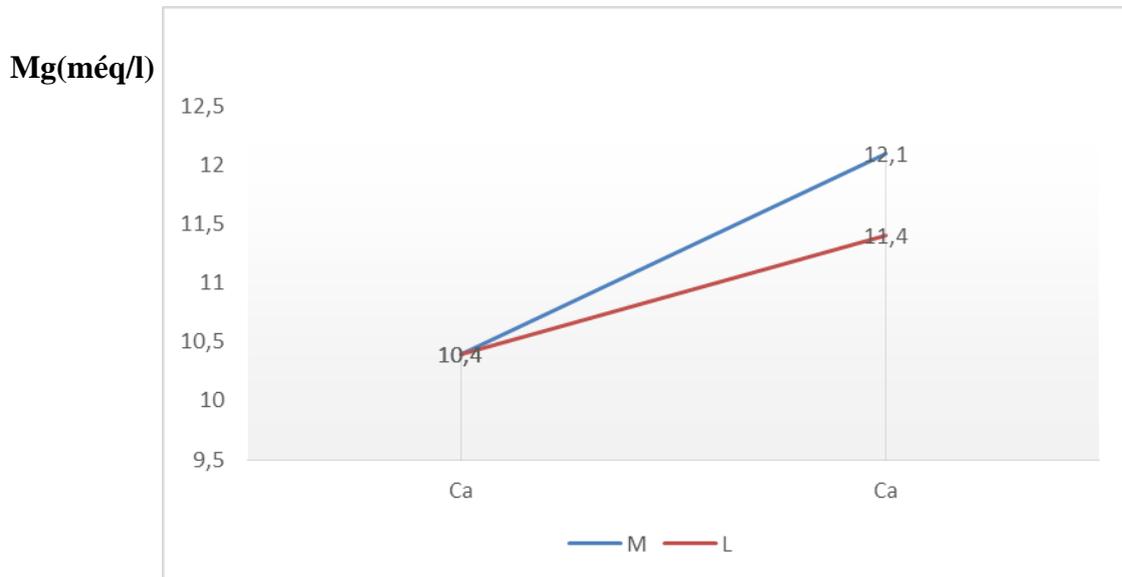


Figure 14 : Variation de la concentration de Magnesium

Selon la Figure 14 qui montre la variation de la concentration de Magnesium , la concentration a changé dans les deux sols nous notons un baissment pour Mizaraa est de 10.4 à 12.1még/l et Lotaya est de 10.4 à 11,4 még/l.

Cette augmentation est due au lessivage des sels.

2.5. Phosphate

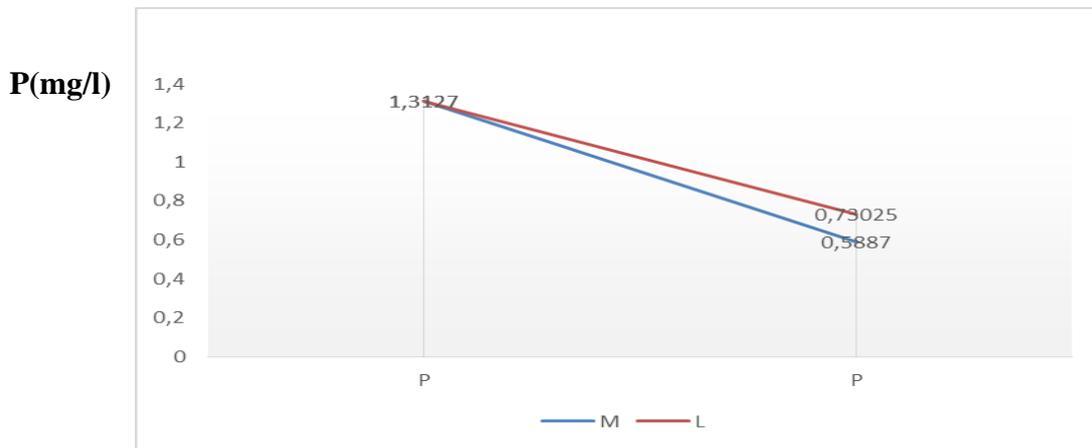


Figure 15 : Variation de la concentration de phosphate

La Figure 15 de la concentration de Phosphate dans les deux sites est rangé, pour Mizaraa est de 1,3127 à 0,5887 mg/l et Lotaya est de 1,3127 à 0,73025 mg/l.

Cette diminution indique que le sol a subit le phénomène de l'autoépuration.

On peut expliquer cette diminution par la présence des micro-organismes du sol qui fixe le Phosphate.

2.6. Sulfate

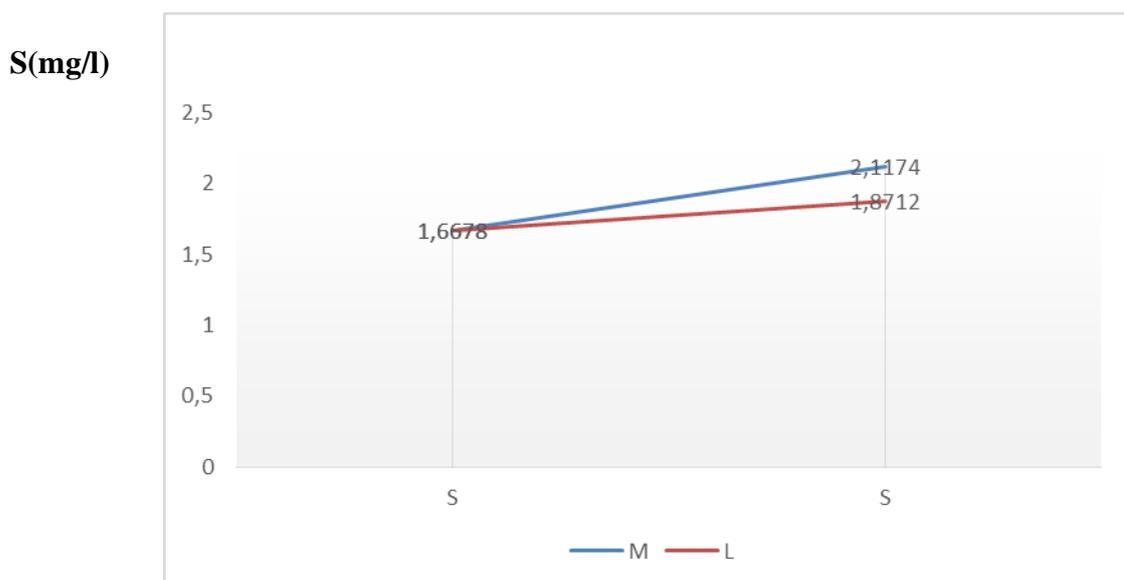


Figure 16: Variation des concentrations de Sulfate

La Figure 16 est une illustration graphique de la variation de concentration de Sulfate pour les zones étudiées, nous pouvons voir que la concentration de Sulfate a changé après la filtration de l'eau dans les deux sites, pour Mizaraa est de 1,6678 à 2,1174 mg/l et Lotaya est de 1,6678 à 1,8712 mg/l.

Cette augmentation s'explique par le lessivage des sels dans le sol pour les deux sites.

3. Discussion des résultats

Selon Hunter et Heukelekian concernant les caractéristiques moyennes des rejets urbains et selon Ikem et *al.* (2003) concernant les valeurs limites maximales des paramètres de rejet, les valeurs de pH pour un eau d'excellent qualité varient entre 6.5-8.5 et la valeur limite maximale de la phosphate est 2mg/l. lorsque la conductivité de l'eau atteint plus de 3 ms/cm, l'eau est considérée sévèrement salée.

Lorsque nous comparons nos résultats nous constatons que l'eau filtrée dans nos sites de Miziara et Lotaya est aux normes de la normale concernant le PH et le phosphate, cependant la forte concentration de sels dans l'eau (CA,Mg) et le CE élevé indiquent que l'eau est fortement polluée et très dangereuse à utiliser en irrigation.

Nous devons faire plus d'analyses sur l'eau afin de pouvoir donner une réponse précise à notre problème. Mais on peut dire avec les résultats obtenus.

La concentration élevée de la salinité de l'eau la rend impropre à l'irrigation et très toxique pour les eaux souterraines, l'utilisation des eaux usées dans notre région entraînera la pollution des ressources en eau et l'élimination des plantes qui ont une faible tolérance à la salinité et peut-être même affecter le bétail qui consomme cette eau.

Conclusion générale

Ce travail a été réalisé durant la campagne (2019- 2020), l'objectif principal de notre travail est de déterminer si les sols de Biskra sont capables de réaliser le phénomène de l'autoépuration de l'eau et s'il est possible d'utiliser ce phénomène naturel comme solution de traitement des eaux usées utilisées pour l'irrigation, nous avons choisi deux régions de Biskra pour répondre à notre question Miziraa et Lotaya.

Après avoir réalisé les analyses, nous avons obtenu les résultats suivants :

- Le pH : il a été de 6,7 à 7,55 dans la zone Miziraa par contre dans la zone Lotaya a été de 6.7 à 7.88.
- Le CE a changé après la filtration de l'eau dans les deux sites, pour Miziraa est de 5.6 à 9.45 ms/cm et Lotaya est de 5.6 à 8.3 ms/cm.
- la concentration de Calcium dans les deux zones est comprise entre 14.6-28.6 méq/l pour Miziraa et 14.6-21.6 méq/l pour Lotaya.
- La concentration de Magnesium a changé dans les deux sols, nous notons un baissment pour Miziraa est de 10.4 à 12.1méq/l et Lotaya est de 14.6 à 11,4 méq/l.
- La concentration de Phosphate dans les deux sites est rangé, pour Miziraa est de 1,3127 à 0,5887 mg/l et Lotaya est de 1,3127 à 0,73025 mg/l.
- La concentration de Sulfate a changé après la filtration de l'eau dans les deux sites, pour Miziraa est de 1,6678 à 2,1174 mg/l et Lotaya est de 1,6678 à 1,8712 mg/l.

Mais à cause de la situation de cette année (la pandémie COVID19), beaucoup d'analyse n'ont pas été faite.

Après avoir examiné nos résultats, nous avons conclu que :

- en raison du manque de matière organique dans les sols étudiés, le sol n'était pas capable de faire l'autoépuration mais à la place un lessivage des sels s'est produit.
- l'eau était plus polluée après la filtration en raison du phénomène de lessivage qui s'ajoutait à la dose des sels dans l'eau.
- l'irrigation avec eaux usées n'est pas une bonne stratégie à long terme pour lutter contre la sécheresse dans notre Wilaya.
- l'épuration nature de l'eau ne suffit pas à protéger l'eau souterraine de la pollution, les eaux usées doivent être traitées dans la station d'épuration avant d'être utilisées en irrigation.

Conclusion générale

Néanmoins, il serait intéressant de reprendre cette étude afin de mieux comprendre ce phénomène d'autoépuration dans la région de Biskra dans d'autre zone et de confirmer les résultats obtenus dans notre modeste travail.

Référence bibliographique

- 01- Amoulaï A et Chaïb A., 1999.** «Optimisation du rendement du bassin biologique de la station d'épuration de Staouali». Thèse de PFE, USTHB, Alger.
- 02 –Atmania A. et Safarbatî A.,1995** « Evaluation de la charge polluante et traitement biologique des eaux de séparation de la lévurerie de Oued Smar ». Thèse de PFE, USTHB, Alger,
- 03 - Abdelouahab C.,1987** « Elimination sur quelques argiles bentonitiques algériennes de métaux lourds présents dans les eaux résiduaires industrielles, cas du Cd et Zn ». Thèse de magister, USTHB, Alger.
- 04 –Arrar J.,1992** « Contribution à l'étude de la pollution de l'oued Reghaïa par les métaux lourds ». Thèse de magister, ENP, Alger.
- 05 -Anoup Krishnan K et Anirudhan TS.,2003** «Removal of CdII from aqueous solution by steam activated sulphurised carbon prepared from sugar-cane bagasse bith - kinetics and equilibrium studies». *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **29**, 212-225.
- 06 -Alloway B J et Ayres A K.,1997** « *Chemical principles of environmental pollution* ». 2ème édition. p. 214.
- 07 –Ajmal M Khan M A et Nomani A A.,1985** « Distribution of heavy metals in water and sediments of selected sites of Ymuna river, India ». *Environ. Monit. Assess* . Vol - **5**, 361-367 .
- 08 –Agbenin J O et Bernardo V R.,1999** « Rate processes of calcium, magnesium and potassium desorption from variable-charge soils by mixed ion-exchange resin ». *Geoderma*. Vol - **93**, 141-157.
- 09 -A.N.A.T .,2003** - Etude "Schéma Directeur des Ressources en Eau" wilaya de Biskra. Dossier agro-pédologique. A.N.A.T. p 231
- 10 -ARBI., 2005**
- 11 -Alloway B J et Ayres A K.,1997** « *Chemical principles of environmental polluti* ». 2ème édition. p. 214.
- 12 –Atanassova I D.,1995** « Adsorption and desorption of Cu at high equilibrium concentrations by soi land clay samples from Bulgaria ». *Environ. Pollu.* Vol - **87**, 17-21.

- 13 –Belahneche S et Madoui H.,2001** « Traitement biologique des eaux urbaines de la commune de Zeralda par lagunage». Thèse d'ingénieur, Génie des procédés, USTHB, Alger.
- 14 –Benaissa Y et Amarache N.,1999** « Traitement biologique d'un effluent urbain par une plante épuratrice ». Thèse de PFE, USTHB, Alger.
- 15 –Bechac J P et Boutin P et Mercier B et Nuer P.,1984** « Traitement des eaux usées ». Eyrolles, Paris.
- 16 –Benkhenouf Z et Dahmani H.,1990** « Traitement des eaux usées par les micro-algues ». Thèse de PFE, USTHB, Alger.
- 17 –Berkani I et Benarfa N.,2005** « Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigations des zones semi-arides cas de la région de Deldoul- Djelfa ». Thèse de PFE , CUD Djelfa.
- 18 -Boxall A B A et Maltby L.,1995** « The characterization and toxicity of sediment contaminated with road runoff ». *Water Reserch.* Vol - **29/9**, 2043-2050.
- 19 –Belkheiri D.,2005**«Contribution à l'étude de l'adsorption de métaux lourds sur un charbon actif d'origine végétale - le grignon d'olive». Thèse de magister. USTHB, Alger.
- 20 -Birch G F et Snowdon R T.,2004** “ The use of size normalization techniques in interpretation of soil contaminant distributions”. *Water, Air and Soil Pollution.* Vol - **157**, 1-12.
- 21 –Bhattacharya P et Mukherjee A B et Jacks GN et Nordqvist S.,2002**« Metal contamination at a wood preservation site - characterisation and experimental studies on remediation ». *the Science of the Total Environment.* Vol - **290**, 165-180.
- 22 –Becquer T et Quantin C et Sicot M et Boudot J P.,2003** «Chromium availability in ultramafic soils from New Caledonia ». *the Science of the Total Environment.* Vol - **301**, 251-261.
- 23 –Bousbaa D.,2000** « Traitement d'une eau usée secondaire urbaine avec le procédé (adsorption- coagulation) ». Thèse de PFE, USTHB, Alger.
- 24 -Barbut M., 1954** - Carte des sols de l'Algérie .p1
- 25 –Chaib A et Amoulaï A.,1999** «Optimisation du rendement du bassin biologique de la station d'épuration de Staouali». Thèse de PFE, USTHB, Alger.
- 26 –Chau B K et Chan K L.,1973** « Determination of labile and strongly bound metals in lake water ». *Water Reserch.* Vol - **8**, 383-388.

- 27 – Calace N et Campanella L et Palombo R et Petronio B M et Pupella A.,1998** «Soil characteristics studied by electrophoresis in stabilized medium ». *the Science of the Total Environment*. Vol - **219**, 7-12.
- 28 – Cela S et Sumner M.,2002**« Soil zinc fractions determine inhibition of nitrification ». *Water, Air and Soil Pollution*.Vol - **141**, 91-104.
- 29 –Cantrell KJ et Kaplan DL et Wietzma TW.,1995** «Zero-valent iron for the *in situ* remediation of selected metals in groundwater ». *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **42**, 201-212.
- 30 -Classification des sols CPCS ,.1967** (Commission de Pédologie et de Cartographie des sols)
- 31 -Coque., 1977**
- 32 -Chehman., 2005**
- 33 – Dahmane H.,1995** «Application du lagunage naturel dans l'épuration des eaux usées en zone semi aride, étude sur pilote in situ ». Thèse de magister, Batna.
- 34 -De Temmerman L et Vanongeval L et Boon W et Hoenig M et Geypens M.,2003** « Heavy metal content of arable soils in Northern Belgium ». *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **148**, 61-762.
- 35 - Dassenakis M et Scoullou M et Gaittis A.,1996** «Trace metal transport and behaviour in the mediterranean estuary of Acheloos river ». *Mar. Poll. Bull*. Vol - **34/2**, 103-111.
- 36 -DUBOST., 2002**
- 37 -Durand., 1983**
- 38 -Djennane., 1990**
- 39 –Echenfelder WW.,1982** « Gestion des eaux urbaines et industrielles », Paris.
- 40 –Elmi A et Mdamni A et Gordon R et Macdonald P et Stratton GW.,2005** « Nitrate nitrogen in the soil profile and drainage water in influenced by manure and mineral fertilizer, application in Barley – Carrot production system ». *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **160**, 119-132.
- 41 – Ellwood MJ et Van Den Berg CMG.,2000** « Zinc speciation in the northeastern Atlantic ocean ». *Marine Chemistry*. Vol - **68**, 295-306.

- 42 –Eary LE et Rai D.,1988** «Kinetics of chromium III oxidation to chromium VI by reaction with manganese dioxide ». *Environ. Sci. Technol.* Vol - **21**, 1178-1193.
- 43 –Fytianos K et Siumka A et Zachariadis GA et Beltsios S.,2002** « Assessment of the quality characteristics of Pinios river, Greece ». *Water, Air and Soil Pollution.*Vol **136** - 317-329.
- 44 –Florence TM.,1986** « Electrochemical approaches to trace element speciation in waters ». *Analyse, Chemistry.* Vol - **111**, 489-505.
- 45 –Fjeld E et Rognerrud S.,2001** « Trace element contamination of Norwegian Lake sediments ». *Ambio.* Vol - **30**, 11-19.
- 46 –Forstner U.,1992** « Metal speciation - general concepts and applications ». *Environment. Analyse. Chemistry.* Vol - **51**, 5-23.
- 47 –Fendorf SE.,1995** « Surface reactions of chromium in soils and waters ». *Geoderma.* Vol - **67**, 55-71.
- 48 –Forstner U et Muller G.,1981** « Concentration of heavy metals and PHB in river sediments - geochemical background, man's influence and environmental impact». *Geochemistry.* Vol - **5/5**, 417-432.
- 49 –Gaid A.,1984** «Epuraton biologique des eaux usées urbaines». Tome 1 et 2, Edition OPU, Alger.
- 50 –Ghosh UC et Dasgupta M et Debnath S.,2003** « Studies on management of CrVI contaminated industrial waste effluent using hydrous titanium oxide ». *Water, Air and Soil Pollution.* Vol - **143**, 2451-256.
- 51 -GALI., 2005**
- 52 –Himrane S et Khenich L.,2000** « Traitement complet d'une eau usée urbaine en vue de sa réalisation en irrigation par lagunage naturel ». Thèse de PFE, USTHB, Alger.
- 53 –Hammou N.,1991** « Le stockage sédimentaire dans les lagunes d'épuration d'eaux usées, sans incidence sur les composés azotés et les métaux lourds ». Thèse de doctorat USTHB, Alger.
- 54 –Haandel A et Van C.,1981** "The activated sludge process- 3. Single sludge denitrification". *Water. Res.* Vol - **15**, 1135-1152.
- 55 -HALITIM., 1988**

- 56 -Halilet M.T., 1998** - Etude expérimentale de sable additionné d'argile - Comportement physique et organisation en condition salines et sodique .Thèse.Doc . INRA Paris. France. p299.
- 57 -Hnnachi S et Belkhairi M., 1994** - Les Ziban - dynamique et diversité. Thèse DEA. Insti.form.supér.agro. sahar.Univ. Ouargla.p43.
- 58 -Haiyan W et Stuanes AO.,2003** « Heavy metal pollution en air-water-plant system of ZhuZhou city, Hunan provence, China ». *Water, Air and Soil Pollution*.Vol - **147**, 79-107.
- 59 -Hamamouche et al., 2017**
- 60 -Ikem A et Egiebor NO et Nyavor K.,2003** « Trace elements in water, fish hand sediments from Tuskegee lake, Southeastern, USA ». *Water, Air and Soil Pollution*.Vol **149** - 51-75.
- 61 -Ikonnikov V.,1993** « Pollution of sediments in the Lake Ladoga catchment-area and in the Gulf of Finland- influencing factors and processes ». *Land Degradation and Rehabilitatio*. Vol - **4**, 297-306.
- 62 -Kinniburgh DG et Jackson ML.,1982** « Concentration and pH dependance of calcium and zinc adsorption by iron oxide gel ». *Soil. Sci. Soc. Am*. Vol - **46/1**, 56-61.
- 63 -Kaplan DL et Gilmore TJ.,2004** «Zero-valent iron removal rates of aqueous CrVI measures under flow conditions». *Water, Air and Soil Pollution* Vol - **155**, 21-33.
- 64 -Kabata Pendias A et Pendias H.,2000** « Trace elements in soil and plants, 3ème edition ». *Boca Raton, FL - CRC Press*, p. 413.
- 65 -Kuo S et Baker AS.,1980** « Sorption of copper, zinc and cadmium by some acid soils ». *Soil Sci. Soc. Amer*. Vol - **44**, 969-74.
- 66 -Khadraoui., 2010**
- 67 -Khachai S., 2001** - Contribution à l'étude du comportement hydro physique des sols du périmètre de l'I.T.D.A.S des plaines intérieurs de l'Outaya .Mémoire. Mag.Univ . Batna. p223.
- 68 -Luther G et Zbigniew W et Ryans R et Meyerson L.,1986** « On the speciation of metals in the water column of a polluted estuary». *Mar. Pollut. Bull*.Vol - **17/12**, 535-542.

- 69 – Legret M et Pagotto C.,1999** «Evaluation of pollutant loading in the runoff waters from major rural highway». *the Science of the Total Environment*. Vol - **235**, 143-150.
- 70 –Loska K et Wiechuta D et Korus I** « Metal contamination of farming soils affected by industry ». *Environment International*. Vol - **44**, 154-163.
- 71 –Mangani G et Berloni A et Bellucci F et Tatano F et Maione M.,2005** « Evaluation of the pollutant content in road runoff first flush waters ». *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **160**, 213-228.
- 72 – Maltby L et Boxall ABA et Forrow D et Callow P et Betton CL.,1995** « The effects of mororway runoff on freshwater ecosystem - 2. Identifiying major toxicants ». *Environment. Toxicologie. Chemistry*. Vol - **14/6**, 1093-1101.
- 73 –Muller F et Kester D.,1991** « Voltammetric determination of the complexation parameters of zinc in marine and estuarine waters ». *Marine. Chemistry*.Vol - **33**, 71-90.
- 74 –Maire R.,1979** « *Comportement du karst vis à vis des substances polluantes* ».p 101-108,Belgique.
- 75 –Maachou R.,2005** « Evaluation de la charge polluante et traitement par lagunage des rejets la lévurerie de Oued Smar ». Thèse de magister. USTHB, Alger.
- 76 –Meziane A et Ait Oubelli.,1984** « Epuration des eaux résiduaires de l’agglomération de Zéralda ». Thèse de PFE, ENP, Alger.
- 77 –McBride MB et Blasiak JJ.,1979** « Zinc and copper sorption solubility as a function of pH in an acid soil ». *Soil Sci. Soc. Amer*. Vol - **43**, 866-870.
- 78 –Nriagu JO.,1989** « A global assessment of natural sources of atmospheric trace metals ». *Nature*. Vol - **333**, 47-9.
- 79 –Olias M et Ceron JC et Moral F et Ruiz F.,2006** « Water quality of the Guadiamar River after the Aznalcollar spill (SW Spain) ». *Chemosphere*. Vol - **62**, 213-225.
- 80 -Ozenda P ., 1991** Les relations biogéographiques des montagnes sahariennes avec la région méditerranéenne. *Rev.géographie Alpin* .pp43-53
- 81 – Perdikaki K et Madson CF.,1999** « Impact of road runoff on receiving streams in eastern England ». *Water Reserch*. Vol - **33/7**, 1627-1633.
- 82 –Pain DJ et Merharg A et Sinclair G et Powell N et Finnie J et Williams R et Hilton G.,2003** Levels of cadmium and zinc in soils and plants following the toxic spill from apyrite mine, Aznalco´ llar, Spain ». *Ambio*. Vol - **32**, 52–57.

- 83 – Powell RM et Puls RW et Hightower SK et Sabatini DA.,1995** «Coupled iron corrosion and chromate reduction - mechanisms for subsurface remediation ». *Environ. Sci. Technol.* Vol - 29.
- 84 –Poduska RA et Andrews JF.,1975** “Dynamics of nitrification in the activated sludge process”. *Water. Chem. Poll. Environ.* Vol - 11, 1599-1611.
- 85 -Pedro.,1977**
- 86 – Quevauviller PH et Ure A et Muntau H et Griepink B.,1992** « Improvement of analytical measurements within the BCR-programme, single and sequential extraction procedures applied to soil and sediment analysis ». *Environment. Analyse. Chemistry.* Vol - 51, 129-134.
- 87 –Rodier J.,1984** «Analyses de l’eau, 7ème édition ». Paris.
- 88 -René Scriban.,1999** « *Biotechnologie. 5ème édition* », Paris.
- 89 –Rai D et LE Eary et JM Zachara.,1989** « Environmental chemistry of Chromium ». *Sci. Total Environ.* Vol - 86, 15-23.
- 90 -RAMADE., 2003**
- 91 –Salem Z.,1989** « Evaluation de la charge polluante de la ville d’Alger et traitement par boues activées ».Thèse de magister, USTHB, Alger.
- 92 –Suarez J et Puertas J.,2005** « Determination of COD, BOD and suspended solids loads during combined sewer overflow (CSO) events in some combined catchment in Spain ». *Ecological Engineering, Elsevier.* Vol 24 - 201-219.
- 93 – Soldan P.,2003** «Toxic risk of surface water pollution- six years of experience ». *Environment International.* Vol - 28, 677-682.
- 94 –Singh M et Muller G et Singh I.,2002** « Heavy metals in freshly deposited stream sediments of rivers associated with urbanisation of the Ganga plain, India ». *Water, Air and Soil Pollution.* Vol - 141, 35-54.
- 95 –Scoullou M et Pavlidou A.,2000** « Metal speciation studies in brackish/marine interface system ». *Global Nest.* Vol - 2/3, 255-264.
- 96 – Snowdon RT.,2001** “The geochemistry of soils in the iron cove catchment“. *Water, Air and Soil Pollution* Vol - 109, 217-227.

- 97 –Sadiq M.,1991**« Solubility and speciation of zinc in calcareous soil ». *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **57-58**, 411-421.
- 98 –Scoullou M et Pavlidou A.,2003** « Determination of the lability characteristics of lead, cadmium and zinc in a polluted mediterranean Brackishh-marine interface system ». *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **147**, 203-227.
- 99 – Sholkovitz ER.,1976**«Floculation of dissolved organic and inorganic matter during mixing of river water and seawater». *Geochim. Cosmochim.* Vol - **40**, 831-845.
- 100 –Strrech F.,1978** « Drinking water standards ». *Scavengers*. Vol - **8**, 7-19.
- 101 –Sawada A et Mori K et Tatsumi K.,2004** « Removal of CrVI from contaminated soil by electrokinetic remediation ». *Waste Management*. Vol - **24**, 483-490.
- 102 –Sager M.,1992** « Chemical speciation and environmental mobility of heavy metals in sediments and soils ». *Environ. Sci. Technol.* Vol - **18**, 175-190.
- 103 –Salomons M.,1980** « Biochemical processes affecting metal concentrations in lake sediments, Ijsserlmeer, Netherlands ». *Sci. Total Environ.* Vol - **16**, 217-229.
- 104 –Schoer J.,1985** « Iron-oxo-hydroxides and their significance to the behavior of heavy metals in estuaries ». *Environ. Technol. Lett.* Vol - **6**, 189-201.
- 105 -Saker et Daddi., 2007**
- 106 -Stewart ,.1969**
- 107 –Sass RM et Rai D.,1987** « Solubility of amorphous chromium III-ironIII hydroxide acid solutions ». *Inorganic Chemistry*. Vol - **26**, 2228-2232.
- 108 –Uehara G et Gilman G.,1981** «The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays ». *Westview Press, Boulder, CO*.
- 109 –Vaillant JR.,1973** « Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution ». *Editions Eyrolles, Paris*.
- 110 –Vaillant JR.,1974** « Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires, eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles ». *Eyroles, Paris*.
- 111 –Wentzel MC et Ekama GA et Doldet PL et Marais G.,1990** “Biological excess phosphorus removal. Steady state process design”. *Water, Air and Soil Pollution*. Vol - **16**, 29-42.
- 112 –Yahiaoui S et Baghdali Z.,2000** « Evaluation de la charge polluante et traitement biologique des eaux usées de la commune de Zeralda ». Thèse de PFE, USTHB, Alger.

Résumé :

Notre étude a été réalisée durant l'année (2019-2020) sur le phénomène de l'autoépuration dans la région de Biskra en particulier dans deux zones Miziraa et Lotaya.

On a mené une analyse sur les eaux usées filtrées par les deux types de sol, nous avons constaté d'après les résultats que les deux types de sol ne sont pas capables de réaliser l'autoépuration mais ils ont subi le phénomène du lessivage et les eaux usées filtrées étaient plus polluées.

Les Mots clés: autoépuration, eaux usées, sol, Miziraa, Lotaya, lessivage

Abstract :

Our study focused on the phenomenal self-purification in the Biskra region in particular Miziraa and Lotaya after conducting an analysis on the wastewater filtered by the two soils we found that

Biskra soils are not able to perform self-purification

the soil suffered the phenomenal leaching and the filtered wastewater was more polluted

Key words: self-purification, wastewater, soil, Miziraa, Lotaya, leaching

ملخص :

ركزت دراستنا على التنقية الذاتية الهائلة في منطقة بسكرة على وجه الخصوص منطقة المزيرعة ولوطايا بعد إجراء تحليل لمياه الصرف الصحي التي تمت تصفيتها بواسطة التربنتين وجدنا أن

تربة بسكرة غير قادرة على التنقية الذاتية

عانت التربة من الترشيح الهائل وكانت مياه الصرف الصحي المصفاة بالتربة أكثر تلوثاً

الكلمات المفتاحية: التنقية الذاتية ، مياه الصرف الصحي ، التربة ، المزيرعة ، لوتايا ، الرشح