

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة والحياة

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل

المكتبة
رقم الجرد : 2382

Université Med -Seddik Benyahia -Jijel

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département des Sciences de l'Environnement
et des Sciences Agronomiques



كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم علوم المحيط و العلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option : Toxicologie de l'environnement

Thème

*Contribution à l'étude de l'effet des actions
anthropiques sur un hydro-écosystème littoral dans la
région de Jijel. Cas du lac d'El-Kennar.*

Jury de soutenance :

- ❖ Président: M^r : Kisserli O.
- ❖ Examineur : M^r : Kermiche A.
- ❖ Encadreur: M^r : Younsi S.

Présenté par :

- M^{lle} : Siari Salma.
- M^{me} : Souissi Leila.

Session : Juin 2016

Numéro d'ordre :

Remerciements

Avant tout, nous remercions "ALLAH" tout puissant qui nous a donné la force et de nous avoir permis d'arriver à ce stade-là.

Notre sincères sentiments vont également à toute personne ayant participé de près ou de loin à la confection de ce travail.

L'ensemble des enseignants de l'Ecotoxicologie surtout, M^r MAYACHE B., professeur à l'université de Jijel et M^{me} BALLI N. pour leurs conseils et pour leurs remarques durant la réalisation de ce travail.

Nous exprimons également nos sincères remerciements à M^r Khannouf T. et

M^{lle} Khannouf H. de leur contribution à ce travail.

Nous remercions M^r Younsi S., notre encadreur de mémoire pour ces conseils, ces remarques pertinentes et la collaboration afin de la réalisation de ce travail.

Nous remercions les membres de jury : M^r Kjsserli O. comme président de jury et M^r Kermiche A. comme examinateur, d'avoir accepté de juger ce travail de recherche.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation

Nos remerciements vont à l'équipe de laboratoire d'ECOTOXICOLOGIE 2016 surtout «MADJIDA».

Merci pour ta patience, tes conseils, ta gentillesse et te bonne humeur.

Sahna & Loïsa

Sommaire

| | |
|-----------------------------|-----|
| Liste des tableaux..... | V |
| Liste des figures..... | VI |
| Liste des abréviations..... | Vii |
| Introduction..... | 01 |

Chapitre I : Synthèse bibliographique

| | |
|--|-----------|
| 1. Généralités..... | 03 |
| 1-1. Définition de l'eau..... | 03 |
| 1-2. Cycle de l'eau..... | 04 |
| 1-3. L'usage de l'eau | 05 |
| 1-3-1. L'usage domestique | 05 |
| 1-3-2. L'usage industriel | 05 |
| 1-3-3. L'usage agricole..... | 05 |
| 1-4. Classification et typologie | 06 |
| 1-4-1. Les eaux superficielles | 06 |
| 1-4-2. Les eaux souterraines..... | 06 |
| 2. Ecosystèmes aquatiques et pollution..... | 06 |
| 2-1. Aperçus sur la pollution des écosystèmes aquatiques..... | 06 |
| 2-2. définition de la pollution | 07 |
| 2-3. Les différents types de la pollution d'eau..... | 08 |
| 2-3-1. Pollution physique..... | 08 |
| 2-3-2. Pollution microbiologique..... | 08 |
| 2-3-3. Pollution chimique | 08 |
| 2-3-4. Pollution métallique..... | 08 |
| 2-3-4-1. Définition des métaux lourds..... | 08 |
| 2-3-4-2. Classification des métaux lourds..... | 08 |
| 2-3-4-3. Contamination de l'eau par les ETM..... | 09 |
| 2-4. L'origine anthropogénique de la pollution des écosystèmes aquatiques..... | 09 |
| 2-4-1. Pollution domestique..... | 09 |

| | |
|---|-----------|
| 2-4-2. Pollution industrielle | 10 |
| 2-4-3. Pollution d'origine routière | 10 |
| 2-4-4. Pollution agricole..... | 10 |
| 2-5. Les conséquences de la pollution d'un milieu aquatique..... | 12 |
| 2-5-1. L'eutrophisation..... | 12 |
| 2-5-1-1. Définition..... | 12 |
| 2-5-1-2. Les causes de l'eutrophisation..... | 12 |
| 2-5-1-3. Les phases de l'eutrophisation..... | 13 |
| 2-5-1-4. Problèmes généraux associés à l'eutrophisation..... | 14 |
| 2-5-2. Modification des caractères physico-chimiques et conséquences biologiques..... | 15 |
| 2-5-3. Accumulation des métaux toxiques dans le milieu..... | 15 |
| 3. La surveillance de la qualité d'eau..... | 16 |
| 3-1. Les paramètres physico-chimiques..... | 16 |
| 3-2. les paramètres de pollution..... | 17 |
| 3-3. Paramètres résiduels | 18 |
| 3-4. Métaux toxiques et indésirables..... | 19 |
| 3-5. Paramètres microbiologiques..... | 19 |
| 4. Gestion de l'eau et réglementation..... | 21 |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | |
|--|-----------|
| 1. Cadre général de la zone d'étude..... | 22 |
| 1-1. situation géographique de la commune d'El-kanner..... | 22 |
| 1-2. Localisation et description du site d'étude..... | 23 |
| 1-3. Réseau hydrographique..... | 23 |
| 1-4. Caractères bioécologiques..... | 24 |
| 1-5. Caractères socio-économiques..... | 24 |
| 1-6. Conditions climatologiques..... | 24 |
| 1-6-1. La Température..... | 24 |
| 1-6-2. Les précipitations..... | 25 |
| 1-7. Identification des sources de pollution du lac El-Kennar..... | 26 |
| 2. Plan d'échantillonnage et techniques de prélèvement..... | 28 |

| | |
|---|-----------|
| 2-1. Localisation et description des stations de prélèvement..... | 28 |
| 2-2. Prélèvement des eaux..... | 29 |
| 2-3. Conservation et prétraitement des échantillons avant les analyses..... | 30 |
| 3. Méthodes de mesure et d'analyse..... | 30 |
| 3-1. Mesures effectués sur le terrain..... | 30 |
| 3-2. Mesures réalisées au laboratoire..... | 31 |
| 3-2-1. Turbidité..... | 31 |
| 3-2-2. Spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A.)..... | 31 |
| 3-2-3. Spectrophotométrie d'absorption moléculaire (S.A.M.)..... | 32 |
| 3-2-4. Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)..... | 32 |
| 3-2-5. Demande chimique en oxygène (DCO)..... | 33 |
| 3-2-6. Matières en suspension (M.E.S)..... | 33 |
| 3-2-7. Dosage de l'azote KJELDAHL..... | 33 |
| 3-2-8. Méthodes d'analyse bactériologiques..... | 34 |
| 4. Analyse des résultats..... | 36 |

Chapitre III : Résultats et discussions

| | |
|---|-----------|
| 1. Les paramètres physico-chimiques..... | 37 |
| 1-1. Résultats des analyses..... | 37 |
| 1-2. Interprétation et discussion..... | 37 |
| 1-2-1. La température (T °C)..... | 37 |
| 1-2-2. Potentiel Hydrogène (pH)..... | 38 |
| 1-2-3. La turbidité..... | 38 |
| 1-2-4. La conductivité électrique (CE)..... | 39 |
| 3-2-4. L'Azote KJELDAHL..... | 39 |
| 2. Paramètres résiduaire..... | 41 |
| 1-1. Résultats des analyses..... | 41 |
| 1-2. Interprétation et discussion..... | 41 |
| 2-2-1. DBO ₅ | 41 |
| 2-2-2. DCO..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 2-2-3. MES..... | 42 |
| 3. Les paramètres de pollution par les nutriments | 44 |
| 3-1. Résultats des analyses..... | 44 |
| 3-2. Interprétation et discussion..... | 44 |
| 3-2-1. Nitrites..... | 44 |
| 3-2-2. Nitrates..... | 45 |
| 3-2-3. Les orthophosphates..... | 45 |
| 4. Les métaux lourds..... | 46 |
| 4-1. Résultats des analyses..... | 46 |
| 4-2. Interprétation et discussion..... | 46 |
| 4-2-1. Plomb..... | 46 |
| 4-2-2. Cadmium..... | 47 |
| 5. Corrélation entre les différents paramètres de l'eau | 48 |
| 6. Qualité microbiologique de l'eau..... | 49 |
| 6-1. Résultats des analyses..... | 49 |
| 6-2. Interprétation et discussion..... | 50 |
| 6-2-1. La flore totale aérobie mésophile (FTAM)..... | 50 |
| 6-2-2. Coliformes totaux..... | 50 |
| 6-2-3. Coliformes Fécaux (Coliformes Thermotolérante)..... | 50 |
| 6-2-4. Escherichia Coli (<i>E. Coli</i>)..... | 51 |
| 6-2-5. Clostridium sulfito- réducteurs..... | 51 |
| 6-2-6. Streptocoques Fécaux (SF)..... | 51 |
| 7. La qualité de l'eau du lac et les domaines probables de l'usage..... | 53 |
| 7-1. Qualité physico-chimique | 53 |
| 7-2. La qualité microbiologique..... | 53 |
| 7-3. Qualité métallique..... | 53 |
| Conclusion..... | 55 |
| Références bibliographiques..... | 57 |
| Annexes | |



Liste des tableaux

| Tableau | Titre | Page |
|-------------------|--|-------------|
| Tableau 01 | Types de pollution des eaux, leurs natures et leurs origines | 11 |
| Tableau 02 | problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eau | 14 |
| Tableau 03 | Répartition mensuelles des températures au niveau de la wilaya de Jijel de la période 2005 à 2015 | 25 |
| Tableau 04 | Répartitions mensuelles des précipitations au niveau de la wilaya de Jijel de la période 2005-2015 | 25 |
| Tableau 05 | les types et les quantités des pesticides les plus utilisés dans les terrains agricoles | 27 |
| Tableau 06 | quantification des facteurs de perturbations dans les quatre stations. | 29 |
| Tableau 07 | Variation spatiale des paramètres physico-chimiques (moyenne \pm écart type). | 37 |
| Tableau 08 | spatiales des paramètres résiduaire (moyenne \pm écart type) | 41 |
| Tableau 09 | variation spatiales des paramètres de pollution (moyenne \pm écart type) | 44 |
| Tableau 10 | Variation spatiale de la teneur des métaux lourds (moyenne \pm écart type). | 46 |
| Tableau11 | Matrice de corrélation entre l'ensemble des variables analysées des stations étudiées | 48 |
| Tableau 12 | résultats des paramètres microbiologiques des eaux du lac | 49 |
| Tableau 13 | l'usage potentiel des eaux du lac dans les quatre stations | 54 |


Liste des figures

| Figure | Titre | Page |
|------------------|--|-------------|
| Figure 01 | Cycle général de l'eau | 04 |
| Figure 02 | schématisation des 4 étapes de manifestation de l'eutrophisation | 13 |
| Figure 03 | Situation géographique de la région d'étude | 22 |
| Figure 04 | localisation du site d'étude (1/25 000) | 23 |
| Figure 05 | Variations moyennes mensuelles des températures de la période 2005 à 2015 | 25 |
| Figure 06 | Variations moyennes mensuelles des précipitations de la période 2005 à 2015 | 25 |
| Figure 07 | localisation des stations de prélèvement | 28 |
| Figure 08 | Répartition spatiale de la valeur moyenne des paramètres physico-chimiques : Température (A), Conductivité électrique (B), pH (C) , Turbidité (D), Azote total (E) | 40 |
| Figure 09 | Répartition spatiale de la teneur moyenne des paramètres résiduels de l'eau : DBO ₅ (A), DCO (B), MES (C) | 43 |
| Figure 10 | Répartition spatiale de la teneur moyenne des paramètres de pollution de l'eau par les nutriments : Nitrates (A), Nitrites (B) et Orthophosphates (C) | 46 |
| Figure 11 | variations spatiale de la teneur moyenne des paramètres métalliques de l'eau : plomb (A), cadmium (B) | 47 |
| Figure 12 | variations des paramètres microbiologiques de l'eau du lac : la flore totale aérobie mésophile (FTAM) (A), coliformes totaux (B), coliformes fécaux (C) | 52 |

Liste des photos

| Photo | Titre | Page |
|-----------------|--|-------------|
| Photo 01 | Accumulation des déchets sur les bordures du lac | 26 |
| Photo 02 | L'activité agricole sur les bordures du lac | 26 |
| Photo 03 | Photos représentatives des 4 stations de prélèvements d'eau | 28 |
| Photo 04 | la valise multi-paramètre utilisée pour les mesures effectuées sur terrain | 30 |
| Photo 05 | l'appareil de mesure de la turbidité (turbidimètre) | 31 |
| Photo 06 | l'appareil spectrophotomètre d'absorption moléculaire | 32 |
| Photo 07 | l'analyse de la DBO | 32 |
| Photo 08 | l'appareil de mesure de la DCO | 33 |
| Photo 09 | l'application des tests microbiologiques | 36 |

Introduction



Introduction



Depuis de nombreuses années, la protection de l'environnement est une préoccupation majeure à l'échelle mondiale. En effets, après des décennies de production de déchets incontrôlée, l'homme a pris conscience de l'intérêt vital qu'il a à préserver l'équilibre écologique du milieu dans lequel il vit (Norseth, 1994).

Les zones humides sont des milieux d'une importante richesse, elles fournissent l'eau et les aliments à d'innombrables espèces de plantes et d'animaux (M.E.A., 2005). Ces milieux, très différents de par leur nature et leur fonctionnement, jouent un rôle considérable dans la préservation de la biodiversité et la gestion des ressources en eau (Schuyt, 2005).

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause de l'élimination des différents déchets (Amis et al., 2007). Ainsi, les eaux superficielles véhiculent une multitude de microorganismes, dont certains sont pathogènes pour l'homme. Selon Houston (1996), cette contamination microbiologique des eaux est due essentiellement aux eaux résiduaires, aux déchets et aux excréments humains et animaux.

En effet, de la position géographique stratégique de l'Algérie, la configuration physique et la diversité de son climat, la partie Nord-est renferme de nombreux lacs d'eau douce, des marais et des plaines d'inondation (Boumezber, 2001). Parmi ces derniers le lac d'El-Kennar à l'Est du chef lieu de la wilaya de Jijel, constituant un patrimoine bioécologique et socioéconomique important pour de nombreux usages (ressources en eau, avifaune, plantes aquatiques ayant un intérêt artisanal ...etc.).

Cet hydrosystème littoral est pratiquement touché par divers polluants du fait de l'activité humaine en particulier les pratiques agricoles, l'aménagement, le pâturage ...etc. A titre d'exemple nous citons les rejets domestiques des eaux usées des agglomérations proches déversant directement et sans traitement préalable dans le lac ; ces derniers conduisent à la libération des substances hautement toxiques dans ce milieu aquatique et son enrichissement par des microorganismes pathogènes.

Dans une perspective de répondre à la problématique posée, abordant l'effet des actions anthropiques dans la pollution du lac d'El-Kennar, nous avons mené ce présent travail, qui a pour objectifs les points suivants :

- Evaluer la qualité physico-chimique (T°C, pH...etc.) et microbiologique de l'eau du lac, Ainsi que l'estimation de la teneur en quelques éléments toxiques (plomb et cadmium).
- Classer l'eau selon les différents paramètres de qualité des eaux superficielles par la comparaison des résultats obtenus avec les normes du Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux (SEQ-Eau), qu'il fournit des évaluations concernant la qualité physico-chimique de l'eau pour chaque altération d'une part et l'incidence de cette qualité sur la biologie et les usages de l'eau d'autre part.

La présentation de ce travail s'articule autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre : est une étude bibliographique. Elle est consacrée à une étude générale sur l'eau, les types, l'origine et les conséquences de la pollution de l'eau ainsi que les paramètres indicateurs de la pollution.
- Le deuxième chapitre : est une étude géologique et climatique du milieu avec l'étude expérimentale qui expose les zones de prélèvement, le matériel et les méthodes analytiques.
- Le troisième chapitre : est une présentation des résultats obtenus, leurs interprétations et une discussion appuyés par des études statistiques sur la qualité des eaux du lac.
- Le travail sera clôturé par une conclusion générale qui donnera une idée globale sur la qualité physico-chimique, métallique et microbiologique des eaux du lac.

Chapitre I :
Synthèse bibliographique



1. Généralités

Là où s'arrête la terre et commence la mer existe un monde à part, fluctuant à double visage maritime et terrestre : le littoral (**Henry, 2008**). Il se définit comme une zone de contact entre le continent et la mer ; c'est-à-dire le milieu littoral comprend la côte elle-même (**Michel, 2003**).

L'intégralité des zones humides et leurs rivages dont une partie se situe dans le littoral à partir des plus hautes eaux maritimes. Les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique (**JORA, 2002**). Certains milieux humides sont composés d'un assemblage de divers types d'écosystèmes (par exemple : étangs, marais, marécage ou marécage-tourbière) (**Couillard et Grondin, 1986**).

Un écosystème est un complexe dynamique d'organismes vivants, composé des communautés de plantes, d'animaux et de microorganismes (la « composante biotique ») et de leur milieu non vivant (le substrat, ce qui inclut les sédiments, l'eau et l'atmosphère, constituant la « composante abiotique»), qui interagissent comme une unité fonctionnelle (**PNUE, 1992**).

1-1. Définition de l'eau

L'eau est un liquide incolore, inodore, insipide, c'est un corps composé résultant de la combinaison de trois volumes : 2 hydrogène et 1 oxygène, de formule chimique H_2O , sa température d'ébullition et de 100 °C, sous pression de l'atmosphère, et se solidifie à 0 °C (**Belghoul, 1994**). Elle atteint sa densité maximale à une température de 4 °C et se dilate en se congelant (**Martin, 1979**).

L'eau se rencontre dans l'écosphère sous trois états ; solide, liquide, et gazeux dépendant des conditions particulières de température et de pression, l'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est excellent solvant, elle causé la solubilité de nombreux gaz, corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro-chargés (**Michard, 2002**).

1-2. Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau est la succession des phénomènes permettant à l'eau de passer d'une forme à l'autre et d'un lieu à l'autre. Le terme porte une connotation de circuit en boucle, bien que le transfert subisse de nombreux arrêts et décalages. La rétention procède de plusieurs échelles de temps (Armand, 2003).

L'hydrosphère chauffée par l'énergie solaire, s'évapore et conduit à la présence d'eau dans l'atmosphère. Cette eau, à la suite d'un refroidissement de l'air, se condense en gouttes ou cristaux de glace et se trouve précipitée sous forme de pluie, neige ou grêle sur la lithosphère à la surface de laquelle approximativement une partie pénètre, une partie ruisselle, quant une autre s'évapore à son tour (fig. 01) (Vilagines, 2003).

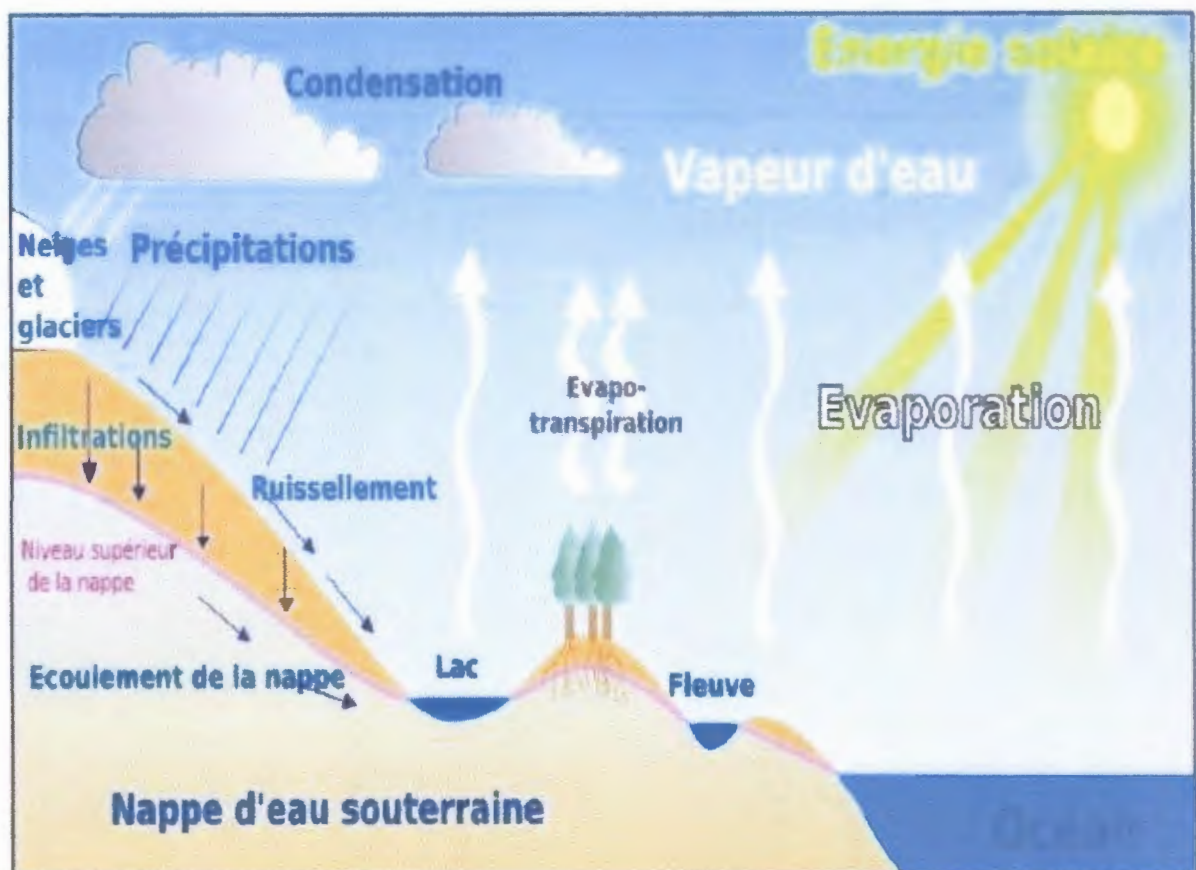


Figure 01 : Cycle général de l'eau (Claude et *al.*, 1998).

1-3. L'usage de l'eau

1-3-1. L'usage domestique

L'eau constitue un des éléments familiers de notre vie quotidienne (**Gérard, 1999**). Les besoins physiologiques et métaboliques quasi incompressibles pour une personne sont de l'ordre de 3 litres par jour. A cette quantité vitale viennent s'ajouter la consommation d'eau par les diverses activités de lavage, dont l'hygiène corporelle et l'évacuation des déchets (**Henry, 2008**).

Il est clair que les eaux de consommation sont utilisées à différentes fins. Un habitant consomme 230 litre par jour, n'en utilise que seulement 1% pour le boisson et 6% pour la préparation de la nourriture, les 93% restant sont consacrés aux bains-douches (39%), aux sanitaire (20%), au lavage de la ligne (12%), de la vaisselle (10%), à des usages domestiques divers (6%) et au lavage des voitures et arrosage du jardin (6%) (**M. Defrance, 1996**).

1-3-2. L'usage industriel

La consommation industrielle d'eau présente actuellement près de 22% de la consommation mondiale totale. Cette eau est utilisée, a quelques exceptions près, pratiquement dans toutes les phases de fabrication, depuis l'extraction des matières premières jusqu'aux produits finis. Elle joue un rôle souvent fondamentale dans de nombreux procédés de refroidissement et de condensation, de dissolution et de séparation des produits, de lavage et de rinçage des pièces, d'entraînement et d'évacuation des polluants (Ex : il faut 10 tonnes d'eau pour raffiner une tonne de pétrole brut...) (**Henry, 2008**).

1-3-3. L'usage agricole

Dans les régions tempérées et humides, les précipitations sont souvent suffisantes pour satisfaire les besoins hydriques des cultures. A l'opposé dans les pays chauds et secs, la culture intensive n'est possible qu'avec l'apport artificiel de masses colossales d'eau. Cette irrigation à outrance provoque une consommation des quantités considérables d'eau (**Henry, 2008**).

Dans l'agriculture par exemple : 1 hectare de maïs consomme 20000 m³ d'eau pendant la période végétative, et 1 hectare de riz 40000 m³ en moyenne (**Bensouilah, 1995**).

1-4. Classification et typologie

1-4-1. Les eaux superficielles

Ce terme englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface du continent. Ces eaux ont pour origine, soit des nappes profondes dont l'émergence constitue une source de ruisseaux et de rivières, soit des rassemblements des eaux de ruissellement (**Ramade, 2000**).

Les eaux de surface se répartissent classiquement en plusieurs catégories des milieux aquatiques (**Ramade, 1998**).

- **Les eaux stagnantes**

Les eaux stagnantes continentales sont constituées par des flaques, des mares, des étangs et des lacs. Un lac peut être considéré comme une étendue d'eau libre stagnante remplissant une dépression naturelle des continents, sans contact direct avec les océans (**Meybeck, 1995**).

- **Les eaux courantes**

Les fleuves et les rivières constituent un vaste réseau hydrographique qui mène à la mer. Ce sont des milieux ouverts présentant des échanges constants avec les systèmes qu'ils traversent (**Genin et al, 2003**).

1-4-2. Les eaux souterraines

Les eaux qui ne sont ni ré évaporées, ni retournées à la mer par ruissellement s'infiltrent dans le sol et le sous-sol pour s'y accumuler et constituer les eaux souterraines (**François, 2008**). Les propriétés physico-chimiques des eaux souterraines sont étroitement liées à leurs origines géologiques, c'est-à-dire déterminées par la nature, la structure et la composition des terrains (**Jean, 2004**).

Parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité, une température et une composition chimique sensiblement constantes, et l'absence d'oxygène dissous (**Boeglin, 1999**).

2. Ecosystèmes aquatiques et pollution

2-1. Aperçus sur la pollution des écosystèmes aquatiques

Les zones humides méditerranéennes sont vulnérables à la destruction ou à la modification suite au développement économique et social rapide (Morgan et Boy, 1982). Avec l'augmentation de la population, le genre de vie des Hommes, les aléas climatiques, les techniques de pêche et les pratiques agricoles, il se pose des problèmes environnementaux dont la pollution est l'un des plus importants (Agonkpahou, 2006).

Une eau est polluée par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines. Les substances polluantes sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanentes (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelles ou aiguës (Rodier, 2005).

Le phénomène de la pollution affecté surtout les mares temporaires méditerranées, qu'en dépit des faibles superficies (Médail et al., 1998 ; Quézel, 1998 ; Grillas et al., 2004), où la réponse de ces derniers aux activités anthropiques est terminée par la dégradation (Karr et Chu, 1999).

2-2. Définition de la pollution

Une pollution peut se définir comme une dégradation ou une perturbation du milieu, qui résulte en général de l'apport de matières ou de substances exogènes. Ses effets peuvent être modificateurs ou destructeurs vis-à-vis du fonctionnement du milieu, selon la nature ou la qualité de polluant (Genin et al., 2003).

D'une façon plus précise : « constitue une pollution toute modification du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des constituants chimiques naturels ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme » (Ramade, 2000)_b.

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement, car l'eau est l'interface entre l'air et le sol, subit donc les dégradations de ces deux milieux (Bouziani, 2000).

2-3. Les différents types de la pollution d'eau

2-3-1. Pollution physique

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variés dans l'eau ; qui lui confèrent un caractère trouble (Bouziari, 2000). La pollution physique désigne autre type de pollution telle que la pollution thermique (Faurie et al., 1998).

2-3-2. Pollution microbiologique

Résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau (Belhaj, 2001). Ces microorganismes pathogènes (virus, amibes, bactéries ou champignons) sont des vecteurs de différentes maladies pour l'homme (Ramade, 1982).

2-3-3. Pollution chimique

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple: les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autres sels, ainsi que des ions métalliques (Boudjelal et Djoudi, 2003).

2-3-4. Pollution métallique

2-3-4-1. Définition des métaux lourds

Les définitions des métaux lourds sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que de l'objectif de l'étude à réaliser (Belabed, 2010). Du point de vue scientifique, ce terme employé pour l'ensemble des métaux ayant une masse atomique élevée (Ramade, 1993). Ils sont des métaux dont la masse volumique est supérieure à 5 g/cm^3 . Alors, l'arsenic et le sélénium ne sont pas des métaux mais des métalloïdes et inclus aussi dans cette appellation (Gilles, 2012). Quand la concentration des métaux est moins de 0.1%, ces dernières sont appelées les éléments traces métalliques (ETM), qu'ils sont présents dans les sols, les sédiments et les eaux de surface (Alloway et Ayres, 1997).

2-3-4-2. Classification des métaux lourds

Certains métaux (Ex : Cu et Zn) sont essentiels en petite quantité à la croissance de tous les organismes ou pour compléter leur cycle de vie, mais deviennent toxiques quand leur absorption devient excessive. A l'inverse, d'autres métaux (Ag, Cd, Cr, Hg, Pb) ne sont pas essentiels et sont dits toxiques (Forstner et Wittman, 1981), ils peuvent induire des déficiences en éléments essentiels, au travers de la compétition pour les sites actifs des molécules

importantes dans la physiologie des organismes (Walker et al., 1996). Généralement, la présence de ces métaux n'est pas rare dans le milieu vivant (Freiberg et al., 1979).

2-3-4-3. Contamination de l'eau par les ETM

La contamination de l'environnement aquatique par un nombre d'éléments traces métalliques a augmenté considérablement de nos jours. Parmi les organismes aquatiques, les phytoplanctons et les zooplanctons jouent un rôle majeur dans le cycle biogéochimique des métaux lourds par bioaccumulation, transferts aux niveaux supérieurs ou par redistribution (Rana, 1995). La migration des métaux lourds vers les nappes phréatiques est fonction de nombreux paramètres :

- La forme chimique initiale du métal.
- La perméabilité du sol et du sous-sol.
- L'activité biologique où certains microorganismes ont la capacité d'ingérer des métaux, alors d'autres les solubilisent par acidogènes.
- La teneur en matière organique du sol (Di Benedetto, 1997).

2-4. L'origine anthropogénique de la pollution des écosystèmes aquatiques

Depuis l'apparition des premières cités, au début du Néolithique, les sources de pollution n'ont fait que croître en nombre et en importance.

Cependant, ce n'est qu'à l'aube de la civilisation industrielle, au milieu du XVIII^e siècle, que les phénomènes de pollution prirent une importance significative qui, depuis, est allée en accroissement de façon exponentielle jusqu'à nos jours (Ramade, 1998). De ce fait on distingue plusieurs origines de la pollution due à l'action de l'homme.

2-4-1. Pollution domestique

Elle provient des activités humaines de tous les jours : bains, excréments, préparation des aliments, lessive et vaisselle (Radoux et al., 1991). L'homme introduit ainsi dans les eaux usées des détergents et des huiles qui retardent l'autoépuration des cours d'eau (Leroy, 1999).

Les lixiviats chargés bactériologiquement et surtout chimiquement de substances tant minérales qu'organiques (Hakkou, 2001), qu'ils prennent leur chemin vers les cours d'eaux. Elle se caractérise par de fortes teneurs en matières organiques et minérales dont l'azote et le phosphore (Genin et al., 2003).

2-4-2. Pollution industrielle

Elle est caractérisée par une très grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau dans les différents procès (refroidissement, lavage, extraction, mise en solution... etc.) (Genin et al., 2003). De plus l'eau sert à évacuer les déchets des industries, la pollution provient :

- de pertes en matières premières dans les eaux de lavage (industrie laitière...).
- d'élimination de produits de dégradation accompagnés souvent de matières premières.
- de pertes en réactifs, incomplètement épuisés ou fixés (industrie de textile et de traitement des surfaces...).

Ainsi de nombreuses industries rejettent dans les eaux de surface des substances persistantes (Ex : le Chrome, le mercure...etc.) (Guérin et Thomazeau, 1985).

2-4-3. Pollution d'origine routière

Les polluants émis en milieu routier sont de nature métallique (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, Pd, Pt,...) et organique (HAP, hydrocarbures totaux). Ils proviennent de l'usure des garnitures de frein et des pneumatiques, de la corrosion des véhicules et des chaussées mais aussi des gaz d'échappement (Durand, 2003), où le Pb représentait alors le tiers du poids des particules émises par celui-ci (Miquel, 2001).

Une pollution de l'eau s'effectue par la retombée des polluants atmosphériques d'origine routière dans les plans d'eau (Henry, 2008), ces retombés résultent du lessivage de l'atmosphère par les eaux de pluies (Garnaud et al., 2001). Ainsi les eaux de ruissellement routier véhiculent une grande quantité de polluants vers les cours d'eau (Bäckström et al., 2004).

2-4-4. Pollution agricole

Une mauvaise pratique culturale entraîne des dégradations environnementales (Sharma et al., 1996). Le lessivage des terres cultivées et les ruissellements sur le sol entraînent une partie des biocides vers les réseaux hydrographiques qu'ils polluent (Koeman et al., 1967, Jones, 1971). Les fertilisants et les pesticides sont plus facilement lessivés ou transportés avec des particules du sol (Le Gall et al., 1997). Les lacs et les réservoirs reçoivent alors des apports considérables de sédiments et autres matériaux par ces ruissellements en saison de pluie (Daouda, 2010).

Les pollutions agricoles s'intensifient depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation. Elles sont importantes mais difficiles à quantifier :

❖ **Les engrais** : apportent aux végétaux cultivés les nutriments nécessaires à leur croissance. Les trois principaux sont : l'azote, le phosphore et le potassium. Les trois éléments qui sont l'hydrogène, le carbone et l'oxygène, nécessaires à l'activité de la photosynthèse sont apportés par l'air et l'eau (Chebbah et Talbi, 2012). Les engrais azotés sont source de nitrates dont l'augmentation qui peut être lente et irréversible est une donnée fondamentale de la pollution des eaux de ruissellement et des eaux souterraines (Commoner, 1970).

❖ **Les pesticides** : sont des produits chimiques destinés à détruire les champignons (fongicides), les mauvaises herbes (herbicides), les vers de terre (ématicides) et les insectes (insecticides). Les pesticides sont développés pour être rapidement neutralisés avec une durée de vie active courte des lors qu'ils sont dissous dans le sol (Chebbah et Talbi, 2012).

Le tableau 01 montre les différents types de pollution des eaux selon leur nature et leur origine.

Tableau 01. Principaux types de pollution des eaux, leur nature et leur origine.

| Types de pollution | Natures | origines |
|--------------------------|--|--|
| <u>Physique</u> | Rejets d'eau chaude | Centrales thermiques, nucléaires |
| | Matières en suspension | Rejets urbains, érosion des sols |
| <u>Chimique</u> | Matières organiques | Effluents domestiques, agricoles, agroalimentaires |
| | Fertilisants (nitrates, phosphates) | Agriculture, lessives |
| | Métaux (Pb, Cd, Hg, Al, As) | Industrie, agriculture, déchets |
| | Pesticides (insecticide, herbicides, fongicides) | Industrie, agriculture |
| | Organochlorés (BCP, solvants) | Industrie |
| | Composés organiques de synthèse | Industrie |
| | Détergents | Effluents domestiques |
| | Hydrocarbures | Industrie pétrolière, transports |
| <u>Biologique</u> | Bactéries, virus, champignons | Effluents urbains, agricoles |

Source : (Nicoleau, 2005).

2-5. Les conséquences de la pollution d'un milieu aquatique

2-5-1. L'eutrophisation

L'eutrophisation est reconnue comme la cause majeure, d'origine anthropique, de dégradation de la qualité d'eau (Jeppesen et *al.*, 2005; OCDE, 1982; Smith et Schindler, 2009).

2-5-1-1. Définition

C'est le processus d'enrichissement d'une masse d'eau en nutriments (essentiellement le phosphore et l'azote) et en matière organique, du fait des activités humaines. Ce processus conduit à la prolifération des algues et des macrophytes, où la dégradation de ce matériel végétale provoque une déplétion des réserves en oxygène des plans d'eau (Lacaze, 1996).

L'eutrophisation concerne toutes les eaux, mais surtout les eaux stagnantes de petites tailles ; les étangs et les lacs sont donc les plus touchés (Armand, 2003).

2-5-1-2. Les causes de l'eutrophisation

Bien qu'à l'origine l'eutrophisation (Barroin, 2003) soit un phénomène naturel, il s'est avéré que l'Homme en était la cause aujourd'hui via les rejets locaux liés aux activités domestiques, industrielles et agricoles (Dorioz, 2004). Donc les causes de l'eutrophisation et les facteurs favorisant sont de deux origines :

a-Origine naturelle : qui se manifeste par trois voies, le ruissellement dans les bassins versants (Hade, 2002), ainsi que l'érosion et la percolation. Ceci est favorisé par la présence de zones agricoles fertilisées, les rejets d'eaux résiduaires urbaines et les rejets industriels. A cela s'ajoute le dépôt atmosphérique d'azote provenant de l'élevage animal et des gaz de combustion.

b-Origine anthropique : qui se traduit le ruissellement des terres agricoles expliquant ainsi la présence d'azote. L'implantation d'industries des détergents explique par ailleurs la présence de phosphore (Guasmi et *al.*, 2006).

2-5-1-3. Les phases de l'eutrophisation

Selon Ramade (1981), les principales phases de l'eutrophisation des eaux peuvent être schématisées comme suit :

A- Pollution croissante.

B- Prolifération des algues.

C- Décomposition anaérobie.

D- Dégradation extrême du milieu avec une simplification des espèces présentes.

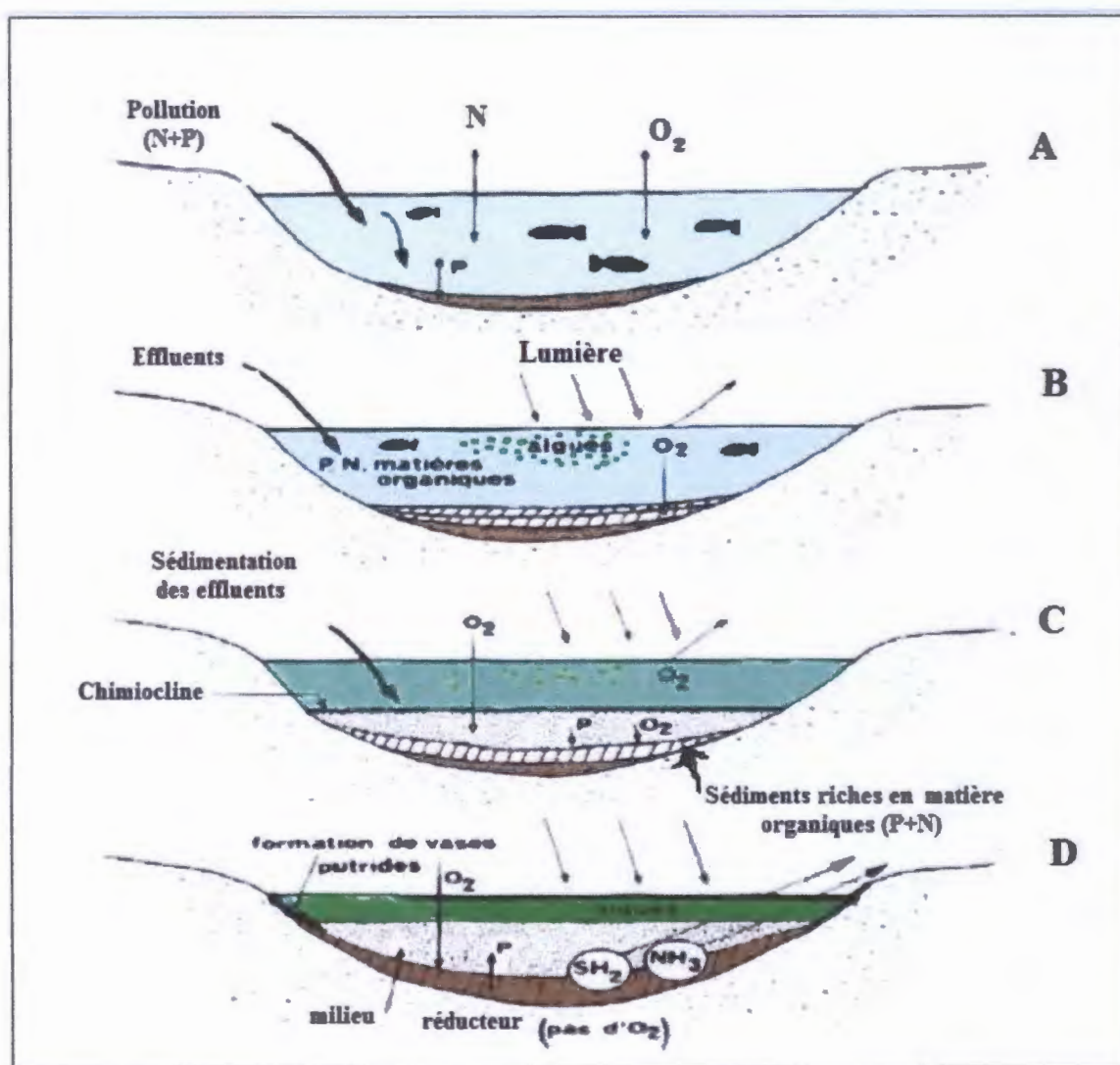


Figure 02: Schématisation des 4 étapes de manifestation de l'eutrophisation (Ramade, 1981).

2-5-1-4. Problèmes généraux associés à l'eutrophisation

Les problèmes pratiques les plus courants causés par l'eutrophisation des lacs, réservoirs et retenues sont portés dans le tableau suivant :

Tableau 02 : problèmes liés à l'eutrophisation des plans d'eau.

| problèmes | causes | |
|--|---|---|
| | Prolifération de micro-algues planctoniques | Prolifération de macrophytes et d'algues littorales |
| <u>1-altération de la qualité de l'eau :</u> | | |
| -Goût et odeur, couleur, filtration floculation, sédimentation et autres difficultés de traitement | +++ | + |
| -Désoxygénation, formation de fer, manganèse, CO ₂ , NH ₄ , H ₂ S | ++ | + |
| -Corrosion de tuyaux et d'autres réalisations humaines. | ++ | + |
| <u>2-altération des usages récréatifs de l'eau :</u> | | |
| -Aspect inesthétique | ++ | + |
| -Danger pour les baigneurs | - | ++ |
| -Risques sanitaires | + | + |
| <u>3-altération des pêche :</u> | | |
| -Mortalité de poissons | + | - |
| -Production d'espèces moins « nobles » | ++ | ++ |
| <u>4-altération de la capacité de substance des matériaux et des installations :</u> | | |
| -Envasement, colmatage des tuyaux et des filtres, réduction du débit. | + | + |

(+++ : très fréquent, ++ : fréquent, + : quelque fois.

Source : (Meybeck et *al.*, 1989).

2-5-2. Modification des paramètres physico-chimiques

-Les qualités physiques et chimiques de l'eau sont altérées par la pollution, d'où la diminution d'oxygène dissous et l'empoisonnement des organismes (**Boucher et Margoum, 2003**).

-La limpidité naturelle du cours d'eau peut être altérée par la couleur ou la turbidité des effluents, ainsi sont gênés les phénomènes de photosynthèse et d'oxygénation nécessaire à l'autoépuration.

-Les polluants vont causer un envasement qui va gêner la vie de la faune et de la flore et entraîner l'autoépuration et en cas d'insuffisance d'oxygène, les microorganismes ne peuvent pas poursuivre leur dégradation aérobie des substances polluantes, et dans certains cas se poursuit une décomposition anaérobie avec dégagements d'odeurs putrides (**Hynes, 1960**).

-Le milieu peut être aussi perturbé par l'augmentation de la température (ex. eaux de refroidissement des centrales nucléaires) (**Beaudouard et Gueuné, 2009**).

-Les modifications du pH et de salinité aboutissent à la modification des conditions de vie des espèces vivantes (**Dejoux, 1988**).

2-5-3. Accumulation de métaux toxiques dans le milieu

Certains rejets toxiques ont un effet mortel sur la faune et la flore entraînant ainsi le ralentissement ou le blocage de l'autoépuration (**Dejoux, 1988**). Ces substances provoquent deux sortes d'effets :

-Effet immédiat ou à court terme, conduisant à un effet toxique brutal.

-Effet différé ou à long terme, par accumulation au cours du temps, des substances toxiques chez certains organismes (ex : macrophytes, poissons etc.) (**Beaudouard et Gueuné, 2009**).

De plus, la toxicité de certains métaux peut être exaltée par la présence des autres. Par exemple, il a été montré que le cadmium était 5 fois plus toxique lorsqu'il est en présence de cuivre (**Martielli, 1999 ; Kayalto, 2009**).

3. La surveillance de la qualité d'eau

3-1. Les paramètres physico-chimiques

- **Température**

Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la conductivité électrique ainsi la détermination du pH (Rodier, 2005). Une température élevée favorise la croissance des micro-organismes, peut accentuer le goût, l'odeur et la couleur (OMS, 1994). Par contre une température inférieure à 10 °C ralentit les réactions chimiques dans les différents traitements des eaux (Rodier, 2005).

- **Conductivité électrique**

La conductivité est la propriété d'une eau de favoriser le passage d'un courant électrique, elle est le résultat de la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique (Rejsek, 2002). La mesure de la conductivité de l'eau nous permet d'apprécier la concentration en sels dissous : chlorures, sulfates, calcium...etc. Elle est plus importante lorsque la température de l'eau est élevée (Salghi, 2002).

- **pH (Potentiel Hydrogène)**

Le pH renseigne sur l'origine de l'eau. Le pH d'un lac ou d'un étang dépend de son âge et des déchets déversés. Lors de sa formation, un lac a un pH basique (ou alcalin) et progressivement il s'acidifie (fermentation de matériaux organiques, dissolution de dioxyde de carbone avec formation d'ions bicarbonates,...) (Rodier et al., 2009).

- **Turbidité**

Elle traduit par la présence de matières étrangères en suspension dans l'eau, la turbidité d'une eau exprime son degré de transparence, elle est due, aux particules en suspension, avec matières colloïdales qui obstruent la transmission de la lumière et donne à l'eau un aspect trouble. Les matières en suspension peuvent être de nature organique ou inorganique ou la combinaison des deux (ISP, 1997).

3-2. Les paramètres de pollution

- **Les Nitrates (NO_3^-)**

Sels minéraux de l'acide nitrique, les nitrates sont des éléments minéraux nutritifs tant pour les organismes autotrophes terrestres qu'aquatiques (Ramade, 1998). Les activités humaines sont la cause d'un rejet de nitrates en excès dans les divers compartiments de la biosphère. L'essentiel de la pollution des eaux par les nitrates provient à l'heure actuelle des activités agricoles (l'élevage industriel et surtout les surfertilisation azoté dans les grandes cultures) (Ramade, 2000).

- **Les Nitrites (NO_2^-)**

Sels de l'acide nitreux, les nitrites se forment lorsque les conditions sont réductrices. Se sont des molécules intermédiaires qui apparaissent dans les sédiments et les eaux lors de la dénitrification sous l'action de bactéries telle *Pseudomonas denitrificans* par réduction de l'ion nitrate (Ramade, 1998).

- **L'Ammonium (NH_4^+)**

Produit par réaction acido-basique de l'eau et de façon générale de tout acide avec l'ammoniac (NH_3) (Ramade, 1998). Ce paramètre résulte de la dégradation des matières organiques azotées et provient essentiellement des rejets urbains. Dans des conditions d'oxygénation normale, cet élément est oxydé en nitrites puis en nitrates. Plus le pH est bas et moins il y a d'ammoniac, à partir d'un pH 8 le pourcentage d'ammoniac monte, et cela, de façon exponentielle pour devenir très dangereux (Brière, 2000).

- **L'Azote KJELDAHL**

L'azote est un nutriment indispensable pour les organismes aquatiques, et les végétaux. Il peut se présenter dans les eaux aussi bien sous forme minérale qu'organique. En général, s'agissant des eaux naturelles, ce sont les formes minérales qui sont de loin les plus importantes.

L'azote KJELDAHL correspond à celui qui se trouve sous la forme de composés azotés organiques et d'ammonium. Il ne comprend donc pas des composés oxydés de l'azote tels les nitrates et nitrites, ni certaines autres formes, oximes, hydrazine, hétérocycles (OMS, 2007).

- **Les Orthophosphates (PO_4^{3-})**

Sels de l'acide orthophosphorique qui représentent des éléments minéraux nutritifs essentiels pour les végétaux autotrophes (**Ramade, 2000**)_a.

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène de l'eutrophisation dans les lacs ou les rivières. S'ils dépassent les normes, ceux-ci sont considérés comme indice de contamination fécale entraînant une prolifération des germes (**Rodier, 2005**).

3-3. Paramètres résiduels

- **Demande biochimique en oxygène (DBO_5)**

La DBO est la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes aérobies de l'eau pour oxyder les matières organiques, dissoutes ou en suspension dans l'eau. Il s'agit donc d'une consommation potentielle de dioxygène par voie biologique. Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matières organiques biodégradables d'une eau (toute matière organique biodégradable polluante va entraîner une consommation d' O_2) au cours des procédés d'autoépuration (**Rodier, 1996**).

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La DCO correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique, des composés organiques présents dans l'eau, ce processus s'effectue à l'aide d'un oxydant puissant (**Groscaude, 1999**). Elle est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel (**Rodier, 1996**).

- **Matières en suspension (MES)**

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales et organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par conséquent la photosynthèse. Elles peuvent accumuler des quantités élevées de matière toxiques (métaux, pesticides...) qui sont exprimées en mg.l^{-1} (**De Villes et al., 2005**).

3-5-1. Les Coliformes

a- Coliformes Totaux

Les bacilles sont des Gram⁻, sporulés, oxydase-, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de se multiplier de sels biliaries ou d'autres agents de surface ayant des propriétés équivalentes et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 48 h à une température de 35 – 37 °C (Bourgeois et al., 1996).

b- Coliformes Fécaux

Les coliformes fécaux, sont un sous groupe des coliformes totaux, capables de fermenter le lactose à une température de 44,5 °C (Chevalier, 2003).

Ils se trouvent dans le système digestif des être humains et des animaux. Dans ce cas, la détermination des germes est obligatoire dans les cours d'eau car sa présence indique une contamination fécale (Sechir, 2008).

c- Escherichia Coli (*E. Coli*)

Les *E. Coli* sont des coliformes thermotolérants et des bacilles à coloration de Gram⁻, capables de produire de l'indole dans l'eau peptone contenant du tryptophane (Dromgny, 2012). Bactérie capable de croître à 44°C. La presque totalité des souches d'*E. Coli* ne sont pas pathogènes puisque cette bactérie est un hôte normal de l'intestin des mammifères (Rice, 1999).

3-5-2. Streptocoques

Ce sont des germes groupés en chaînettes flexueuses de longueurs variables. Parmi ces cocci, les streptocoques du groupe D, vivent dans l'intestin de l'homme et sont éliminés avec les sels (*Streptocoques fécaux*). La localisation fréquente de l'infection sur les voies urinaires, c'est pour ces raisons que la recherche des *Streptocoques fécaux* dans les eaux est indispensable (Sechir, 2008).

3-5-3. Clostridium sulfite-réducteurs

Elles sont des germes capables de sporuler et de se maintenir longtemps dans l'eau (Larpent, 1988). Elles se développent en conditions anaérobies et forment des colonies dénombrables typiques dans un milieu au sulfite de fer (Dromgny, 2012).

4. Gestion de l'eau et réglementation

L'eau est un bien commun non substituable, essentiel à la vie de l'homme et de l'ensemble des espèces animales et végétales. La qualité et la gestion équilibrée de l'eau concernent l'ensemble des acteurs, secteurs économiques et ménages. Seule leur action coordonnée à l'échelle de chaque territoire hydrologique peut permettre d'atteindre cet objectif.

La direction de l'Environnement est l'organe principal de l'état en matière de contrôle de l'application des lois et règlements relatifs à la protection de l'Environnement ou qui y ont trait. A l'occasion de la célébration de la journée mondiale de l'environnement qui correspond au 05 juin de chaque année, la direction de l'environnement a organisé plusieurs manifestations:

- 1-Organisation d'une journée d'étude sur la protection de l'environnement.
- 2-Organisation de plusieurs campagnes de volontariat (nettoyage des plages, plantation...etc.).

La réglementation nationale en matière de protection de la ressource en eau, de l'environnement des zones humides, de la nature est en vigueur depuis plus d'une décennie, exemple : **Loi n° 83-17 du 16. Juillet 83 portant code des eaux et décrets d'application**

La présente loi a pour objet la mise en œuvre d'une politique nationale de l'eau, tendant entre autre à:

Article 1 : Assurer la protection des eaux contre la pollution, le gaspillage, et la surexploitation.

Article 2 : Le domaine public hydraulique se compose entre autre des lits des cours d'eau, des lacs, des étangs, des Sebkhas, et Chotts ainsi que les terrains et végétations compris dans leurs limites.

Article 99 : Il est interdit d'évacuer, de jeter ou d'injecter dans les fonds du domaine public hydraulique des matières de toute nature et notamment, des effluents urbains et industriels, contenant des substances solides, liquides ou gazeuses, des agents pathogènes, en qualité et en concentration de toxicité susceptible de porter atteinte à la santé publique, à la faune et la flore ou nuire au développement économique.

Chapitre II :
Matériel & méthodes



1. Cadre général de la zone d'étude

L'Algérie recèle un grand nombre de zones humides (Samraoui et De Bélair, 1997, 1998; Samraoui et Samraoui, 2008). Parmi ces zones, la région d'El-Kennar dans la Wilaya de Jijel.

1-1. Situation géographique de la commune d'El-Kennar

El-Kennar Nouchfi est une commune de la wilaya de Jijel, elle se situe au Nord à 20 Km du chef-lieu de la wilaya, dans la daïra de Chekfa. Elle s'étend sur une superficie de 56.53 Km² et elle est limitée géographiquement au Nord par la mer Méditerranée, au sud par la commune de Bordj El Ther, à l'Est par la commune de Sidi Abdelaziz, et à l'Ouest par celle de Chekfa (fig.03). La partie littorale de la commune d'El-Kennar est ouverte, sur une façade maritime de 5 Km.

El-Kennar Nouchfi est géolocalisée comme suit :

-Latitude : 395-396°.

-Longitude : 790-791°.

-Altitude : 25 à 30 m. (source : ces informations sont tirées du centre de la commune).



Figure 03: Situation géographique de la région d'étude (Google Earth, 2016).

1-2. Localisation et description du site d'étude

Le lac d'El Kennar (Ghedir Beni-Hamza) est d'une superficie de 36 Ha. Il est bordé au Nord par la route nationale N°43, au Sud et au Sud-ouest par la région de Fâzâ et à l'Est par Mechtas Tâkennich et Mechta Tioura et au Sud-est par Mechta Râs Arsa (fig.04) (ANRH, 2016).

1-3. Réseau hydrographique

L'hydrologie de la région se caractérise principalement et de manière générale, par la présence de ressources hydriques : Oued Nil, Oued Boukaraa et Oued Sa'ayyoûd (fig.04). Ces oueds qui proviennent de l'encadrement montagneux disposent de bassin versants relativement petits. Leur régime est irrégulier puisqu'ils sont presque à sec en été et ils se remplissent rapidement en hiver, pouvant provoquer même des inondations. Ces oueds et leurs affluents se déversent dans la mer méditerranée.

Cette région est également caractérisée par la présence de chaâbets : chaâbet Toussel, chaâbet El-Bechir et chaâbet Boutata. Cependant on relèvera que ces petits oueds (Chaâbets) prennent fin au niveau du Ghedir Beni Hamza à côté de l'agglomération de Fâzâ (ANRH, 2016 et Bougassa, 2009).



Figure 04: localisation du site d'étude (1/25 000). (Source : ANRH, wilaya de Jijel)

1-4. Caractères bioécologiques

La région est caractérisée par la présence de nombreuses espèces végétales qui sont dominées par : le Jonc (*juncus maritimus*), la scirpe (*scirpus maritimus*), la Ficaire (*ranunculus ficaria*), Algues, Massette (*Typha*), Roseaux (*Arundo donax*), Tamaris (*Tamarix gallica*). Ainsi que, la présence de 32 espèce animal en particulier les oiseaux (ex : le Canard souchet, Héron...)

1-5. Caractères socio-économiques

La région d'El-Kennar est essentiellement à vocation agricole. La population qui se trouve dans la région atteint 15852 habitants, elle est concentrée généralement au nord de la commune. L'agriculture est observée sur l'ensemble de la plaine, avec une très grande variété de cultures (ex : légumes et fruits).

1-6. Conditions climatologiques

Jijel fait partie du littoral algérien. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux, doux et humide en hiver, chaud et sec en été. L'analyse du climat se fera notamment sur les précipitations et les températures qui représentent les paramètres les plus importants, de part leur quantité annuelle, et leur répartition dans l'espace et dans le temps.

Nous pouvons donner un résumé des principales tendances climatiques de la région comme suit :

1-6-1. Températures

Les températures de la zone côtière connaissent une variation remarquable entre les quatre saisons de la période 2005 à 2015. Les températures les plus basses sont observées en hiver avec une moyenne minimale de 11,68°C au mois de Février. Alors que les températures les plus élevés sont enregistrées en été avec une moyenne maximale de 26,95°C au mois d'Août (ONM, 2015). Les résultats de températures (T) mensuelles moyennes sont présentés dans le tableau (03) est la figure (05).

Tableau 03: Répartition mensuelle des températures au niveau de la wilaya de Jijel de la période 2005 à 2015.

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mal | Juin | Juil | Août | Sep | Oct | Nov | Déc |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T Moyenne (°C) | 12,13 | 11,68 | 13,64 | 16,71 | 19,31 | 23,04 | 26,27 | 26,95 | 23,86 | 19,50 | 16,26 | 12,96 |

Source : (ONM, 2015).

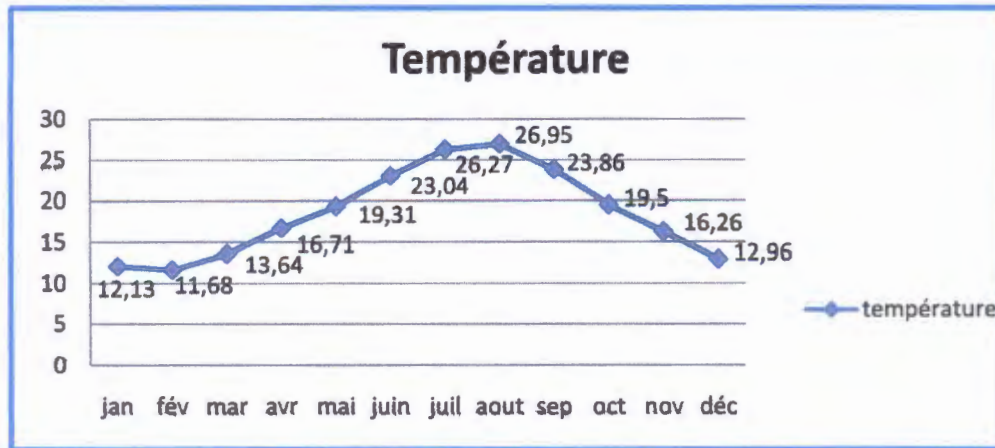


Figure 05 : Variations moyennes mensuelles des températures de la période 2005 à 2015.

1-6-2. Les précipitations

La région de Jijel fait partie des régions les plus pluvieuses en Algérie. Les pluies se manifestent essentiellement en automne et en hiver, elles sont abondantes surtout aux mois de Décembre et Février et sont très faibles aux mois du Juin et Août, et quasiment nulle au mois de Juillet (1.09 mm). Les résultats de précipitations (P) mensuelles moyennes de la période (2005-2015) sont présentés dans le tableau (04) et la figure (06).

Tableau 04 : Répartitions mensuelle des précipitations au niveau de la wilaya de Jijel de la période 2005-2015.

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Mai | Juin | Juil | Août | Sep | Oct | Nov | Déc |
|----------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|--------|--------|
| P moyenne (mm) | 143.16 | 167.27 | 140.29 | 71.27 | 43.73 | 13.11 | 1.09 | 12.14 | 74.89 | 117,91 | 162,39 | 193,93 |

Source : (ONM, 2015).

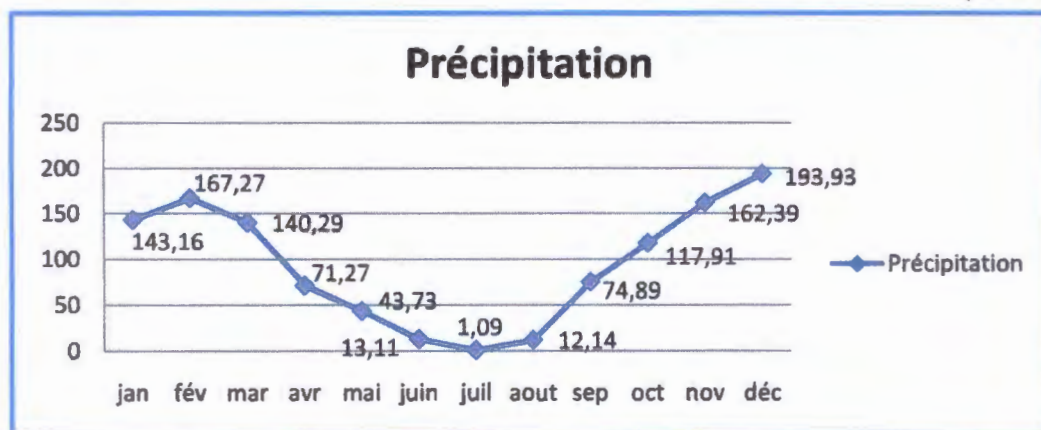


Figure 06: Variations moyennes mensuelles des précipitations de la période 2005 à 2015.

1-7. Identification des sources de la pollution du lac d'El-Kennar

➤ Pollution domestique et déchets solides

La partie sud de la région d'El-Kennar est caractérisée par l'association urbaine de Fâzâ, cette dernière considérée comme une source majeure de déversement des différents polluants d'origine domestique dans le lac.

Les déchets retrouvés dans notre zone d'étude sont principalement composés de plastique, de verre, de métal, de papier, de carton et de bois, ces déchets mal ramassés risquent de porter atteinte à l'écosystème aquatique. Avec ces déchets solides il y a un déversement de quantité considérable des eaux usées dans le lac sans traitement préalable (photo 01) (DE, 2013).



Photo 01: Accumulation des déchets sur les bordures du lac (photo prise le 09 /03 /2016).

➤ Activités agricoles et surpâturage

Depuis longtemps et jusqu'à nos jours, la vie de la presque totalité des populations de la région était intimement liée à la terre et à l'agriculture. L'activité agricole s'étant sur une grande superficie où on remarque une présence intensive des serres (photo 02). L'usage des produits phytosanitaires (PPS) de manière exagérée et permanente par les agriculteurs de la région d'El-Kennar est une source importante de la contamination du lac.



Photo 02: L'activité agricole sur les bordures du lac (photo prise le 09 /03 /2016).

Les pratiques agricoles sont l'origine de l'utilisation d'une dizaine de pesticides appartenant à différentes familles chimiques et dont les insecticides et les fongicides sont majoritaires. Des agriculteurs de la région ont donné des exemples sur les produits utilisés dans la région, ils sont bien identifiés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 05 : les types et les quantités des pesticides les plus utilisés dans les terrains agricoles d'El-Kennar.

| Type de pesticide | Nom commerciale | Quantité utilisée/an |
|---------------------|-----------------|----------------------|
| Insecticides | Mospilan | 150 kg |
| | Baton | 400 l |
| Fongicides | Propicone | 800 kg |
| | Triadim | 400 l |
| Herbicides | Herbazale | 1000 l |
| | Calash | 800 l |

Source : (Boudjedir et Lamara, 2013).

Les élevages intensifs des bovins et des volailles dans toute les communes de la wilaya de Jijel semblent également une autre source probables de l'apport des ETM dans le sol, par infiltration et dans les eaux, par le lessivage et le ruissellement des terres. Il apparait donc de façon nette que les rejets en provenance de ces élevages sur les bordures du lac sont des sources importantes d'enrichissement des eaux en ETM (Bentir, 1997).

➤ Le trafic routier

C'est la partie nord du lac qu'est caractérisée par ce type de pollution, qui prend une origine de la route nationale N° 43. Les polluants sont principalement de nature métallique (Cd, Cr, Cu et Pb), ils sont libérés par les automobiles et prenant un dépôt final dans le lac (Ghedir Beni-Hamza).

2. Plan d'échantillonnage et techniques de prélèvement

Pour atteindre notre objectif nous avons commencés par une prospection du terrain dont le but est le choix des stations d'étude et les points de prélèvement d'eau. Le plan d'échantillonnage choisi en réponse à notre problématique posée, se base sur la typologie de la zone humide concernée, l'intensité et la nature des actions anthropiques enregistrées.

2-1. Localisation et description des stations de prélèvement

Au total, 4 stations d'échantillonnage ont été choisies suivant un découpage du lac en stations homogènes, qui sont réparties de sorte à assurer l'accessibilité pour la réalisation des relevés et la représentativité de la qualité du milieu aquatique (fig.09 et 10).



Figure 07 : localisation des stations de prélèvement (Google Earth, 2016).



(S1)



(S2)



(S3)



(S4)

Photo 03 : Photos représentatives des 4 stations de prélèvements d'eau.

Donc les points de prélèvement ont été choisis en fonction des sources de pollution possibles ou potentielles, pour cela il est nécessaire de présenter un bref descriptif de ces derniers.

A partir de la détermination de la nature des actions anthropiques dans chaque station, on regroupant 09 paramètres. Chaque paramètre a été quantifié sur une échelle ordinaire allant de 1 à 5 (tableau).

Tableau 06 : quantification des facteurs de perturbations dans les quatre stations.

| Classes de facteur | | Stations | | | |
|-----------------------------------|-----------------|----------|----|----|----|
| | | S1 | S2 | S3 | S4 |
| Paramètres bioécologiques | Habitats | 2 | 3 | 3 | 4 |
| | Macrophytes | 2 | 3 | 4 | 3 |
| | Avifaunes | 4 | 1 | 1 | 3 |
| Actions anthropiques et pollution | Trafic routier | 2 | 1 | 1 | 5 |
| | pâturage | 1 | 5 | 1 | 3 |
| | Agriculture | 2 | 5 | 1 | 3 |
| | eaux usées | 5 | 2 | 1 | 1 |
| | déchets solides | 5 | 1 | 1 | 3 |
| | urbanisation | 5 | 1 | 1 | 2 |

(nulle = 1 ; faible = 2 ; moyenne = 3 ; forte = 4 ; très forte = 5)

2-2. Prélèvement des eaux

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (Rodier et al., 2009).

Trois échantillons d'environ 1,5 l sont prélevés en chacune des quatre stations dans des bouteilles, ces dernières et leurs bouchons sont rincés avec l'eau distillée trois fois et après avec l'eau de l'échantillon ainsi que le matériel utilisé (préleveur, seau...), afin d'éviter toute contamination de l'échantillon. On remplit les bouteilles complètement puis boucher le tout en évitant la formation des bulles d'air (le prélèvement de l'eau est réalisé avec un seau lié à un support).

Donc les échantillons analysés au cours de notre travail sont le résultat de trois campagnes d'échantillonnages, au mois d'Avril et Mai. Ces campagnes ont permis d'établir un suivi de l'état de l'eau du lac (Ghedir Béni Hamza) pendant la période d'étude (Annexe 01).

2-3. Conservation et prétraitement des échantillons avant les analyses

Mise à part les mesures réalisées *in situ*, les échantillons d'eau ont été acheminés au laboratoire dans des conditions favorables et conservés au réfrigérateur à une Température inférieur à 4°C.

3. Méthodes de mesures set d'analyse

Les mesures et analyses physico-chimiques concernent certains paramètres qui doivent être notés directement lors du prélèvement comme la description générale de l'eau (couleur, turbidité...), la teneur en oxygène dissous, la température, etc. Des analyses sont ensuite effectuées au laboratoire sur les échantillons prélevés, renseignant sur les taux d'éléments azotés et phosphorés (nitrites, phosphate, etc.), les matières organiques et oxydables et les matières solides en suspension (Genin et *al.*, 2003).

3-1. Mesures effectués sur terrain

Trois paramètres physico-chimiques (température, conductivité électrique, et pH) ont été mesurés *in situ*, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un multi-paramètre de type CONSORT C 561 (photo 04).

Ces trois paramètres doivent être appréciés au moment du prélèvement puisqu'elles changent pendant le temps de transport et de conservation.

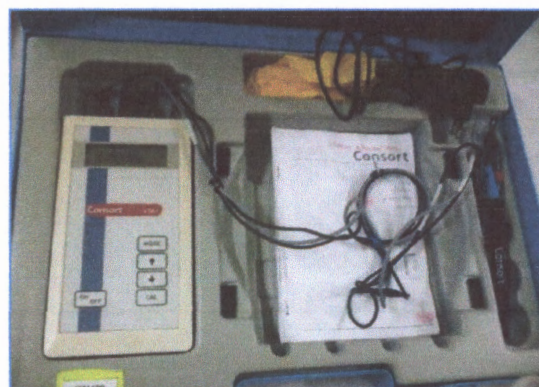


Photo 04 : la valise multi-paramètre utilisée pour les mesures effectuées sur terrain.

3-2. Mesures réalisées au laboratoire

Au début du travail pratique toute la verrerie du laboratoire est lavée au détergeant ensuite rincé par l'eau pure puis immergée dans l'acide Nitrique 10% pendant 24h suivi d'un rinçage à l'eau ultra pure et séchée dans une étuve avant l'utilisation (ISO, 1994).

Afin d'estimer la qualité physico-chimique des eaux superficielles et leur degré de contamination éventuelle, nous avons ciblé quelques descripteurs indicateurs de la pollution :

3-2-1. Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle est réalisée à l'aide d'un turbidimètre appelé aussi néphélométrie en utilisant des cuves en verre bien nettoyées et bien séchées, remplies avec de l'eau à analyser. Unités: 1 NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (photo 05).



Photo 05 : l'appareil de mesure de la turbidité (turbidimètre).

3-2-2. Spectrophotométrie d'absorption atomique (S.A.A.)

La spectrophotométrie d'absorption atomique (*Atomic Absorption Spectroscopy*) en anglais ou (A.A.S.) est une technique servant à déterminer la concentration de certains métaux (plomb, cuivre...etc.) dans un échantillon. L'absorption est utilisée généralement pour faire un dosage à fin de déterminer une concentration.

Pour le dosage des métaux lourds, les échantillons de l'eau sont acidifiés par l'acide nitrique (HNO_3) jusqu'à un pH à 2, puis filtrés sur membrane filtrante de porosité de $0,45\mu\text{m}$ à l'aide d'une pompe à vide, puis stockés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'au dosage (Rodier et al., 2009) (Annexe 02).

3-2-5. Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle s'exprime par la quantité d'O₂ fournie par le bichromate de potassium et nécessaire à l'oxydation des substances organiques présentes dans les eaux résiduaires. La détermination de la DCO est effectuée par l'utilisation de Système Photomètre (Multidirect de type Lovibond) (photo 08) (Annexe 02).



Photo 08 : l'appareil de mesure de la DCO.

3-2-6. Matières en suspension (M.E.S)

Pour la détermination des matières en suspension (M.E.S), nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant. Elle repose sur la séparation des matières en suspension de l'échantillon d'eau. Le filtre est séché à 105°C, puis pesé après refroidissement (Annexe 02).

3-2-7. Dosage de l'azote KJELDAHL

Cette méthode est basée sur la réalisation de trois étapes essentielles qui sont la minéralisation, la distillation et enfin le dosage.

Le but est de déterminer la teneur de l'azote dans l'eau (Annexe 02).

3-2-8. Méthodes d'analyse bactériologiques

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire, consistent à rechercher :

- ✓ La flore totale aérobie mésophile (FTAM).
- ✓ Clostridium.
- ✓ Coliformes.
- ✓ Streptocoques fécaux.

a- Préparation des dilutions

Elles sont réalisées par la méthode classique en utilisant l'eau physiologique stérile. En ajoutant 1ml d'eau à analyser dans un tube à essai contenant 9ml d'eau physiologique stérile, après agitation, on obtient la dilution 1/10. Pour le passage d'une dilution à une autre on prélève 1ml de la dilution réalisée que l'on ajoute dans un tube contenant 9ml de l'eau physiologique ainsi obtient les autres dilutions recherchées.

b- Les Tests analytiques

❖ Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).

Dénombrer la flore total, c'est tenter de compter tous les microorganismes présents, afin d'apprécier la pollution microbienne du l'eau. Ce dénombrement dépend surtout des conditions de température (en générale 37°C) (annexe 4).

-Technique de la recherche de la FTAM

- Préparer les Dilutions.
- Gélose coulée et solidifiée.
- Étalement de 1ml à la surface de la gélose, (boites normalisées), sinon 100µ l.
- Incubation à 37°C pendant 24-48h.
- Dénombrement : les colonies lenticulaires.
- Nombre totale : moyen du nombre de colonies x l'inverse de la dilution choisie (UFC/gr, UFC/ml) (annexe 4).

❖ Recherche et dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

On met 5 ml de chaque échantillon dans les quatre tubes stériles et puis mettre les tubes dans les bains marie pendant 10 minutes, après le refroidissement, enfin en met la Géllose viande foie dans chaque tube et on agite doucement puis on incube à 37°C pendant 24 à 48h.

❖ Test présomptif de la présence ou l'absence des *coliformes*

La méthode consiste à incuber une série de tubes par quatre volumes différents d'échantillon, chaque tube contient un milieu nutritif (Bouillon lactose au pourpre de bromocresol (BCPL) double et simple concentrations qui permettent de mettre en évidence la fermentation de lactose, agiter pour homogénéiser tout en vidant l'air dans la cloche et placer les tubes dans une étuve à 37 °C pendant 48 heures, après une incubation pendant 24h à 37°C, les tubes positifs présentent un trouble dans toute la masse liquide, avec virage du violet au jaune et un dégagement de gaz dans la cloche (Annexe 4).

❖ Test confirmatif de la présence ou l'absence d'*E. Coli*

On repique chaque tube de BPCL positif 2 à 3 gouttes par une anse bouclée ou une pipette pasteur dans un tube de bouillon Schubert muni d'une cloche de Durham. Après 24h d'incubation à 44°C, tous les tubes (positifs) présentant un trouble avec un dégagement gazeux ; Anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. Coli* après adjonction de réactif de Kovacs (Annexe 4).

❖ Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux***-Test présomptif**

La recherche des streptocoques fécaux consiste à utiliser un milieu de présomption de Rothe et un autre milieu de confirmation Eva Litsky.

Ensemencement des tubes contenant le milieu de Rothe : trois tubes de Rothe à double concentration avec 10 ml d'eau distillée, trois tubes à simple concentration avec 1 ml d'eau distillée et trois tubes à simple concentration avec 0,1 ml d'eau distillée.

Après une incubation pendant 24-48 h à 37 °C on fait la lecture où l'observation d'une couleur jaune (trouble) et la production d'un gaz indique que le tube est positif (Annexe 4).

-Test confirmatif

Cette étape est réalisée par l'utilisation des tubes positifs du premier test par repiquage d'Eva Litsky pendant 24h à 44 °C. L'apparition d'une pastille violette au fond du tube indique la présence de streptocoques fécaux.

Le dénombrement des coliformes et des *Streptocoques fécaux* se fait par l'utilisation de la table de Mac Grady (photo 09) (Annexe 4).



Photo 09 : l'application des tests microbiologiques.

4. Analyse des résultats

Les résultats obtenus à partir des différentes analyses sont reproduit par leurs éléments statistiques et pour une meilleure illustration des résultats, nous avons procédé au calcul des moyenne et d'écart-types. L'analyse statistique proprement dite est effectuée en faisant appel à l'analyse de la variance (ANOVA) et test de corrélation multiple.

L'analyse statistique des données est réalisée par le logiciel MINITAB.

Chapitre III : *Résultats & Discussion*



1. Les paramètres physico-chimiques

1-1. Résultats des analyses

Les résultats des paramètres physico-chimiques (T, CE, PH, Turbidité et NKJ) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 07 : Variation spatiale des paramètres physico-chimiques (moyenne \pm écart type).

| | Station 1 | Station 2 | Station 3 | Station 4 |
|--------------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| T(C°) | 23,83 \pm 3,97 | 22,46 \pm 3,11 | 21,20 \pm 3,45 | 21,63 \pm 3,56 |
| CE (μ s/cm) | 4400 \pm 1400 | 2334 \pm 1162 | 3334 \pm 1156 | 1600 \pm 693 |
| PH | 7,70 \pm 0,44 | 7,16 \pm 0,13 | 7,49 \pm 0,38 | 7,30 \pm 0,37 |
| La Turbidité (NTU) | 59 \pm 5,29 | 5,46 \pm 1,76 | 49.66 \pm 18,33 | 17,95 \pm 1,41 |
| NKJ (mg/l) | 4,2 \pm 0.92 | 3,37 \pm 0.14 | 1,40 \pm 0.23 | 4,00 \pm 0.11 |

(Bleu : très bonne, vert : bonne, jaune : passable, orange : mauvaise).

1-2. Interprétation et discussion

1-2-1. La température

La température de l'eau dépend essentiellement de celle du milieu ambiant (Ramade, 1993). Dans les eaux du lac étudié la température est généralement comprise entre une valeur minimale de l'ordre de 21,2 \pm 3,45 °C au niveau de la station (S3) et d'une valeur maximale de l'ordre de 23,83 \pm 3,97 °C au niveau de la station (S1).

L'élévation de la température peut être interpréter par l'ensoleillement, aussi que par le type du couvet végétal dominant. Selon Gaujou (1995) la température varie en fonction des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol.

Les valeurs de la température comparable ente les 4 stations (F=0.31 ; P>0,05) restent dans la limite préconisée par le SEQ-Eau. Cependant toutes les eaux des stations étudiées sont de "Bonne qualité" (Fig. 08 A).

1-2-2. Potentiel Hydrogène (pH)

Le pH influence la plupart des processus chimiques et biologiques des écosystèmes aquatiques et c'est un facteur limitant (Blouidi, 2005). Un pH acide peut conduire à une augmentation des concentrations de certaines substances métalliques (Savary, 2010).

Les valeurs du pH trouvées dans les différentes stations indiquent que les eaux du lac sont légèrement neutres à alcalines. En effet, elles varient entre $7,16 \pm 0,13$ (unité de pH) dans la deuxième station et $7,70 \pm 0,44$ (unité de pH) dans la première station. L'analyse de la variance fait ressortir l'absence de la variation spatiale dans les teneurs du pH ($F=1.32$; $p>0.05$).

Ces valeurs ne dépassent pas les normes de SEQ-Eau, ce qui permet de classer l'eau des 4 stations dans la classe de "Bonne qualité" (Fig.08 C). Les valeurs obtenues dans cette étude restent comparables à celles rapportées par Haddad et Ghoualem (2014) au niveau du bassin hydrographique Côtier Algérois.

1-2-3. La turbidité

La mesure de la turbidité permet de donner des informations visuelles sur l'eau (Perroux, 2006). Nos résultats témoignent des valeurs élevées comme le montre la figure (08 D), indiquant une eau n'est pas claire; qui est dû notamment au phénomène de l'eutrophisation. Cette forte turbidité va permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension selon Boudraa et al., (2014), ce qui diminue encore la transparence de l'eau.

Les valeurs enregistrées fluctuent entre $59 \pm 5,29$ NTU dans la première station et $5,46 \pm 1,76$ NTU dans la deuxième station. L'analyse de la variance présente une variation spatiale très hautement significative ($F=21.2$; $p<0.001$).

Ces valeurs dépassent les normes recommandées par SEQ-Eau dans les stations (S1 et S3), donc elles sont de qualité "passable" à l'inverse les eaux des stations (S2 et S4) qui sont de "bonne qualité".

1-2-4. La conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique permet d'évaluer rapidement mais très approximativement la minéralisation globale de l'eau (Rodier et al., 2005). Les résultats obtenus sont présentés dans la figure (08 B).

Les valeurs enregistrées durant la période de l'étude varient de $1600 \pm 693 \mu\text{S}/\text{cm}$ à $4400 \pm 1400 \mu\text{S}/\text{cm}$, avec un minimum enregistré dans la station (S4) et un maximum enregistré dans la station (S1), ce qui indique que les eaux du lac sont très riches en éléments dissous. Ces derniers peuvent être aussi aggravés par une pollution d'origine anthropique (Achour et al., 2008).

Quant à l'analyse de la variance pour la variation spatiale, nous n'avons trouvés aucune différences significatives pour ce paramètre ($F=3.47$; $p>0.05$).

Les valeurs de la CE dépassent les normes recommandées par SEQ-Eau dans les stations (S1 et S3) où l'eau est d'une "mauvaise" qualité et elles restent dans l'intervalle de la classe de "bonne qualité" dans les stations (S2 et S4). Selon Debieche (2002) lorsque la CE dépasse $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$, elle devient liée plus aux ions évaporitiques (Cl^- et SO_4^{2-}).

3-2-4. L'Azote KJELDAHL

Les résultats obtenus pour l'azote total sont présentés dans la figure (08 E), indiquent des teneurs un peu élevées, elles sont comprises entre une valeur maximal de l'ordre de $4,2 \text{ (mg/l)}$ au niveau de la station (S1) et une valeur minimal de l'ordre de $1,4 \text{ (mg/l)}$ au niveau de la station (S3). Ces résultats peuvent être interprétés par la richesse du milieu par la matière organique. L'analyse de la variance présente une variation spatiale très hautement significative ($F=28.37$; $p<0.001$).

Les valeurs dépassent les normes recommandées par SEQ-Eau dans les stations (S1, S2 et S4), donc elles sont de qualité "passable" à l'inverse des eaux de la station (S3) sont de "bonne qualité".

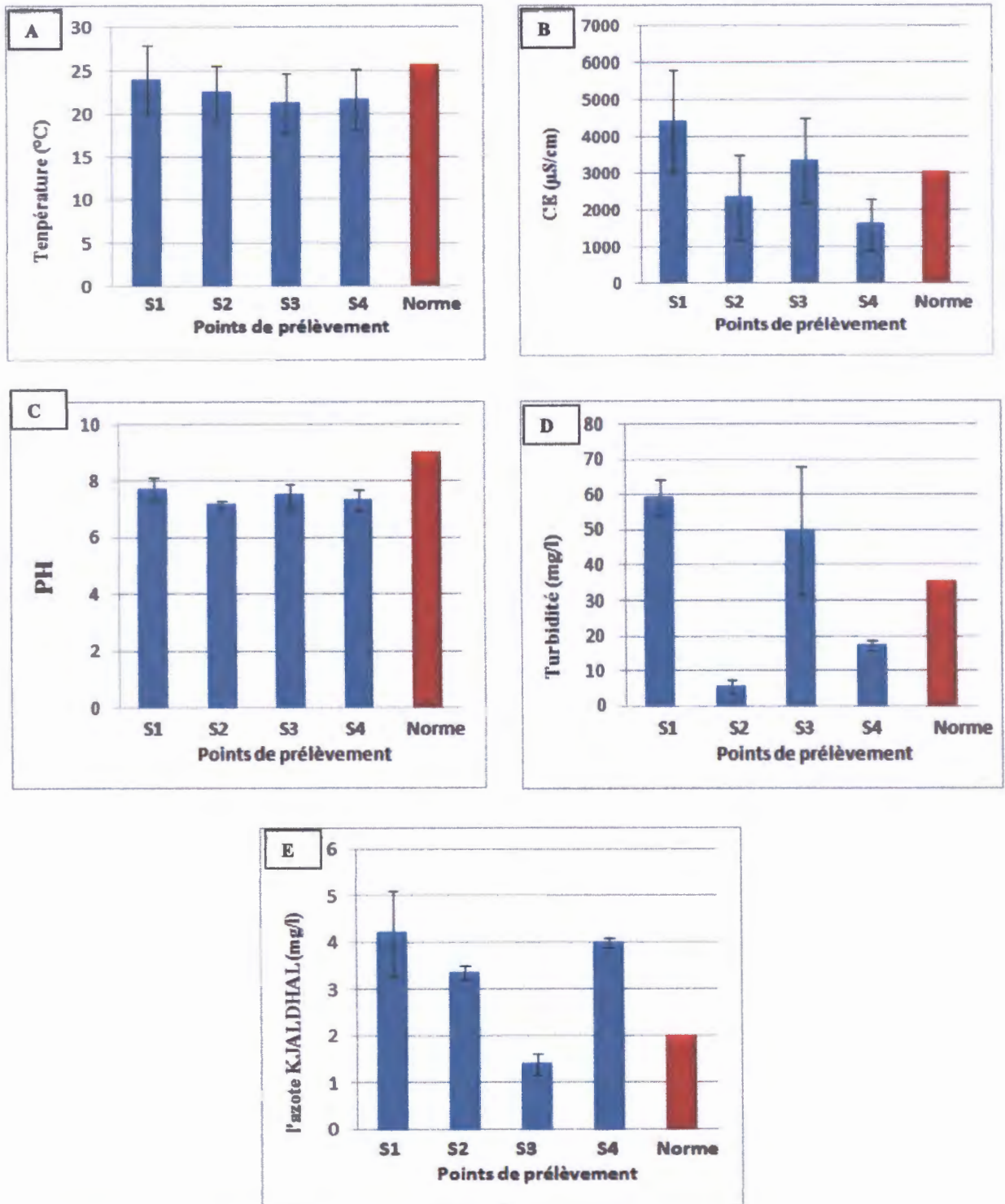


Figure 08 . Répartition spatiale de la valeur moyenne des paramètres physico-chimiques : Température (A), Conductivité électrique (B), pH (C) , Turbidité (D), Azote total (E).

2. Paramètres résiduaire

2-1. Résultats des analyses

Les résultats des paramètres résiduaire (DBO, DCO et MES) sont présentés dans le tableau (08).

Tableau 08 : variations spatiales des paramètres résiduaire (moyenne \pm écart type).

| | Station 1 | Station 2 | Station 3 | Station 4 |
|-------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| DBO ₅ (mg/l) | 20 \pm 1,50 | 11 \pm 0,70 | 15 \pm 0,30 | 12 \pm 0,40 |
| DCO (mg/l) | 81 \pm 6 | 19 \pm 2 | 39 \pm 3 | 43 \pm 2 |
| MES (mg/l) | 110 \pm 4,36 | 70 \pm 6,24 | 150 \pm 4,36 | 110 \pm 6,56 |

(Bleu : très bonne, Jaune : passable, Orange : mauvaise, Rouge : très mauvaise).

2-2. Interprétation et discussion

2-2-1. DBO₅

L'évaluation de la pollution organique à travers la détermination de la DBO₅ présente des valeurs élevées avec une variation moyenne entre les 4 stations comme le montre la figure (09A).

Les valeurs de la DBO₅ enregistrés dans les eaux du lac dépassent les normes recommandées par SEQ-Eau. Elles sont comprises entre 11 \pm 0,7mg/l et 20 \pm 1,5 mg/l où la valeur la plus élevé est obtenue dans (S1), alors que pour la valeur la plus basse est enregistrée dans S2. Cette variabilité spatiale est prouvée par l'analyse de la variance qui présente des différences hautement significative entre les stations (F=65.55 ; p<0.001).

Notant que la station (S1), se trouve exposée à un niveau plus supérieur de pollution des eaux usées (échelle 5), dont on marque la présence d'un réseau d'assainissement qui déverse des effluents urbains directement dans le milieu aquatique, ce qui accentue leur enrichissement par la matière organique.

Quant à la station (S2) renfermant une valeur moyenne plus basse, s'explique par son éloignement des sources de pollution des effluents, à l'inverse des stations S3 qui est soumise à l'action combinée des activités agricoles et des effluents urbains, alors que pour la station (S4),

malgré qu'elle se trouve plus éloignée de cette source de pollution, elle renferme des valeurs supérieures à la norme à cause de la grande richesse en matière organique provenant des débris des végétaux.

Nous signalons enfin, qu'à partir des données retrouvées dans les quatre stations étudiées, nous affectons la classe de qualité "**passable**" à "**mauvaise**" pour notre milieu aquatique.

2-2-2. DCO

L'évaluation de la pollution organique à travers la détermination de la DCO présente des valeurs plus élevées avec une variation très hautement significative entre les 4 stations ($F=151.77$; $p<0.001$), les résultats obtenus sont présentés dans la figure (09B).

Les valeurs de la DCO enregistrées dans les eaux du lac sont très élevées, comprises entre $81 \pm 6,00$ mg/l et $19 \pm 2,00$ mg/l, Ces valeurs sont interprétées par la présence de matières organiques oxydables qui proviennent de l'enrichissement du lac par les planctons ainsi que par des rejets de pollution organique provenant des activités anthropiques urbaines et agricoles.

Généralement les teneurs de la DCO dans les quatre stations dépassent les normes recommandées par SEQ-Eau dans les stations (S1, S3 et S4) et les eaux sont classées de "**très bonne**" à "**mauvaise**" qualité.

2-2-3. MES

L'évaluation de la pollution du lac à travers la détermination de la matière en suspension (MES) indique une surcharge dans le milieu, comme illustre la figure (09C).

Les valeurs de la matière en suspension enregistrées dans les eaux du lac sont très élevées, comprises entre $70 \pm 6,24$ mg/l au niveau de la station (S2) et $150 \pm 4,36$ mg/l au niveau de la station (S3), où elles dépassent les normes recommandées par SEQ- Eau. Ainsi, l'analyse de la variance confirme une variation spatiale très hautement significative ($F=65.55$; $p<0.001$).

Ces résultats sont interprétés par la présence de particules de nature minérale ou organique insoluble dans l'eau et qui sont d'origine anthropique principalement les rejets domestiques et agricoles, elles peuvent accumuler des quantités élevées des éléments toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales) Donc, l'eau du lac est classée de "**passable**" à "**mauvaise**" qualité selon la station étudiée.

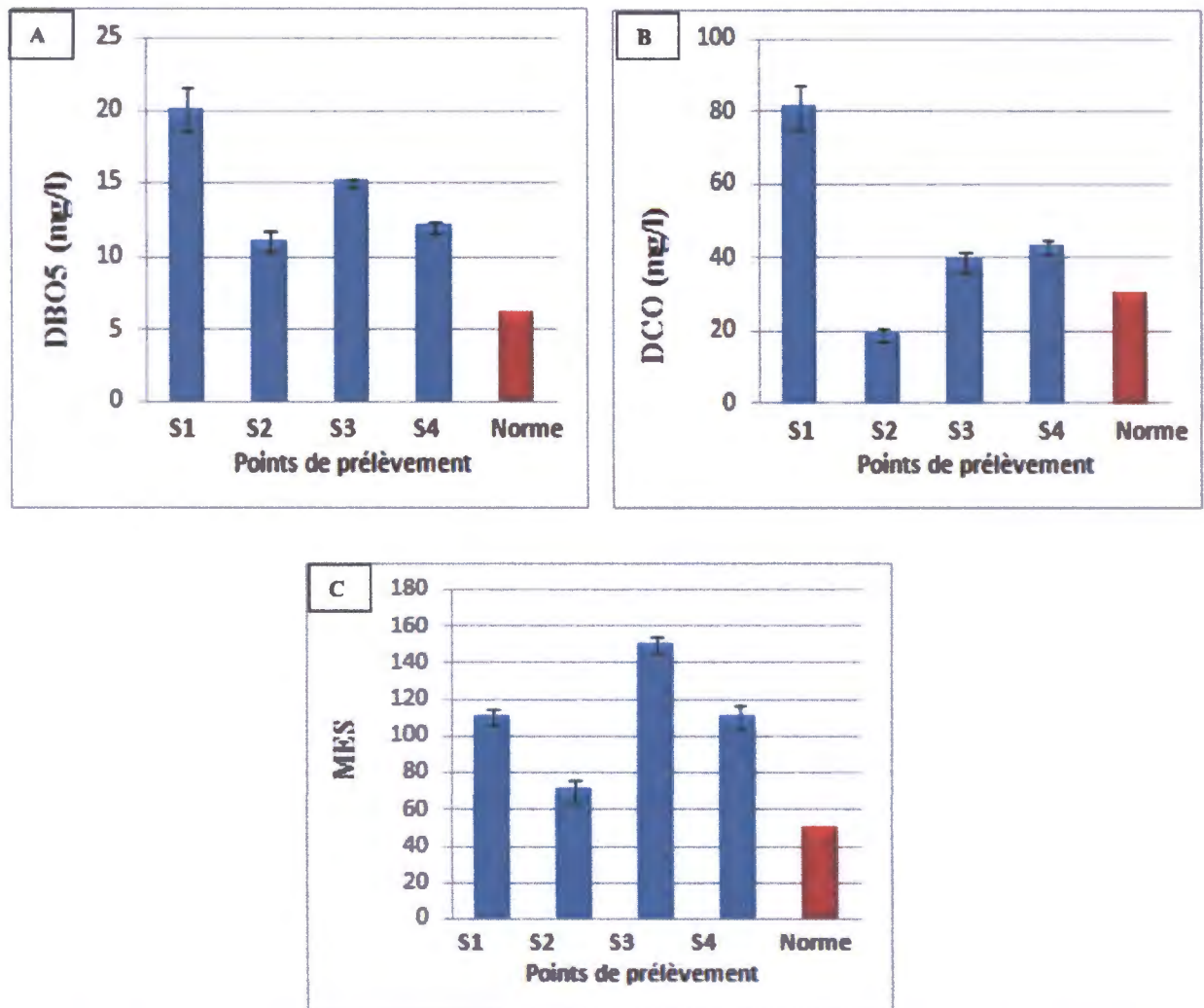


Figure 09 : Répartition spatiale de la teneur moyenne des paramètres résiduels de l'eau : DBO₅ (A), DCO (B), MES (C).

3. Les paramètres de pollution par les nutriments

3-1. Résultats des analyses

Les résultats des paramètres de pollution (NO_2^- , NO_3^- et PO_4^{3-}) sont présentés dans le tableau (09).

Tableau 09 : variation spatiales des paramètres de pollution (moyenne \pm écart type).

| | Station 1 | Station 2 | Station 3 | Station 4 |
|--|------------------|-----------------|------------------|------------------|
| Nitrites (NO_2^-) (mg/l) | 0,29 \pm 0,03 | 0,03 \pm 0,02 | 0,12 \pm 0,002 | 0,016 \pm 0,01 |
| Nitrates (NO_3^-) (mg/l) | 11,90 \pm 0,90 | 1,00 \pm 0,25 | 5,76 \pm 0,26 | 4,61 \pm 0,39 |
| Phosphates (PO_4^{3-}) (mg/l) | 0,90 \pm 0,05 | 0,08 \pm 0,01 | 0,60 \pm 0,05 | 0,07 \pm 0,01 |

(Bleu : très bonne, Vert : bonne, Jaune : passable).

3-2. Interprétation et discussion

3-2-1. Nitrites

La teneur des nitrites est un indicateur de la pollution de l'eau. Elles proviennent d'une oxydation incomplète de l'ammonium ou d'une réduction des nitrates par les bactéries. Les nitrites représentent un stade intermédiaire et sont facilement oxydées en nitrates (Rejsek, 2002). C'est ce qui explique pourquoi les teneurs en nitrites sont toujours trop petites par rapport aux nitrates.

Les valeurs obtenues dans notre travail sur les eaux du lac oscillent entre $0,03 \pm 0,02$ mg/l dans la station (S2) et $0,29 \pm 0,03$ mg/l dans la station (S1). Elles ne dépassent pas les normes recommandées par SEQ-Eau. L'analyse de la variance présente une variation spatiale hautement significative ($F=126.74$; $p<0.001$).

Ce milieu est généralement enrichi en ce composé azoté par les activités agricoles et les rejets des eaux usées domestiques, émises par les populations qui bordent ce lac, mais les eaux dans les 4 stations étudiées restent de "bonne" à "très bonne" qualité (Fig.10A).

3-2-2. Nitrates

Les nitrates se trouvent naturellement dans les eaux superficielles en faible concentration. Selon Savary (2003), en absence des rejets anthropiques, les eaux ne contiennent pas plus de 10 mg/l de nitrates.

Les concentrations des nitrates enregistrées dans notre étude varient de $1,00 \pm 0,25$ mg/l dans la deuxième station, à $11,9 \pm 0,9$ mg/l dans la première station, ce qui relève une différence importante dans la teneur de ce dernier entre les 4 stations ; ($F=225,8$; $P<0,001$). On peut interpréter ces résultats par le type et la source de la pollution, où la source la plus importante est les terres agricoles.

Les valeurs obtenues dépassent les normes recommandées par SEQ-Eaux dans la station (S1) avec une qualité “passable”, et qualifiée de “très bonne” qualité pour les autres stations (Fig. 10B).

3-2-3. Les orthophosphates

Les teneurs en phosphate supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution des eaux de surface (Rodier, 2005). Elles suffisent, en présence de nitrate et d’ammonium, pour déclencher une croissance excessive de la végétation conformément à la directive-cadre européenne.

Les valeurs obtenues par notre travail comprennent entre $0,9 \pm 0,05$ mg/l dans la station (S1) et $0,07 \pm 0,01$ mg/l dans la station (S2), elles sont un peu élevées et variables entre les 4 stations ($F=385,13$; $p<0,001$).

Ces valeurs dépassent les normes recommandées par SEQ-Eau dans les stations (S1 et S3), ayant une qualité “passable”, à l’inverse ces valeurs ne dépassent plus les normes dans les stations (S2 et S4) qui sont de “très bonne” qualité (Fig. 10C).

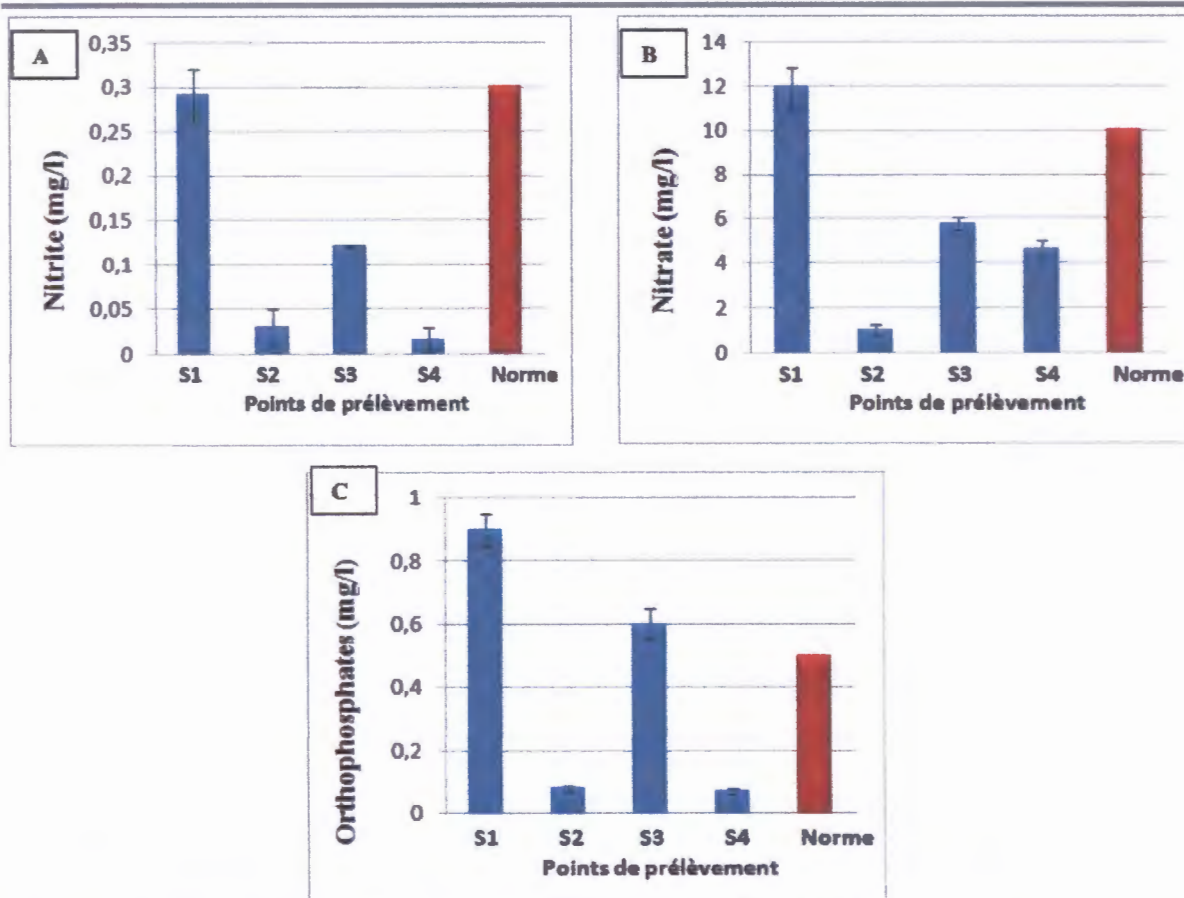


Figure 10 : Répartition spatiale de la teneur moyenne des paramètres de pollution de l'eau par les nutriments : Nitrates (A), Nitrites (B) et Orthophosphates (C).

4. Les métaux lourds

4-1. Résultats des analyses

Les résultats des métaux lourds (plomb et cadmium) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 10: Variation spatiale de la teneur des métaux lourds (moyenne ± écart type).

| | Station 1 | Station 2 | Station 3 | Station 4 |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Plomb(Pb) (ppm) | 0.174 ± 0.012 | 0.169 ± 0.019 | 0.035 ± 0.015 | 0.043 ± 0.016 |
| Cadmium (Cd) (ppm) | 0.004 ± 0.001 | 0.005 ± 0.001 | 0.004 ± 0.001 | 0.007 ± 0.001 |

(Jaune : passable, Orange : mauvaise).

4-2. Interprétation et discussion

4-2-1. Plomb (Pb)

Les résultats des analyses des métaux dans l'eau du lac montrent que les teneurs du plomb oscillent entre une valeur moyenne maximale de 0,174±0,012 ppm dans la station (S1) et une valeur moyenne minimale de 0,035±0,015 ppm dans la station (S3) (fig. 11A). Ces polluants

proviendraient des déchets solides ménagers déversés et le lessivage des éléments des décharges sur les berges du lac.

A partir de la grille de la qualité des eaux superficielles les teneurs du plomb dépassent les valeurs d'une eau de bonne qualité ; le lac est de "passable" dans les stations (S3) et (S4) à "mauvaise" qualité dans les stations (S1) et (S2). Cette teneur pourrait être due aux gaz d'échappement des véhicules, en effet que cette station se situe au voisinage de la route où la circulation est permanente (Ben Bouih et al., 2005) ainsi que, le déversement des déchets solides sur les bords du lac.

4-2-2. Cadmium (Cd)

Les teneurs en cadmium dans les eaux du lac d'El-Kennar fluctuent entre une valeur moyenne maximale de $0,007 \pm 0,001$ ppm au niveau de la station (S4) et une valeur moyenne minimale de $0,004 \pm 0,001$ ppm au niveau de la station (S1 et S3) (fig. 11B). L'origine de cette pollution peut être liée aux matières plastiques, huiles de moteurs et piles (Debieche, 2002).

Selon la grille de la qualité des eaux superficielles les valeurs dépassent les normes recommandées par SEQ-Eau dans les quatre stations, donc elles sont de "passable" à "mauvaise" qualité.

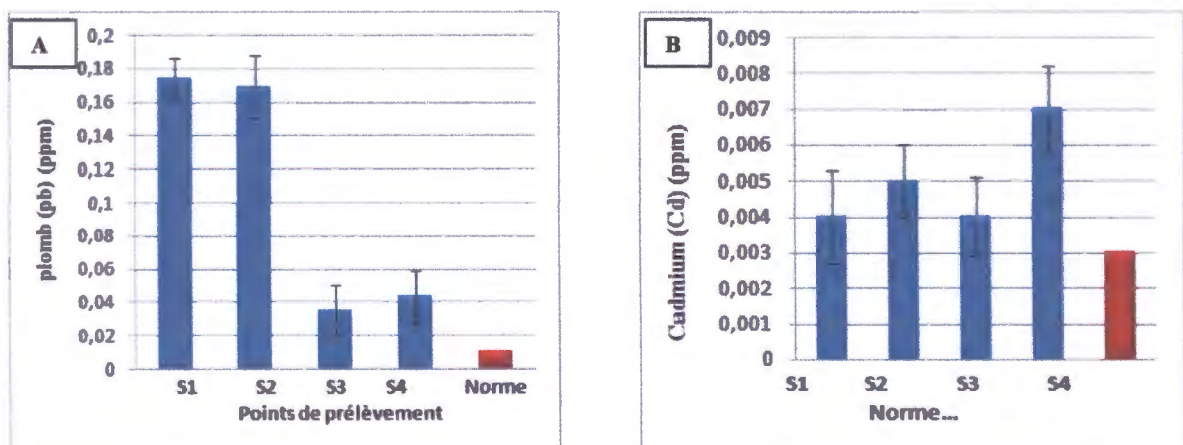


Figure 11 : Répartition spatiale de la teneur moyenne des métaux lourds : Plomb (A), Cadmium (B).

5. Corrélation entre les différents paramètres de l'eau

Le tableau suivant représente la matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques, les paramètres résiduels, les paramètres de pollution et les métaux lourds des eaux du lac étudié.

Tableau 11. Matrice de corrélation entre l'ensemble des variables analysées des stations étudiées.

| | pH | T | CE | DBO ₅ | DCO | MES | NO ₂ ⁻ | Turb. | NO ₃ ⁻ | PO ₄ ⁻³ | NTK | Pb | Cd |
|-------------------------------|------|------|------|------------------|------|-------|------------------------------|-------|------------------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|
| pH | 1,00 | 0,69 | 0,85 | 0,45 | 0,44 | 0,38 | 0,56 | 0,46 | 0,49 | 0,50 | 0,01 | -0,73 | 0,84 |
| T | | 1,00 | 0,69 | 0,04 | 0,09 | -0,13 | 0,26 | -0,03 | 0,10 | 0,09 | 0,67 | 0,01 | 0,11 |
| CE | | | 1,00 | 0,58 | 0,47 | 0,28 | 0,72 | 0,59 | 0,55 | 0,68 | -0,09 | -0,77 | 0,85 |
| DBO ₅ | | | | 1,00 | 0,92 | 0,39 | 0,94 | 0,87 | 0,96 | 0,95 | 0,12 | -0,66 | 0,78 |
| DCO | | | | | 1,00 | 0,30 | 0,85 | 0,76 | 0,98 | 0,81 | 0,41 | -0,40 | 0,56 |
| MES | | | | | | 1,00 | 0,28 | 0,64 | 0,42 | 0,51 | -0,62 | -0,87 | 0,76 |
| NO ₂ ⁻ | | | | | | | 1,00 | 0,82 | 0,90 | 0,94 | 0,15 | -0,64 | 0,76 |
| Turb. | | | | | | | | 1,00 | 0,84 | 0,92 | -0,21 | -0,86 | 0,94 |
| NO ₃ ⁻ | | | | | | | | | 1,00 | 0,89 | 0,25 | -0,55 | 0,69 |
| PO ₄ ⁻³ | | | | | | | | | | 1,00 | -0,11 | -0,82 | 0,81 |
| NTK | | | | | | | | | | | 1,00 | 0,65 | -0,50 |
| Pb | | | | | | | | | | | | 1,00 | -0,98 |
| Cd | | | | | | | | | | | | | 1,00 |

L'analyse statistique multi-variée a conduit à la mise en évidence des différentes caractéristiques des eaux de surface dans la zone d'étude. La corrélation est l'une des analyses statistiques descriptives utilisées pour donner une certitude sur la liaison entre deux variables.

L'examen de la matrice de corrélation entre variables (Tableau 11) révèle la présence d'un premier ensemble de variables, constitué de variables bien corrélées entre elles. Il s'agit de :

- pH avec les paramètres ; température, conductivité électrique et cadmium.
- Température avec la conductivité électrique.

- La conductivité électrique avec Nitrites, Orthophosphates.
- La DBO₅ avec DCO, Nitrites, la turbidité, Nitrates, Orthophosphates.
- La DCO avec Nitrites, turbidité, Nitrates, Orthophosphates.
- Les MES avec la turbidité.
- Les Nitrites avec turbidité, Nitrates, Orthophosphates.
- La turbidité avec Nitrates, Orthophosphates.
- Les Nitrates avec Orthophosphates.
- Le Cd avec pH, CE, DBO₅ et la turbidité.
- Le Pb avec NTK.

La corrélation entre la conductivité électrique, la température et le pH est très hautement significative, ceci explique que lorsque le paramètre température augmente la minéralisation de l'eau augmente, aussi pour le paramètre NO₂⁻ une corrélation hautement significative avec les NO₃⁻ et PO₄⁻³. Alors pour la DBO₅ est fortement corrélée avec la DCO, NO₂⁻, NO₃⁻ et PO₄⁻³, le Cd et fortement corrélé avec la turbidité, aussi pour le paramètre turbidité est bien corrélée avec PO₄⁻³.

6. Qualité microbiologique de l'eau

6-1. Résultats des analyses

Les résultats des paramètres microbiologiques des eaux des quatre stations étudiés, sont désignés dans le tableau 12.

Tableau 12 : résultats des paramètres microbiologiques des eaux du lac.

| Stations | Station 01 | Station 02 | Station 03 | Station 04 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| FTAM (UFC/ml) (×10⁵) | 26,36 | 28,18 | 34,55 | 17,27 |
| Coliformes Totaux (u/100ml) | 15000 | 4000 | 4000 | - |
| Coliforme Fécaux (u/100ml) | 15000 | - | - | - |
| <i>E. Coli</i> | + | - | - | - |
| Streptocoques Fécaux (SF) | - | - | - | - |
| <i>Clostridium sulfito- réducteurs</i> | - | - | - | - |

(+ : présent, - : absent).

6-2. Interprétation et discussion

6-2-1. La flore totale aérobique mésophile (FTAM)

Les analyses microbiologiques de l'eau des quatre stations étudiées du lac montre que le nombre de la flore totale aérobique mésophile (FTAM) varie entre une valeur maximale de l'ordre de $34,55 \times 10^5$ (UFC/ml) au niveau de la station (S3) et une valeur minimale de l'ordre de $17,27 \times 10^5$ (UFC/ml) au niveau de la station (S4) (fig. 12A). Cela signifie que les eaux du lac sont très riches en flore totale, qui due aux conditions favorables de culture comme la turbidité élevée qui permet au microorganisme d'avoir un support de culture et les conditions favorables de la température (Potelon et Zysman, 1998).

6-2-2. Les coliformes totaux

Les coliformes totaux constituent un groupe hétérogène de bactéries d'origine fécale (dont les bactéries *E-Coli*) et environnementale. Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la pollution de la qualité microbienne de l'eau, leur présence en nombre élevé est un signal d'alarme qui démontre une détérioration de la qualité de l'eau (Archibald, 2000).

Sur les quatre stations, les teneurs en coliformes totaux obtenus sont largement supérieures à la norme de qualité admise par le SEQ-Eau (fig. 12B). Elles sont comprises entre une valeur maximale de l'ordre de 15000 (u/100ml) au niveau de la station (S1) et une valeur minimale de l'ordre de 4000 (u/100ml) au niveau des stations (S3) et (S2). En ce qui concerne la station (S4) il y a une absence totale des coliformes totaux, qui prouvée par l'inexistence des tubes positifs après la réalisation du test confirmatif.

Selon la grille de qualité des eaux superficielles les eaux du lac sont classées dans la classe de "très bonne" qualité dans la station (S4) à "passable" qualité dans les autres stations.

6-2-3. Les coliformes fécaux (Coliformes thermotolérantes)

Les coliformes fécaux sont intéressants car un grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent des indicateurs fécaux (Coulibaly, 2005).

D'après les résultats des analyses microbiologiques, on montre une présence de coliformes fécaux avec une valeur maximale de l'ordre de 15000 (u/100 ml) au niveau de la station (S1) mais en ce qui concerne toutes les autres stations (S2, S3 et S4) on constate l'absence totale des coliformes fécaux.

La consultation du tableau des normes de qualité microbiologique applicables aux eaux de surface indique que les résultats obtenus pour ce paramètre microbiologique dépassent les normes pour la station (S1) mais les autres stations (S2, S3 et S4) restent toujours de "Très bonne qualité" concernant ce paramètre (Fig. 12C).

6-2-4. *Escherichia Coli (E. Coli)*

La bactérie *E. Coli* est considérée comme le meilleur indicateur d'une contamination fécale. Cette bactérie considérée comme l'indicateur le plus précis de la contamination fécale récente et de présence éventuelle de micro-organismes pathogènes.

D'après nos analyses, nous avons noté une absence totale d'*E. Coli* dans trois stations des eaux de notre site d'étude (S2, S3 et S4) et une présence intensive dans la station (S1), ces résultats sont interprétés par le déversement des eaux usées des agglomérations de la région de Fâzâ dans le lac directement sans traitement préalable.

6-2-5. *Clostridium sulfito- réducteurs*

Les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont aussi d'origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels dans les conditions favorables.

Selon les résultats des analyses microbiologiques réalisées on constate l'absence totale de deux formes des *Clostridium sulfito-réducteurs* (sporulées et végétatives) dans les quatre stations du lac étudié cela signifie que la contamination par ce dernier est absente et selon la grille de qualité des eaux superficielles l'eau est de "Très bonne" qualité.

6-2-6. Les Streptocoques Fécaux (SF)

Les streptocoques fécaux sont des germes test de contamination fécale particulièrement intéressant pour identifier des contaminations anciennes (Savary, 2003).

D'après les résultats des analyses microbiologiques on remarque l'absence totale des streptocoques fécaux dans toutes les stations étudiées. L'absence de ce type de bactéries dans l'eau du lac indique qu'il n'existe pas de conditions favorables pour la prolifération de ce type de microorganismes.

Selon la grille de qualité des eaux superficielles les eaux du lac appartiennent à la classe de "Très bonne" qualité.

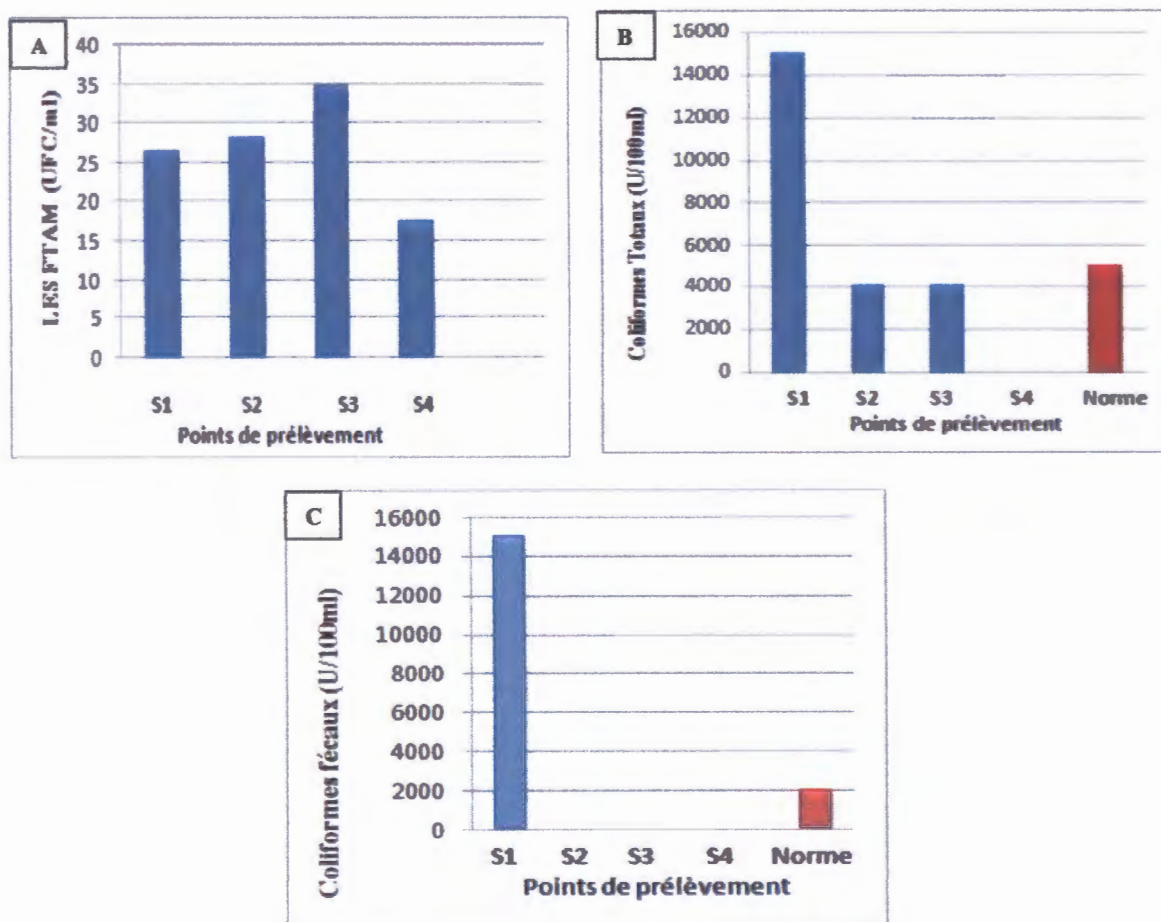


Figure 12 : variations des paramètres microbiologiques de l'eau du lac : la flore totale aérobie mésophile (FTAM) (A), coliformes totaux (B), coliformes fécaux (C).

7. La qualité de l'eau du lac et les domaines probables de l'usage

Le corps humain est sensible aux différents types de pollution existant dans le milieu aquatique. Pour éviter tout risque, il est nécessaire de connaître la qualité des ressources hydriques exploitées par les populations et déterminer les différents domaines possibles de leur usage.

A la suite de paramètres évoqués dans les chapitres précédents et les valeurs réglementaires indiquées dans les grilles de qualité de chaque type d'usage, on peut valider ou invalider l'utilisation de l'eau du lac dans : la production d'eau potable, l'irrigation, l'abreuvement des bétails, loisir et sport (annexe 5).

7-1. Qualité physico-chimique

Les résultats enregistrés affirment que l'eau du lac est une eau de "bonne" à "mauvaise" qualité selon le paramètre étudié.

Généralement au niveau des stations (S1 et S3) les eaux sont de "mauvaise" qualité, par contre au niveau des stations (S2 et S4) les eaux sont de "moyenne" à "bonne" qualité concernant la plupart des paramètres physico-chimiques étudiés.

7-2. La qualité microbiologique

La contamination bactérienne des eaux de surface est un problème majeur de pollution, pour cela l'analyse microbiologique des eaux du lac permet d'apprécier le risque dû à des microorganismes pathogènes (bactéries, champignons, protozoaire, virus), susceptibles d'être trouvés dans les eaux usées par l'homme, et de ce fait, de provoquer des maladies (Rodier et al, 2009).

Selon les résultats globaux de nos analyses microbiologiques, il y a une présence des coliformes dans les eaux du lac avec des taux plus élevées ainsi que pour la flore totale aérobie mésophile (FTAM), avec une présence intensive d'*E. Coli* au niveau de la première station, donc l'eau du lac est d'une mauvaise qualité bactériologique.

7-3. Qualité métallique

La contamination de l'environnement aquatique par des métaux peut avoir des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique (Biney et al, 1991).

Notre étude est confirmée un enrichissement du milieu par des éléments toxiques (plomb et cadmium), où les teneurs les plus élevées sont trouvées dans les stations (S1), (S2) et (S3).

Donc l'étude des eaux du lac a montré l'impact des effets anthropiques sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux qui traduit par la forte minéralisation des eaux, sa forte teneur en matière organique et la présence intensive des microorganismes pathogènes.

L'eau du lac est tout de même inadéquate à la baignade et à la production d'eau potable ainsi que pour l'abreuvement des bétails presque dans toutes les stations étudiées, mais il ya une probabilité de dire que la contamination de l'eau dans les stations S1, S2 et S3 n'est pas seulement d'origine humaine et animale, puisqu'elle peut s'aggravée par la diffusion des eaux de la première station, qu'elle est le récepteur majeur des différents types de pollution.

Malgré cette mauvaise qualité, les habitants de la région considèrent ce marais comme une source important pour l'irrigation des cultures et pour d'autres usages.

Cependant on peut donner un résumé sur les domaines probables de l'usage de l'eau du lac d'El-Kennar en fonction de l'ensemble des résultats obtenu par notre travail (tab.13).

Tableau 13 : Les domaines probables de l'usage des eaux du lac dans les quatre stations.

| Domaines de l'usage | Stations | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 |
| Production d'eau potable | Non adaptée | Non adaptée | Non adaptée | Non adaptée |
| Loisir et sport | Non adaptée | Adaptée | Non adaptée | Adaptée |
| Abreuvement des bétails | Non adaptée | Adaptée | Non adaptée | Non adaptée |
| Irrigation | Non adaptée | Adaptée | Non adaptée | Non adaptée |

Conclusion générale

La dégradation de la qualité des eaux de surface est l'un des principaux problèmes environnementaux actuels. Notre présent travail est une étude de l'effet des actions anthropiques sur le lac d'El-Kennar au Nord de la wilaya de Jijel ; du point de vue de leur fonction écologique, en se basant sur l'appréciation de la qualité physico-chimique, métallique et microbiologique de l'eau, à l'aide du Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux superficielles (SEQ-Eau).

A la lumière des résultats obtenus de l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés, il ressort que la qualité des eaux du lac d'El-Kennar est influencée par les effets anthropiques (utilisé comme exutoire pour l'évacuation des eaux usées, les eaux de drainage, les déchets urbains, domestiques et agricoles...etc.). La pollution varie d'une station à une autre en fonction de l'éloignement des sources d'émission de polluants (l'effluent urbains, PPS, routes...), mais aussi en fonction de la position topographique des stations. Toutefois, les paramètres de conductivité électrique (CE), l'azote total et les matières en suspension (MES) sont de mauvaise qualité dans la plupart des stations étudiés, aussi les eaux du lac sont moyennement troubles. Les résultats de la demande chimique en oxygène (DCO) reflètent l'importance de la teneur en matières organiques. Les valeurs de la demande biochimique en oxygène (DBO₅) élevés indiquent la richesse des eaux en microorganismes.

L'enrichissement du milieu par les nutriments (Nitrates et Orthophosphates) d'origine agricole est aussi significatif, alors que les nitrites se trouvent rarement en concentration importante dans les eaux du lac à cause de leurs oxydations en nitrates.

Du point de vue bactériologique les valeurs estimées désignent une eau de mauvaise qualité concernant la flore totale aérobie mésophile (FTAM) et les coliformes (totaux et fécaux) avec l'absence totale des *Streptocoques fécaux* et des *Clostridium sulfito-réducteurs*.

Enfin, les résultats des métaux lourds (plomb, cadmium) ont montrés que ses concentrations sont très élevées dans toutes les stations du lac.

A travers ces résultats, il y'a lieu de constater que les eaux de surface du lac d'El-Kennar sont de bonne qualité pour les paramètres température (°C), pH et nitrites (mg/l), tandis qu'elles sont de moyenne qualité pour les paramètres nitrates, orthophosphates et turbidité, alors qu'elles sont de passables à mauvaise qualité pour les paramètres de conductivité électrique, azote total, DCO, DBO₅, MES, métaux lourds et paramètres

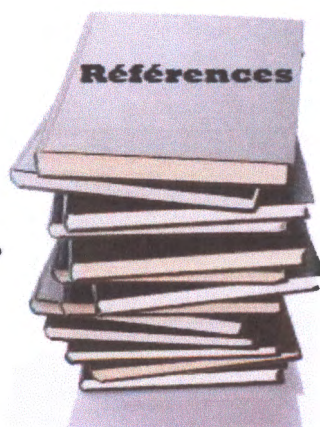
microbiologiques, donc ces résultats restent toujours supérieurs aux normes de bonne qualité dans la plus part des stations étudiées.

La protection de ces hydro-écosystèmes sensibles contre la pollution est une nécessité pour sa préservation et sa durabilité, surtout avec l'accentuation des pressions anthropiques, le multiple usage et le manque des ressources hydriques à l'heure actuel. Enfin pour une meilleure exploitation de ces dernières dans la vie quotidienne de l'homme, il est également primordial d'adopter une politique pour une bonne gestion des eaux superficielles.

Il est nécessaire de :

- contrôler périodiquement les qualités physico-chimiques et bactériologiques de l'eau par une surveillance mensuelle ou annuelle.
- Mettre en place une station d'épurations à la proximité de la source hydrique pour diminuer l'écoulement de nutriments et de microorganismes pathogènes vers les milieux aquatiques ;
- Adopter une véritable politique de développement durable et un système d'aménagement des zones humides ;
- Renforcer la lutte contre les activités anthropiques destructrices des ressources naturelles ;
- Faire des publications pour des campagnes de volontariat périodiques pour un environnement sain ;
- Appliquer les textes législatifs et réglementaires en robustesse ;
- Application des taxes sur les personnes exerçant des activités très lourdes vis-à-vis de l'environnement tel que : le transport, l'industrie et l'émission des déchets solides dans les cours d'eau.

Références bibliographiques



A

- Achour S., Youcef L. et Guergazi S., 2008.** Qualité physico-chimique des eaux souterraines et superficielles du Sahara septentrional oriental algérien, Rev. EIN, n°311, 79-84p.
- Agonkpahoun E., 2006.** Evaluation de la pollution des eaux continentales par les métaux toxiques (Cas de la rivière Okpara et du lac Nokoué au Bénin) Thèse de Doctorat en Pharmacie, FSS /UAC. 87 p.
- Alloway B.J., Ayres D.C., 1997.** Chemical Principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and Profesional, an imprint of Chapman and Hall. London. 394p.
- Amis M.A., Rouget M., Balmford A., Thuiller W., Kleynhans C.J., Day J., et Nel J. 2007.** Predicting freshwater habitat integrity using land-use surrogates. Water SA 33,215-222.
- ANRH., 2016.** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques de la wilaya de Jijel.
- Archibald F., 2000.** The presence of coliform bactria in canadian water systems.Canada, pp 1-22.
- Armand C., 2003.** Hydrologie : mers, fleuves et lacs. ISBN : 2-200-26461-5. 190p.

B

- Bäckström M., Karlsson S.; Bäckman L., Folkesson L. et Lind B., 2004.** Mobilisation of heavy metals by deicing salts in a roadside environment. Water Res. 38(3). 720-732p.
- Barroin G., 2003.** Phosphore, azote et prolifération des végétaux aquatiques. Courrier de l'environnement de l'INRA- Centre National de Ressources en Agriculture Biologique. 13-25p.
- Beaudouard L. et Gueuné M., 2009.** Les cours du CNED. 137p.
- Belabed B., 2010.** La pollution par les métaux lourds dans la région Annaba (Sources de contamination des écosystèmes aquatiques). Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar "Annaba". PP : 6-7;25.
- Belghoul M., 1994.** Analyse bactériologie des eaux de consommation de la ville de Taher (mémoire de fin d'étude D.E.S en biologie. Université de constantine) .45p.
- **BELHAJ A. (2001).** Les épidémies d'origine hydrique dans le monde. *Synthèse Technique, ENGRET centre de Montpellier et OIE de Limoges, pp 1-16.*

- Ben Bouih H., Nassali H., Leblans M., et Srhiri A., 2005.** Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat -Maroc. *Afrique Science* 01(1) 109 – 125.
- Bensouilah S., 1995.** Contribution à l'étude hydrogéologique des Hautes Plaines sétifiennes dans le cadre de la haute vallée de l'Oued Athmania, mémoire de magister, Université Mentouri de Constantine, Faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, Département de la géologie, 247p.
- **Bentir M., 1997.** Bulletin International de l'eau et de l'environnement. No 14, P: 23.
- Biney Ch ; Amazu A.T ; Calamari D ; Kaba N ; Mbome I. L ; Naeve H ; Chumba O ; Osibanjo O ; Radeconde V et Massad A. H .S ., 1991.** Étude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique africain. Rapport de la troisième session du groupe de travail sur la pollution et les pêches Accra, Ghana, 25-29, novembre 1991.
- Blouidi M.K. 2005.** Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental) Impacts des facteurs anthropiques. Thèse de Doctorat. Université Mohamed V- Agdal Faculté des Sciences de Rabat, Maroc.344p.
- Bontoux J., 1993.** Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. 2^{ème} édition, Cebedoc. 81-82-120p.
- Boeglin J. C., 1999.** Contrôle des eaux douces et de consommation humaine, 210 p.
- Boucher C.G. et Margoum, C., 2003.** Contribution à l'étude du devenir des produits phytosanitaires lors d'écoulements dans les fosses, caractérisation physico-chimique et hydrodynamique, Thèse de doctorat. Université Joseph Fourier-Grenoble I. France. 292p.
- Boudjedir F. et Lamara A., 2013.** Recherche et dosage des résidus de pesticides dans le sol de la région d'El-Kennar. Mémoire Master, Université de Jijel. 60p.
- Boudjelal et Djoudi H., 2003.** Pollution de l'oued Boussellem par les eaux usées urbaines et industrielles et impact de leur utilisation dans l'irrigation. Thèses ingénieurs, thèses des écosystèmes universitaires, Stif : p 6-13.
- Boudraa W., Merzoug S.E., Khemis M.D.E., Boumaaza O., Bouslama Z., et Houhamdi M., 2014.** Qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau des plages d'Annaba, 1^{er} Séminaire National sur la Santé et Bio-Surveillance des Ecosystèmes Aquatiques. 48p.

- Bougassa A., 2009.** Le foncier urbain dans la petite région de Taher (Wilaya de Jijel) ; disponibilité, mobilisation et contentieux, Mémoire de Magister en aménagement urbain, Université Mentuori de Constantine. 259p.
- Boumezber A., 2001.** Atlas des zones humides Algériennes d'importance international. 56p.
- Bourgeois C.M ; Mescle et Zucca J., 1996.** Microbiologie alimentaire (tome 1) : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments ; Edition TEC et DOC, Lavoisier, Paris.
- Bouziati M., 2000.** L'eau de la pénurie maladie. Ed. IBN-KHALDOUN., Oran: 59-64. Bureau d'étude et de réalisation des ouvrages U.R.T.O, PADV de Hassi ben abdellah Phase 1: rapport d'orientation: p 1- 4.
- Brière F.G., 2000.** Distribution et collecte des eaux, Montérial, 2^{ème} Edition, revue et corrigée. 123p.

C

- Chebbah I., Talbi M, 2012.** Evaluation du degré de contamination du littoral jijelien par les ETM : cas des embouchures de l'oued Nil, l'oued Djendjen et l'oued Kissir, Université de Jijel.74p.
- Chevalier p., 2003.** Coliformes fécaux, dans fiches synthèse sur l'eau potable et la santé humaine, institut national de santé publique du Québec.3p.
- Chorfi W., Moheidine S., 2005.** Contribution à l'étude hydrogéologique et bactériologique de la nappe aquifère Tébessa-Hammamet, NW de la W.Tébessa. Mémoire fin d'étude d'ingénieur, CUT, 97p.
- Claude F., Christianne F., Paul M. et Jean D., 1998.** Ecologie : approche scientifique et pratique (4^{ème} Ed), Lavoisier TEC and DOC, Paris. 156p.
- Coulibaly K., 2005.** Etude de la qualité – chimique et bactériologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse doctorat université de Bamako, 69p.
- Commoner B., 1970.** Threats to the integrity of the nitrogen compounds in soil, water, atmosphere and precipitation; global effect of environmental pollution. London, Singer.

-Couillard L. et Grondin P., 1986. La végétation des milieux humides du Québec, Québec, Les Publications du Québec, 400 p.

D

-Daouda M., 2010. Méthodologie et résultats du diagnostic de l'eutrophisation du Lac Noköue (Bénin). Thèse de Doctorat de l'université Limoges. 177p.

-Debieche T. H., 2002. Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle, Application à la basse plaine de la seybousse –NE Algérien. Th. Doct. Université de Franche-Comté, 199P.

-Dejoux C., 1988. La pollution des eaux continentales africaines : expériences acquises, situation actuelle et perspectives. Paris: ORSTOM.

-Dellaras C., 2007. Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire, édition TEC DOC, Lavoisier, Paris, ISBN : 978-2-7430-0945-8, 254-255p.

-De Villers J., Squilpin M. et Yourssowsky C., 2005. Qualité physico-chimique des eaux de surface, Institu Bruxellois pour la gestion de l'environnement/observatoire des données de l'environnement (fiche2). 16 p.

-DE, 2013. Direction de l'Environnement de la wilaya de Jijel.

-Di Benetto M., 1997. Methode spectrométriques d'analyse et de caractérisation, 49p.

-Directive-cadre européenne, circulaire 2005/12, relative à la définition du bon état et à la constitution des référentiels pour les eaux douces de surface (cours d'eau et plan d'eau).Direction de l'eau, Ministère de l'écologie et du développement durable, République Française.

-Dioubi I., Khelifa N., 2012. Etude physico - chimique et dosages de quelques ETM des eaux de surface et souterraines de la plaine alluviale de l'oued boukaraa (Taher, Jijel), Université de jijel, .

-Dorioz J.M., Quetin P., et Lazzarotto J.A., 2004. Bilan du phosphore dans un bassin versant du lac Léman : Conséquences pour la détermination de l'origine des flux exportés. Revue des sciences de l'eau 17:329.

-Dromgny E., 2012. Les critères microbiologiques des denrées alimentaires : Règlements, agents microbiens, autocontrôle, Edition TEC et DOC, Lavoisier, pp 159-253.

-Durand C., 2003. Caractérisation physico-chimique des produits de l'assainissement pluvial, Origine et devenir des métaux traces et des polluants organiques.

F

-Faurie C., Ferra Ch., Medort P., Devaux J., et Hemptinne, 1998. Ecologie approche scientifique et pratique . 4^{ème} édition .270p.

-Fergusson J.E., 1990. The heavy elements:chemistry, environmental impact and health effects, 1. Pergamon Press, Oxford, 614 pp.

-Forstner H.C., Wittman G., 1981. Métal pollution in the aquatic environment. 2nd édition, Springer-Verlag. 486p.

-François A., 2008. L'eau et ses enjeux. Edition de Boock université, Bruxelles, Paris, ISBN. 29-31p.

-Freiberg L., Nordberg G.F. et Vouk B., 1979. Handbook on the toxicology of metals. Elsevier/North Holland Biomedical Press, Amsterdam, New York, Oxford.

G

-Garnaud S., Mouchel J. M., Chebbo G. et Thevenot D.R. 2001. Caractérisation des retombées atmosphériques de métaux traces en milieu urbain. TSM. 5. 30-40p.

-Gaujou D. 1995. Pollution des milieux aquatiques; aide-mémoire. 2^{ème} édition TEC et DOC.Paris.458p.

-Genin B., Cavvin., Menarod F., 2003. Cours d'eau et indices biologiques (pollution – Méthode - IBGN), 2^{ème} Edition Educagri, France Dijon, 221p.

-Gérard G., 1999. L'eau, usage et polluants. Tome 2. Paris. ISBN : 2-7380-0854-2. 210p.

- Gilles V., 2012. Les contaminations dans les milieux récepteurs sous forte pression urbaine, Mémoire d'Habilitation, Université Paris-Est Créteil Val de Marne, Laboratoire eau environnement système urbains, p 9.
- Grillas P., Gauthier P., Yavercovski N., et Perennou C., 2004. Les mares temporaires méditerranéennes. Enjeux de conservation, fonctionnement et gestion. Station Biologique de la Tour du Valat, voll. 120 p.
- Groscaude G., 1999. L'eau dosage et polluants, Tome II. Paris. 210p.
- Guasmi I., Djabri L., Hani A. et Lamouroux C., 2006. Pollution des eaux de L'Oued Medjerda par les nutriments. *Larhyss Journal*, n° 05, Juin 2006, pp.113-119
- Guerin et Thomazeau 1985. Environnement, Tome 1. Paris: ENTPE.

H

- Haddad H. et Ghoualem H., 2014. Caractérisation physico-chimique des eaux du bassin hydrographique côtier Algérois. *Larhyss Journal*, n°18, Juin 2014, pp.155-167.
- Hade A., 2002. Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides. 360 p.
- Hakkou R., 2001. La décharge publique de Marrakech : caractérisation des lixiviats, étude de leur impact sur les ressources en eau et essais de leur traitement. Thèse de doctorat d'état es Sci., Univ. Cadi ayyad, Fac. Sci. Thec., Marrakech, Maroc, 134 p.
- Henry A., 2008. Le livre noir de l'environnement : Etats des lieux planétaire sur les pollutions. Edition Alphée. 600p.
- Houston J., 1996. Pollution microbiologique de l'eau, santé et pollution en bref. Canada. Numéro 7, Volume 1.
- Hynes H.B.N., 1960. The biology of polluted waters. Liverpool: University of Liverpool.
- INS (Institut National de la Statistique), 2004 . Annuaire statistique du Cameroun, édition 2004. Cameroun : INS.

I

- **ISO**. Qualité de l'eau : Dosage du cadmium par spectrométrie d'absorption atomique. Suisse : ISO 5961, 1994.10p.
- **ISP, 1997**. Programme de l'organisation syndicale internationale des services publics pour l'eau, 1993 /1. Internationale des Services Publics, Ferney-Voltaire.

J

- **Jean Jaques C., 2004**. Les eaux souterraines connaissance et gestion, BRGM éditions, Hermann éditeur des sciences et des arts, 1^{ère} Edition, 25-27 p.
- **Jeppesen E., Sondergaard M., et Jensen J.P., 2005**. Lake reponses to reduced nutrient loading -an analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. *Freshwater Biology* 50:1747–1771. In Thèse de Doctorat, Jean-Philippe Jenny. Réponses des grands lacs périalpins aux pressions anthropiques et climatiques récentes : reconstitutions spatio-temporelles à partir d'archives sédimentaires. Sciences de la Terre. Université Grenoble Alpes. 239p.
- **Jones E.P., 1971**. DDT stopped, suit dropped. *Science*, 173 : 38p.
- **Journal Office National de République Algérienne (JORA), 2002**. Article 7 de 02-02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorization du littoral.

K

- **Karr J. R., et Chu E. W., 1999**. Restoring life in running waters : Better biological monitoring (Washington : Island Press).
- **Kayalto B., 2009**. Contribution à l'évaluation de la contamination par les métaux lourds, de trois espèces de poissons, de sédiments et des eaux de lac Tchad. Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondies (DEA) en Sciences Alimentaires/Nutrition. Ecole nationale supérieure des sciences agro-industrielles, université de Ngaoundere. 64p.
- **Koeman J.H., Oskamp A.A.G., et Veen J., 1967**. Insecticides as a factor of mortality in sand wich stern (*sterna sandvi censix*). A preliminary communication. *Med. Rijka lanbouw. Wet. Gen*, 32, 3 : 841-854.

L

- Lacaze J.C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales (causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte). Edition marketing. Paris. ISBN: 2-7298-4670-0. 191p.
- Larpent J.P., 1998.** Biologie des eaux : Méthodes et techniques, Edition Masson, p187.
- Le Gall A., Legarto J., et Pfimlin A., 1997.** Place du maïs et de la prairie dans les systèmes fourragers laitiers. III - Incidence sur l'environnement. Fourrages, 150, 147-169.
- Leroy J. B., 1999.** La pollution des eaux. 4^e édition. Paris : Presses Universitaires de France.

M

- Martin G., 1979.** Le problème de l'azote dans les eaux. Edition technique et documentation. Paris. 278p.
- Martielli I., 1999.** Infiltration des eaux de ruissellement pluvial et transfert de polluant associés dans le sol urbain. Vers une approche globale et pluridisciplinaire. Thèse de doctorat. Univ de Lyon. 207p.
- M.E.A. (Millennium Ecosystem Assessment), 2005.** Ecosystems and human well-being: wetlands and water: Synthesis. Washington, DC: World Resources Institute edition.
- M. Defrance S., 1996.** L'eau dans tous ses états. Edition Ellipes. Paris. 632p.
- MED et agence de l'eau, 2003.** Grille d'évaluation Version 2, système d'évaluation de la qualité des cours d'eau (SEQ-Eau), 40p.
- Médail F., Michaud H., Molina J., Paradis G. et Loisel R., 1998.** Conservation de la flore et de la végétation des mares temporaires dulçaquicoles et oligotrophes de France Méditerranéenne. Ecol. Medit. 24(2), 119-134p.
- Meybeck M., 1995.** Les lacs et leur bassin in Limnologie générale (dir. Pourriot et Meybeck). Masson Ed.
- Meybeck M., Chapman D., et Helmer R., 1989.** Global Freshwater Quality : a first assessment. Global environment monitoring system, W.H.O., UNEP. Cambridge Massachusette. Blackwell, 1-306p.

- Michard G., 2002.** Chimie des eaux naturelles. Principes de géochimie des eaux. Edition Publisud. 565p.
- Michel H., 2003.** Entre terre et mer, les 250 ans du littoral; direction de l'environnement de l'aménagement du littoral; IFREMER pp 13.
- **Miquel G., 2001.** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Sénat - office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. 352p.
- Morgan N.C., et Boy V., 1982.** Boy an ecological survey of standing waters in an ecological survey of standing waters in North West Africa: rapid survey and classification. *Biological Conservation*, 24: 5-44.
- Munnia A., Puntoni R., Merlo F., Parodi S., et Peluso M., 1999.** Exposure to Agrochemical sand DNA Adducts in Western Liguria, Italy. *Environmental and molecule armutagenesis*. vol34:52-56.

N

- Nicoleau R., 2005.** Caractérisation et quantification des transferts dus aux petites rivières côtières méditerranéennes. Thèse de doctorat. Université de Toulouse. 198p.
- Norseth T., 1994.** Mersuring strategies for the nineties. Future nedds from the health point of view. *Analyst*, 119, 3-7.
- Nriagu J.O., 1979.** Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature*, 279: 404-411.
- Nriagu J.O., 1991.** Human influence on the global cycling of trace metals. In: J.D. Farmer (Ed.), *Heavy Metals in the Environment*. CEP Consultants, Edinburgh, 1-5p.
- Nriagu J.O., 1996.** A History of Global metal Pollution. *Science*, 272(april): 223-224.

O

- OCDE (Organisation de Coopération et de Développement), 1982.** Eutrophisation Des Eaux: Méthodes de Surveillance, D'évaluation Et de Lutte. Organisation de Coopération et de Développement Economiques, 164 p. In Thèse de Doctorat, Jean-Philippe Jenny. Réponses des grands lacs périalpins aux pressions anthropiques et climatiques récentes : reconstitutions

spatio-temporelles à partir d'archives sédimentaires. Sciences de la Terre. Université Grenoble Alpes. 239p.

-OMS (Organisation Mondiale de Santé), 1994. Protection et amélioration de la qualité de l'eau. 2^{ème} édition. Volume 1.Genève:18.

-OMS (Organisation Mondiale de Santé), 2007. Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées (protocole de détermination des paramètres physico- chimiques et bactériologiques), Suisse : 52p.

-ONM., 2015. Office National de Météorologie. Station météo de Jijel aéroport.

P

-Perroux A.S., 2006. Intérêt des sédiments détritiques endokarstiques en tant qu'archive naturelle ? Discussion autour des dépôts lacustres souterrains (Grottes de Choranche-Vercors). Kartologia, n° 47, pp. 7-20.

-Petesse M. L., Petrere M., et Spigolon R. J., 2007. Adaptation of the Reservoir Fish Assemblage Index (RFAI) for assessing the Barra Bonita Reservoir (Sao Paulo, Brazil). River Research and Applications 23, 595-612.

-Pichard A., 2003. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, plomb et ses dérivés. INERIS. 90p.

-PNUE (Programme des Nations Unies sur l'Environnement), 1992. Convention sur la diversité biologique. 92-7808.

Q

-Quézel P., 1998. La végétation des mares transitoires à Isoetes en région méditerranéenne, intérêt patrimonial et conservation, Ecol. Medit. 24(2), 111–117p.

R

-Radoux M., Cadelli, D., Nemcova, M., Kemp, D., Klaessen, D., 1991. Qualité et traitement des eaux. Belgique : Fondation universitaire luxembourgeoise.

-Ramade F., 1981. Eléments d'écologie : écologie appliquée. 4ème édition, Paris, Edition Mc Graw Hill. 578 p.

- Ramade F., 1982.** Eléments d'écologie : écologie appliquée, action de l'homme sur la biosphère. 3^e édition. Paris : Mc Graw-Hill.
- Ramade F., 1993.** Dictionnaire encyclopédique des éléments de l'écologie des sciences de l'environnement. Edition Science Internationale. 822p.
- Ramade F., 1998.** Dictionnaire encyclopédie des sciences de l'eau, Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorals. Edition Science International, Paris, ISBN: 2-84074-152-0. 786p.
- a-Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et de l'environnement. Edition Ediscience international, Paris, 516p.
- b-Ramade F., 2000.** « Les polluants de l'environnement et de l'homme» dictionnaire encyclopédique des pollutions, Edition Science International, Paris, 13, 33, 424 p.
- Rana B.C., 1995.** Pollution and biomonitoring. Tata McGraw-Hill publishing company limited, New Delhi, 452p.
- Rejsek F., 2002.** Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques, centre régional de documentation pédologiques d'aquitaine, ISBN : 2-86617-420.
- Rice E.W., 1999.** Escherichia coli. In American water works association Manual of water supply practices : waterborne pathogene, pp.75-78.
- Rodier J., 1996.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer. 8^{ème} édition, Dount, Paris, 340p.
- Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires et Eau de mer. 8^{ème} édition, Dunod, Paris, 1394p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., Coll., 2009.** L'Analyse de l'eau. 9^{ème} Edition Dunod, Paris ; ISBN : 978-2-10-054179-9, 1526 p.

S

- Sahli L., 2012.** Etude du comportement de quelques espèces floristiques et faunistiques des écosystèmes aquatiques vis-à-vis des éléments traces métalliques par des bioessais, Thèse de doctorat, Pollution et Ecotoxicologie, Université Mentouri de Constantine. PP:13-15.

- Salghi R., 2002.** Différents filières de traitements des eaux, université Ibn Zohr école nationale des sciences appliquée d'Agadir, 22p.
- Samraoui B. et De Bélair G., 1997.** The Guerbes- Senhadja wetlands: Part I. An overview. *Ecologie*, 28: 233-250.
- Samraoui B. et De Belair, G., 1998.** Les zones humides de la Numidie orientale. Bilan des connaissances et perspectives de gestion. *Synthèse*, 4 : 1-90.
- Samraoui B. et Samraoui F., 2008.** An ornithological survey of Algerian wetlands: Important Bird Areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl*, 58: 71-96.
- Savary P., 2003.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Techni. Cités, 244p.
- Savary P., 2010.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Territorial édition, Bersson. ISBN 978-2-35295-945-8, 263p.
- Schuyt D.K., 2005.** Economic consequences of wetland degradation for local population in Africa. *Ecological Economics*, 53: 177-190.
- Sechir K., 2008.** Vulnérabilité à la pollution, protection des ressources en eaux et gestion active du sous système aquifère de Tébessa Hammamet (Est Algérien), Thèse de doctorat Université Badji Mokhtar-Annaba. 151p.
- Sharma N. P., Dambaug T., Hunt E., Grey D., Okaru V. et Rothberg D., 1996.** African water resources: challenges and opportunities for sustainable development. World Bank technical paper n° 331. Washington (USA), World Bank.
- Smith V.H. et Schindler D.W., 2009.** Eutrophication science: where do we go from here? *Trends Ecol Evol (Amst)* 24:201–207. In thèse de doctorat, Jean-Philippe Jenny. Réponses des grands lacs périalpins aux pressions anthropiques et climatiques récentes : reconstitutions spatio-temporelles à partir d'archives sédimentaires. Sciences de la Terre. Université Grenoble Alpes, 2013.

V

- Vilagines R., 2003.** Eau, environnement et santé publique. Introduction à l'hydrologie. 2^{ème} Edition : Tec et Doc. Lavoisier. 3- 187 p.

W

-Walker C., Hopkin S., Sibly R. et Peakall D., 1996. Principles of ecotoxicology. Taylor and Francis.

Annexes

Annexe 01

Fiches d'information sur les conditions d'échantillonnage

Premier prélèvement

Date : 13/04/2016

Heure : 13 : 30 h

Conditions météorologiques : Ensoleillé

T °C moyennes : 16

Deuxième prélèvement

Date : 21/04/2016

Heure : 09 : 15 h

Conditions météorologiques : pluvieux

T °C moyenne : 13

Troisième prélèvement

Date : 14/05/2016

Heure : 13 : 30 h

Conditions météorologiques : Ensoleillé

T °C moyennes : 18

Demande chimique en oxygène (DCO)

► Réactifs utiles :

- solution de sulfate d'argent à 10g/L dans l'acide sulfurique.
 - sulfate d'argent cristallisé.....0,5g
 - acide sulfurique.....50ml
- solution de décarbonate de potassium contenant de sulfate de mercure 4g
 - acide sulfurique.....5ml
 - dichromate de potassium..... 0,58g
 - eau distillée.....50ml

► Mode opératoire :

Analyse de l'échantillon

- Dans un tube de réaction introduire 10,0 ml d'échantillon. Si la DCO de l'échantillon est supérieure à 800 mg/L O₂, une dilution appropriée devra être réalisée.
- Ajouter 5,00 ml de la solution de dichromate de potassium (0,040 mol/L).
- Ajouter, lentement et avec précaution, 15 ml de la solution d'acide sulfurique contenant le sulfate d'argent, en agitant soigneusement le tube.
- Mettre 1 à 2 gouttes d'acide sulfurique sur le col rodé du tube pour le lubrifier et relier le réfrigérant au tube de réaction. S'assurer que le réfrigérant tourne facilement dans le rodage du tube (sinon ajouter une goutte d'acide supplémentaire).
- Placer le tube dans le bloc chauffant et porter à ébullition (150 °C ± 5 °C) pendant 2 heures. Arrêter le chauffage.

► essai à blanc

Procéder de la même manière en remplaçant l'échantillon par 10,0 ml d'eau déionisée. La consommation de dichromate de potassium lors de cet essai doit être très faible et ne pas excéder 0,5 ml. Des valeurs plus élevées peuvent trouver leur origine dans une pureté insuffisante de la verrerie ou dans des erreurs de concentrations des réactifs

► Expression des résultats

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale à :

$$\frac{8000 (V_0 - V_1) T}{V}$$

V₀ = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire au dosage (ml)

V₁ = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire à l'essai à blanc (ml).

T = Titre de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (en mol/L)

V = Volume de la prise d'essai (en ml).

La demande biochimique en oxygène (DBO)

Principe de la méthode manométrique

Une quantité d'eau est versée dans une bouteille d'incubation de 500 ml, reliée à un manomètre à mercure ou fermée avec un bouchon muni d'un capteur de pression (oxytop). Le volume choisi est fonction de la gamme de mesures souhaitée. L'appareil de mesure, de type IS 602, est maintenu à 20 °C. En suite, en fonction du temps, soit tous les jours.

Mode opératoire

- Mesurer un volume de l'échantillon (500ml).
- Placer le contenu dans les flacons.
- Mettre 6 pastilles de NaOH dans les flacons, remettre les bouchons.
- Presser sur les touches M et S jusqu'à affichage du double zéro (M et S sont des mémoires qui Enregistrent respectivement la DBO5 et la DBO journalière).
- Introduire les flacons dans l'incubateur, à une température de 20°C.
- Après 5 jours faire la lecture en appuyant sur les touches M et S.

Mesure de la turbidité

*Mode opératoire

- Mettre l'appareil sous tension
- Seisir délicatement l'étalon 0.1 NTU et l'essuyer sans l'agiter
- Veiller à ce que le chiffon ou le papier utilisé ne laisse aucune pluche sur la paroi du tube de verre.

*Etalonnage

- Ouvrir la chambre noire et y placer l'étalon.
- Coiffer la chambre noire.
- Placer le commutateur de sélection sur la position 10.
- Ajuster l'affichage à la valeur de l'étalon, soit 0,1 dans ce cas, à l'aide du bouton de tarage.
- Ouvrir la chambre noire.
- Retirer l'étalon et le stocker verticalement.

*Mesure d'une turbidité

- Remplir le tube de mesure avec l'échantillon.
- Essuyer le tube de mesure.
- Introduire le tube de mesure dans la chambre.
- Fermer la chambre.
- Lire directement le résultat.

*Travail à effectuer

- Sélectionner l'étalon le plus adapté.
- Etalonner l'appareil.
- Mesurer la turbidité.

Mesure de M.E.S (Matières en suspension)

*Principe

Les MES s'obtiennent soit par filtration des effluents peu chargés soit par centrifugation des solutions, séchage jusqu'à obtenir un résidu sec. La détermination des MES se fera par filtration sur filtre en fibres de verre compte tenu de l'origine domestique des effluents. La mesure des MES par filtration repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement pesée à vide) de 1,5 microns et les résidus sur cette dernière sont pesés. Le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtré donne la concentration des MES en milligramme/litre.

*Matériel utilisés

- les papiers filtres (0,5 µm).
- les béchers.
- les entonnoirs.
- l'étuve.
- la balance.

*Mode opératoire :

- 1-Prendre une membrane GFC et la marquer avec précaution pour ne pas l'abîmer.
- 2-Peser la membrane et noter sa masse à vide M.
- 3-Placer la membrane sur la rampe de filtration.
- 4-Bien agiter l'échantillon.
- 5-Prélever un volume de l'échantillon et le transvider sur la membrane.
- 6-Procéder à la filtration : le volume filtré ne doit pas dépasser 1 litre et la filtration et ne doit pas durer plus d'une demi-heure.
- 7-Récupérer la membrane après la filtration, puis la placer dans une étuve à 105°C pendant 1h30 mn pour enlever l'excès d'eau.

Dosage des nitrites (Méthode par spectrophotomètre d'absorbance moléculaire)

***Principe**

La diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphryl-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique.

> Réactifs

- Acide orthophosphorique (d= 1,70).

> Réactif de diazotation :

| | |
|--|--------|
| -amino-4-benzène sulfonamide..... | 40g |
| -dichlorure de N-(naphryl-1) diamino-1,2 éthane..... | 2g |
| -acide orthophosphorique (d=1,7)..... | 100ml |
| -eau déionisée..... | 1000ml |

-Mélanger dans un bœcher 800 ml d'eau déionisée et 100 ml d'acide phosphorique, ajouter l' amino-4-benzènesulfonamide puis après dissolution, ajouter le dichlorure de N-(naphryl-1) diamino-1,2 éthane. Agiter jusqu'à complète dissolution. Transvaser la solution dans une fiole jaugée de 1 000 ml, ajuster le volume avec de l'eau déionisée, mélangé.

Conservée au réfrigérateur, cette solution est stable un mois.

> Solution mère étalon d'azote nitreux (NO₂) à 100 mg/L :

| | |
|-------------------------|----------------|
| -nitrite de sodium..... | 492,8 mg |
| -eau déionisée..... | q.s.p. 1000 ml |

Conservée en flacon de verre inactinique, cette solution est stable un mois.

> Solution fille étalon d'azote nitreux (NO₂) à 1 mg/L :

Diluer au 1/100 la solution précédente avec de l'eau déionisée. A préparer extemporanément.

> Etablissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans une série de flacon jaugé de 50 ml.

| Numéro des flacons | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|----|------|------|-----|------|------|
| Solution fille étalon à 1 mg/L (ml) | 0 | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 10 |
| Eau déionisée (ml) | 50 | 49 | 47,5 | 45 | 42,5 | 40 |
| Correspondance en milligrammes par litre d'azote nitreux (NO ₂) | 0 | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,20 |
| Réactif de diazotation (ml) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

-Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 543 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

• Mode opératoire

Introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

• Expression des résultats

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitreux (NO₂), exprimée en milligrammes par litre d'eau.

Dosage des nitrates

(Méthode par spectrophotomètre d'absorbance moléculaire)

*Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du parnitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrométrique.

*Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 10 g/L à renouveler toutes les 24 heures.
- Acide sulfurique concentré ($d=1,84$).

• Solution d'hydroxyde de sodium :

- Hydroxyde de sodium.....200 g
- sel disodique de l'acide éthylène diamine tétraacétique..... 50 g
- eau déionisée..... q.s.p. 1ml

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 800 ml d'eau déionisée ; ajouter le sel sodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 1 litre. Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

• Solution d'azotate de sodium

- azotate de sodium.....50 mg
- eau déionisée.....q.s.p.100ml

*Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/L

- nitrate de potassium anhydre.....722 mg
- eau déionisée.....q.s.p.1000 ml

A renouveler tous les deux mois.

*Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/L.

Amener 50 ml de la solution mère à 1 000 ml avec de l'eau déionisée.

*Établissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de flacons de 60 ml, introduire successivement :

| Numéro des flacons | T | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|
| Solution étalon d'azote nitrique 5 mg/L (ml) | 0 | 1 | 2 | 5 | 10 |
| Eau déionisée (ml) | 10 | 9 | 8 | 5 | 0 |
| Correspondance en mg/L d'azote nitrique | 0 | 0,5 | 1 | 2,5 | 5 |
| Solution d'azotate de sodium (ml) | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Acide acétique (ml) | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |

-Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps).

-Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer.

-Reprenre le résidu par 1 ml d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau déionisée puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune.

-Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

• Mode opératoire

-Introduire 10 ml d'eau dans une capsule de 60 ml (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10 mg/L, opérer une dilution). Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10 ml d'eau déionisée.

-Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

• Expression des résultats

-Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO_3), multiplier ce résultat par 4,43.

Dosages des orthophosphates (PO_4^{3-}) (Méthode par spectrophotomètre d'absorbance moléculaire)

*Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des orthophosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

*Matériel utilisés pour dosage (nitrate, nitrite, phosphate)

- les béchers.
- les flacons.
- les fioles.
- les pipettes.
- spatule.
- La balance.
- le spectrophotomètre.
- le bain-marie.
- la cuve.

*Réactifs

- Solution d'acide sulfurique ($d=1,84$) à 15 % environ en volume.
- Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/L.
 - Molybdate d'ammonium tétrahydraté..... 20 g
 - Eau déionisée..... q.s.p. 500 ml

Filtrer si nécessaire, à conserver en flacon de polyéthylène à 4 °C.

- Solution d'acide ascorbique à 20 g/L.
 - Acide ascorbique.....2g
 - Eau déionisée..... q.s.p.100ml

A préparer chaque jour :

- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8 g/L :
 - tartrate double d'antimoine et de potassium..... 0,28 g
 - eau déionisée..... q.s.p.100ml

- Réactif combiné :

- solution d'acide sulfurique.....50ml
 - solution de tartrate double d'antimoine et de potassium.....5ml
 - solution de molybdate d'ammonium.....15ml
 - eau déionisée..... q.s.p.100ml
- Conserver le réactif au réfrigérateur à 4 °C.

> Solution mère étalon à 60 mg/L de phosphore :

- dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100 °C.....219, 7mg
- eau déionisée.....q.s.p.100ml

-Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 15 % avant d'ajuster le volume.

> Solution fille étalon à 1 mg/L de phosphore.

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau déionisée au moment de l'emploi.

> Etablissement de la courbe d'étalonnage

Introduire dans une série de flacon jaugé de 25 ml

| Numéro des flacons | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| Solution étalon de phosphore à 1mg/ml | 0 | 1 | 5 | 10 | 15 | 20 |
| L'eau déionisée (ml) | 20 | 19 | 15 | 10 | 5 | 0 |
| Correspond en mg de phosphore | 0 | 0,001 | 0,005 | 0,019 | 0,015 | 0,020 |

-Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter, puis ajouter 4 ml de réactif, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25 ml. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectromètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm en cuve de 1 cm. Construire la courbe d'étalonnage.

• Mode opératoire

- Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire.
- Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouter 1 ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.
- Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

• Expression des résultats

La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai

Dosage de l'azote**2.1. Dosage de l'azote kjeldahl****2.1.1. Principe**

L'azote organique est minéralisé sous forme de sulfate d'ammonium par l'action conjuguée de l'acide sulfurique et de catalyseur de minéralisation.

2.1.2. Produits, matériel et instrumentation• **Produits**

Catalyseur de minéralisation, Acide sulfurique concentré (produit dangereux), Solution d'acide borique agent anti moussant, Solution d'acide sulfurique 0,1 N, Lessive de soude à 300 g/l (produit dangereux), Indicateur coloré.

• **Matériel**

Tubes de minéralisation, Burette de 25 ml, Pipettes de 10 et 25, Jauge de 100 ml, Epprouvettes de 10 et 100 ml, Bêchers, Billes de verre, Agitateur magnétique.

• **Instrumentation**

Unité de distillation

Digesteur

2.1.3. Mode opératoire**2.1.3.1. Préparation de l'échantillon**

Introduire successivement dans chaque tube de minéralisation :

- Environ 3 g de catalyseur.
- 100 ml d'échantillon à l'éprouvette.
- 10 ml d'acide sulfurique concentré, à l'éprouvette et avec précaution.
- Quelques gouttes d'anti moussant.
- Quelques billes de verre.

2.1.3.2. Minéralisation

- Placer les tubes dans les loges du digesteur.
- Raccorder les tubes au collecteur.
- Mettre en marche la trompe à eau reliée au collecteur.
- Agir sur le rhéostat de telle sorte que l'ébullition soit sans excès.
- Laisser la minéralisation se faire durant 45 mn dès l'apparition des fumées blanches.
- Eteindre le digesteur à l'issue de ce laps de temps.
- Saisir le collecteur avec la pince prévue à cet usage et déposer avec précaution les tubes sur le portoir.
- Laisser refroidir puis retirer le collecteur.
- Dissoudre de nouveau le précipité au cas où il apparaîtrait, en y ajoutant doucement un peu d'eau distillée.

2.1.3.3. Distillation**Préparation de la distillation**

- Ouvrir le robinet d'eau et vérifier que le débit est d'environ 1 l mn.
- Mettre l'appareil sous tension.
- Vérifier que le vase intermédiaire est vide, si non ouvrir le robinet de vidange et le refermer lorsque l'opération est effectuée.
- Mettre une ou deux gouttes de phénophtaléine dans chacun des tubes échantillons.
- Obturer le tube avec le bouchon de raccord et poser le tube sur le plateau basculant.
- Placer un erlenmeyer contenant 25 ml d'acide borique (éprouvette) sur le socle de réception.
- Introduire dans l'erlenmeyer quelques gouttes d'indicateur coloré.
- Ajouter la quantité d'eau distillée nécessaire pour que le tube soit au contact de la solution d'acide borique.
- Introduire doucement environ 50 cm 3 de soude à l'acide du robinet marqué « NaOH ».
- Refermer le robinet.

Distillation proprement dite

- Mettre en marche la distillation en agissant sur le robinet marqué « distillation ».
- Observer que la solution contenue dans l'erlenmeyer vire rapidement au vert.
- Recueillir environ 100 à 200 ml de distillat.
- Retirer l'erlenmeyer.
- Rincer le flexible d'un jet de pissette et recueillir les eaux de rinçage.
- Fermer le robinet « distillation ».
- Observer, dans les secondes qui suivent, l'aspiration du contenu du tube de distillation dans le vase intermédiaire.
- Retirer le tube de distillation avec un gant d'amiante et le déposer sur son portoir.
- Actionner le robinet « vidange » pour éliminer le contenu du vase intermédiaire.

2.1.3.4. Dosage

- Titrer le contenu de l'erlenmeyer par H₂SO₄ à 0,1 N jusqu'à ce que la solution verte revienne à sa couleur initiale.
- Noter V₁ le volume d'acide utilisé.
- Vidier et rincer l'erlenmeyer.
- Introduire 25 ml d'acide borique (indicateur coloré) dans l'erlenmeyer, et procéder au même dosage que pour le distillat.

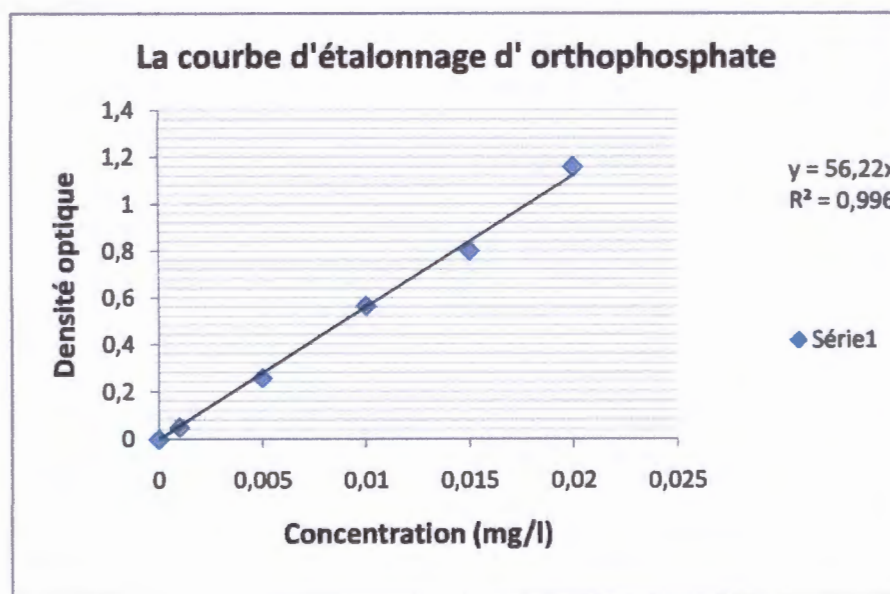
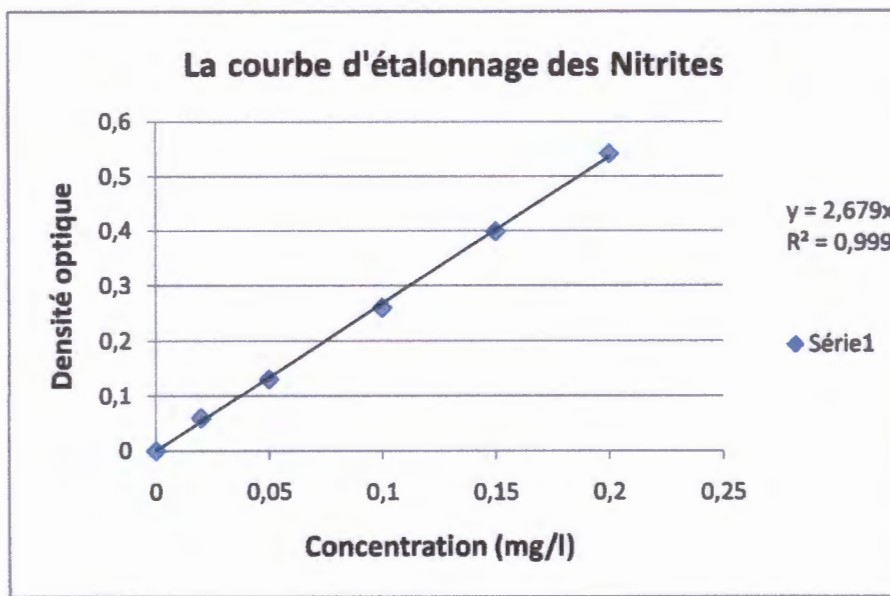
La concentration en azote Kjeldahl ou en azote ammoniacal, exprimée en mg.l. d'azote(N) est

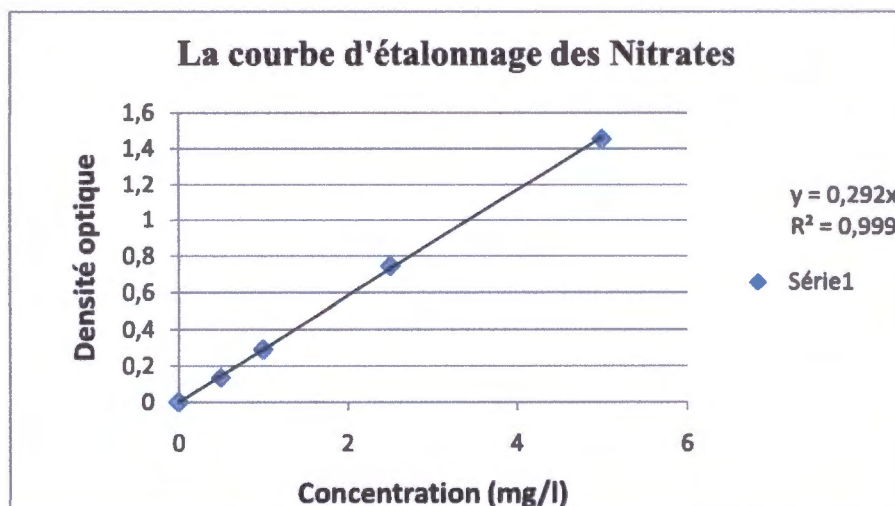
$$\text{donnée par la formule : } \frac{2(V_1 - V_0) C \cdot 1000 \cdot 14}{V}$$

- C : concentration (en moles/l) de la solution d'acide sulfurique utilisée pour le dosage.
- V₁ : volume (en ml) d'acide sulfurique utilisé pour le dosage de l'échantillon.
- V₀ : volume (en ml) d'acide sulfurique utilisé pour le dosage de l'essai à blanc.
- V : volume (en ml) de la prise d'essai.

Annexe 03

Les courbes d'étalonnage

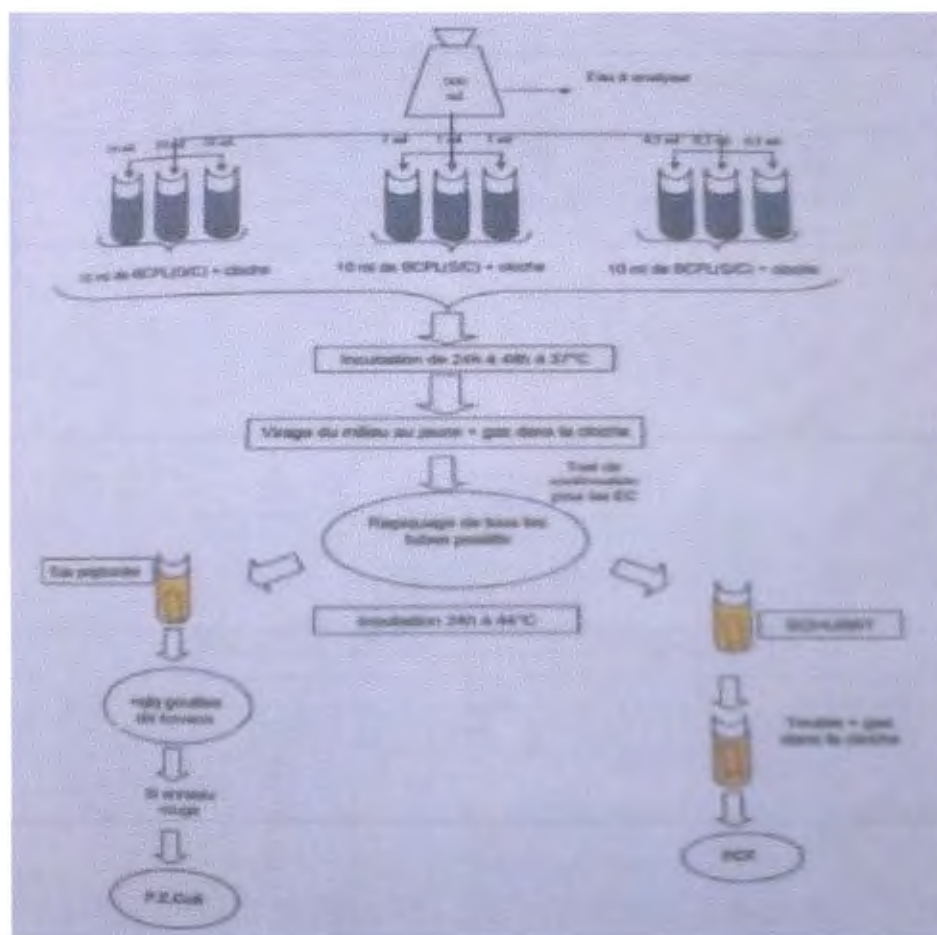




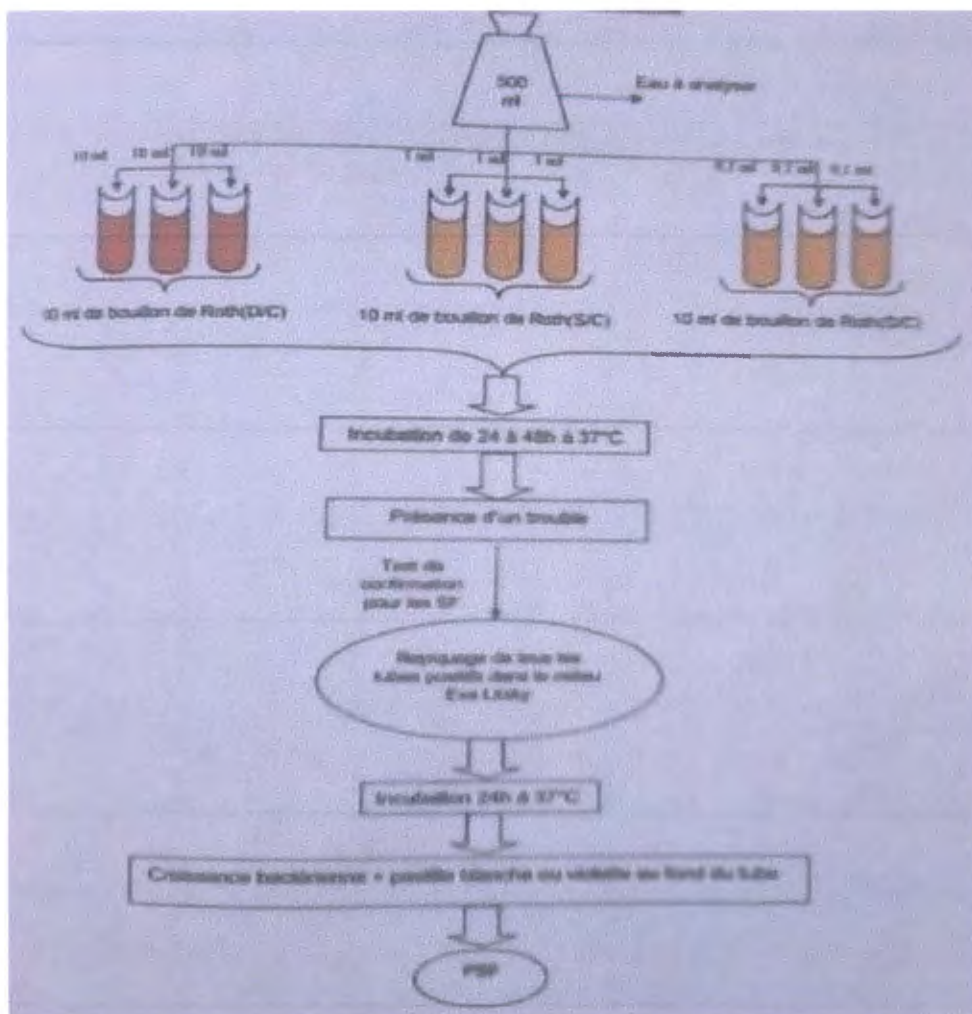
Annexe 04

Les analyses microbiologiques

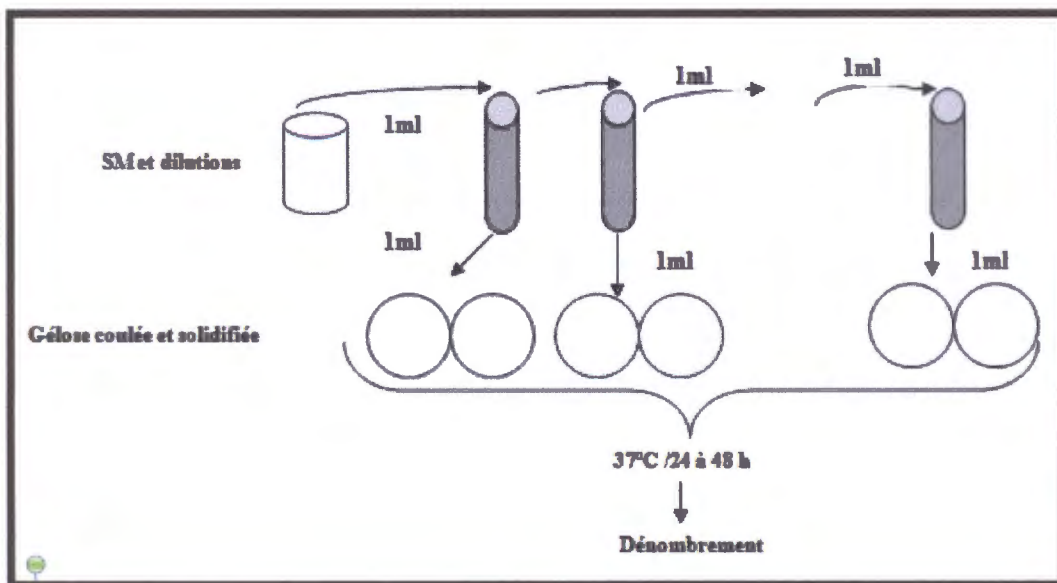
Dénombrement des Coliformes (Méthode des tubes multiples)



Dénombrement des Streptocoques Fécaux (Méthode des tubes multiples)



Flore totale aérobie mésophile (FTAM)



Nombre le plus probable et intervalle de confiance dans le cas du système d'ensemencement N°1

| Nombre de tubes montrant une réaction positive | NIP | | N.P.P dans 100 ml | Limite de confiance à 95 % | |
|--|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| | 2 tubes de 1 ml | 3 tubes de 0,1 ml | | Limite inférieure | Limite supérieure |
| 0 | 0 | 1 | 1 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 2 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 4 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 7 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 11 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 13 | < 0,1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 17 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 20 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 23 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 27 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 31 | < 0,1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 35 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 39 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 43 | < 0,1 | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 47 | < 0,1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 51 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 1 | 2 | 55 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 1 | 2 | 59 | < 0,1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 63 | < 0,1 | 1 |
| 3 | 1 | 2 | 67 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 1 | 3 | 71 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 1 | 3 | 75 | < 0,1 | 1 |
| 2 | 1 | 3 | 79 | < 0,1 | 1 |
| 3 | 1 | 3 | 83 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 1 | 4 | 87 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 1 | 4 | 91 | < 0,1 | 1 |
| 2 | 1 | 4 | 95 | < 0,1 | 1 |
| 3 | 1 | 4 | 99 | < 0,1 | 1 |
| 0 | 1 | 5 | 103 | < 0,1 | 1 |
| 1 | 1 | 5 | 107 | < 0,1 | 1 |
| 2 | 1 | 5 | 111 | < 0,1 | 1 |
| 3 | 1 | 5 | 115 | < 0,1 | 1 |

Annexe 05

Grille d'évaluation de la qualité des eaux de surface établie par l'agence française de l'eau (2003) (Version2)

Classes d'aptitude à la biologie

| Classe d'aptitude → | Très bonne | Bonne | Passable | mauvaise | Très mauvaise |
|--|------------|-------|----------|----------|---------------|
| Indice d'aptitude → | 80 | 60 | 40 | 20 | |
| Température(C°) | | | | | |
| 1 ^{ère} catégorie | 20 | 21,5 | 25 | 28 | |
| 2 ^{ème} catégorie | 24 | 25,5 | 27 | 28 | |
| PH min | 6,5 | 6 | 5,5 | 4,5 | |
| Max | 8,2 | 9 | 9,5 | 10 | |
| NO ₃ ⁻ (mg/l ¹) | 2 | | | | |
| NO ₂ ⁻ (mg/l ¹) | 0,03 | 0,3 | 0,5 | 1 | |
| PO ₄ ⁻³ (mg/l ¹) | 0,1 | 0,5 | 1 | 2 | |
| DBO5 (mg/l ¹ O2) | 3 | 6 | 10 | 25 | |
| DCO (mg/l ¹ O2) | 20 | 30 | 40 | 80 | |
| Cadmium (µg/l) | | | | | |
| Dureté faible | 0,001 | 0,01 | 0,1 | 0,37 | |
| Dureté moyenne | 0,004 | 0,04 | 0,37 | 1,3 | |
| Dureté fort | 0,009 | 0,09 | 0,85 | 3 | |
| Plomb (µg/l) | | | | | |
| Dureté faible | 0,21 | 2,1 | 21 | 100 | |
| Dureté moyenne | 0,52 | 5,2 | 52 | 250 | |
| Dureté fort | 1 | 10 | 100 | 500 | |
| Cuivre (µg/l) | | | | | |
| Dureté faible | 0,017 | 0,17 | 1,7 | 2,5 | |
| Dureté moyenne | 0,1 | 1 | 10 | 15 | |
| Dureté forte | 0,27 | 2,7 | 27 | 40 | |
| NKJ (mg/l) | 1 | | 2 | 6 | |

MICRO-ORGANISMES

| Classe → | Très bonne | Bonne | Passable | mauvaise | Très mauvaise |
|--------------------------------|------------|-------|----------|----------|---------------|
| Indice d'aptitude → | 80 | 60 | 40 | 20 | |
| Coliformes totaux (u/100ml) | 50 | 500 | 5000 | 10000 | |
| Escherichia Coll (u/100ml) | 20 | 200 | 2000 | 20000 | |
| Streptocoques fécaux (u/100ml) | 20 | 200 | 1000 | 10000 | |

PARTICULES EN SUSPENSION

| Classe → d'aptitude | Très bonne | Bonne | Passable | mauvaise | Très mauvaise |
|------------------------|------------|-------|----------|----------|---------------|
| Indice → d'aptitude | 80 | 60 | 40 | 20 | |
| MES (mg/l) | 25 | 50 | 100 | 150 | |
| Turbidité (NTU) | 15 | 35 | 70 | 100 | |

Classes et indices de qualité de l'eau par altération

| | | | | | |
|----------------|----------|----------|---------|--------|--|
| DBO5 | 3 | 6 | 10 | 25 | |
| DCO | 20 | 30 | 40 | 80 | |
| Température | 24 | 25,5 | 27 | 28 | |
| Conductivité | 180-2500 | 120-3000 | 60-3500 | 0-4000 | |
| pH | 6,5-8,2 | 6,0-9,0 | 5,5-9,5 | 4,5-10 | |
| MES | 2 | 25 | 38 | 50 | |
| Turbidité | 1 | 35 | 70 | 100 | |
| Orthophosphate | 0,1 | 0,5 | 1 | 2 | |
| Nitrate | 2 | 10 | 25 | 50 | |
| Nitrite | 0,03 | 0,3 | 0,5 | 1 | |
| Plomb (µg/l) | 0,52 | 5,2 | 52 | 250 | |
| Cadmium (µg/l) | 0,004 | 0,04 | 0,37 | 1,3 | |

Classes d'aptitude aux usages (production d'eau potable)

| Classe d'aptitude → | Très bonne | Bonne | Passable | mauvaise | Très mauvaise |
|---|-------------|-------|----------|----------|---------------|
| Indice d'aptitude → | 80 | 60 | 40 | 20 | |
| Conductivité (µs/cm ⁻¹) min max | 180 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | |
| pH min max | 6,5 9 | | | | |
| DCO (mg.l ⁻¹ O ₂) | 6 | | 20 | 40 | |
| DBO ₅ (mg.l ⁻¹ O ₂) | 3 | | 10 | 20 | |
| NO ₃ ⁻ (mg.l) | 50 | | | | |
| Plomb (µg.l) | 10 | | 50 | | |
| Cadmium (µg.l) | 5 | | | | |

Tableau. Classe d'aptitude à un usage agricole « irrigation » (MED et Agence de l'eau, 2003)

Micro-organismes

| Classe d'aptitude → | Très bonne | Bonne | Passable | mauvaise | Très mauvaise |
|----------------------------|------------|-------|----------|----------|---------------|
| Coliformes Thermotolérante | 100 | | | | |
| Coliformes totaux | 1000 | | | | |

Micropolluants minéraux sur eau brute

| | | | | | |
|----------------|-----|------|------|--|--|
| Cadmium (µg/l) | 10 | | | | |
| Plomb (µg/l) | 200 | | 2000 | | |
| Cuivre (µg/l) | 200 | 1000 | 5000 | | |

Tableau .Classe à l'aptitude d'abreuvement du bétail (MED et Agence de l'eau, 2003)

Matière azotées hors nitrates

| Classe d'aptitude → | Très bonne | Bonne | Passable | mauvaise | Très mauvaise |
|------------------------|------------|-------|----------|----------|---------------|
| NO ₂ (mg/l) | 0,1 | 30 | | | |
| NKJ(mg/l) | 1 | 2 | 4 | 10 | |

Nitrates

| | | | | | |
|-----------------|----|-----|--|--|--|
| Nitrates (mg/l) | 50 | 450 | | | |
|-----------------|----|-----|--|--|--|

Micropolluants minéraux sur eau brute

| | | | | | |
|----------------|-----|------|--|--|--|
| Cadmium (µg/l) | 5 | 20 | | | |
| Plomb (µg/l) | 50 | 100 | | | |
| Cuivre (µg/l) | 500 | 5000 | | | |

Loisirs et sports

| Classes d'aptitude → | Très bonne | Bonne | Très mauvaise |
|--------------------------------|------------|-------|---------------|
| MES (mg/l) | 25 | 50 | |
| Coliformes fécaux (u/100 ml) | 100 | 2000 | |
| Coliformes totaux (u/100ml) | 500 | 10000 | |
| streptocoques fécaux (u/100ml) | 100 | | |

Présenté par : Siari Salma
Souissi Leila

Encadreur : M^r Younsi S.

Date de soutenance : 30-06-2016.

Thème

Contribution à l'étude de l'effet des actions anthropiques sur un hydro-écosystème littoral dans la région de Jijel. Cas du lac d'El-Kennar.

Résumé

Les zones humides constituent des écosystèmes d'une grande importance de la biosphère. Pour celle de la région d'El Kennar, wilaya de Jijel, l'hydrosystème aquatique se trouve exposé aux différents types de pollutions souvent d'origine anthropiques (pratiques culturales, pompage, rejets d'eaux usées urbain, etc.

La présente étude vise à évaluer certains paramètres physico-chimiques (T, pH, CE etc.), résiduaux (DBO, DCO...), microbiologiques et la teneur en nutriments (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}), dans le lac afin d'estimer l'impact des perturbations humaines.

Les résultats des analyses qui sont réalisés au laboratoire de l'université de Jijel montrent que la plupart des stations étudiées sont de mauvaise qualité pour les paramètres physico-chimiques et microbiologiques qui dépasse les normes, ainsi que la contamination métallique par le Pb et le Cd en provenance notamment du trafic routier.

Donc on conclut que l'eau étudiée n'est pas adaptée à l'usage pour les stations S1 et S3 et considérée utilisable uniquement pour les stations S2 et S4 dans certains domaine. Cette dégradation résulte de l'absence de la conscience chez les populations de la région.

Mots - Clés : lac, pollution, actions anthropiques.

Abstract

The wetlands constitute ecosystems of great importance of the biosphere. For that of the area of El Kennar, wilaya of Jijel, the watery hydrosystème is exposed with the various anthropic types of pollution often of origin anthropic (practical farming, pumping, discharges of worn water urban, etc.)

The present study aims at evaluating certain physicochemical parameters (T, pH, CE etc.), (DBO, DCO...), microbiological and content of nutrients (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-}), in the lake in order to estimate the impact of the disturbances human.

The results of the analyses selected, which are carried in the laboratory of the university of Jijel show that the majority of the studied stations are of bad quality for the physicochemical parameters and microbiological which exceed the standards with the description of the metal contamination by Pb and Cd in source in particular of the road traffic.

With from there one concludes that studied water is not adapted to the use for the stations S1 and S3 and considered usable only for the stations S2 and S4 in certain fields. This degradation results from the absence of the conscience at the populations of the area.

Key words : lake , pollution, anthropic actions.

ملخص

المناطق الرطبة تمثل أنظمة بيئية ذات أهمية كبيرة في المحيط الحيوي. فيما يخص منطقة القنار, في ولاية جيجل, الوسط المائي يكون معرض لمختلف أنواع التلوث ذات أصل بشري (ممارسة الزراعة, ضخ المياه, طرح المياه المستعملة).

تهدف دراستنا إلى تقييم بعض الخصائص الفيزيوكيميائية مثل: (درجة الحرارة, درجة الحموضة والناتج الكهربي) كذلك الرسوبية و الميكروبيولوجية والمحتوى من مغذيات (النترات والفوسفات... الخ) في بحيرة القنار لأجل تقدير الاضطرابات التي يسببها الانسان.

من خلال النتائج المتحصل عليها والتي أجريت في مختبر جامعة ولاية جيجل, توضح لنا أن أغلبية المحطات المدروسة ذات نوعية سيئة من حيث الخصائص الفيزيوكيميائية و الميكروبيولوجية والتي تجاوزت المعايير, كذلك وجود التلوث المعدني بواسطة الرصاص و الكاديوم أين أصله الأساسي هو حركة النقل.

الآن نستنتج أن المياه المدروسة غير صالحة للاستعمال في المحطات 1 و 3, و تعتبر صالحة للاستعمال في المحطتين 2 و 4 فقط في بعض المجالات. هذا التدهور ناتج عن غياب الوعي لدى سكان المنطقة.

الكلمات المفتاحية: بحير - التلوث - التأثير البشري.

