



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université de Larbi Tebessi –Tébessa-  
Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie Appliquée  
Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie



## Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master  
En: Science biologique  
Option: Toxicologie

**Intitulé:**

# Impact de la pollution des eaux sur l'environnement

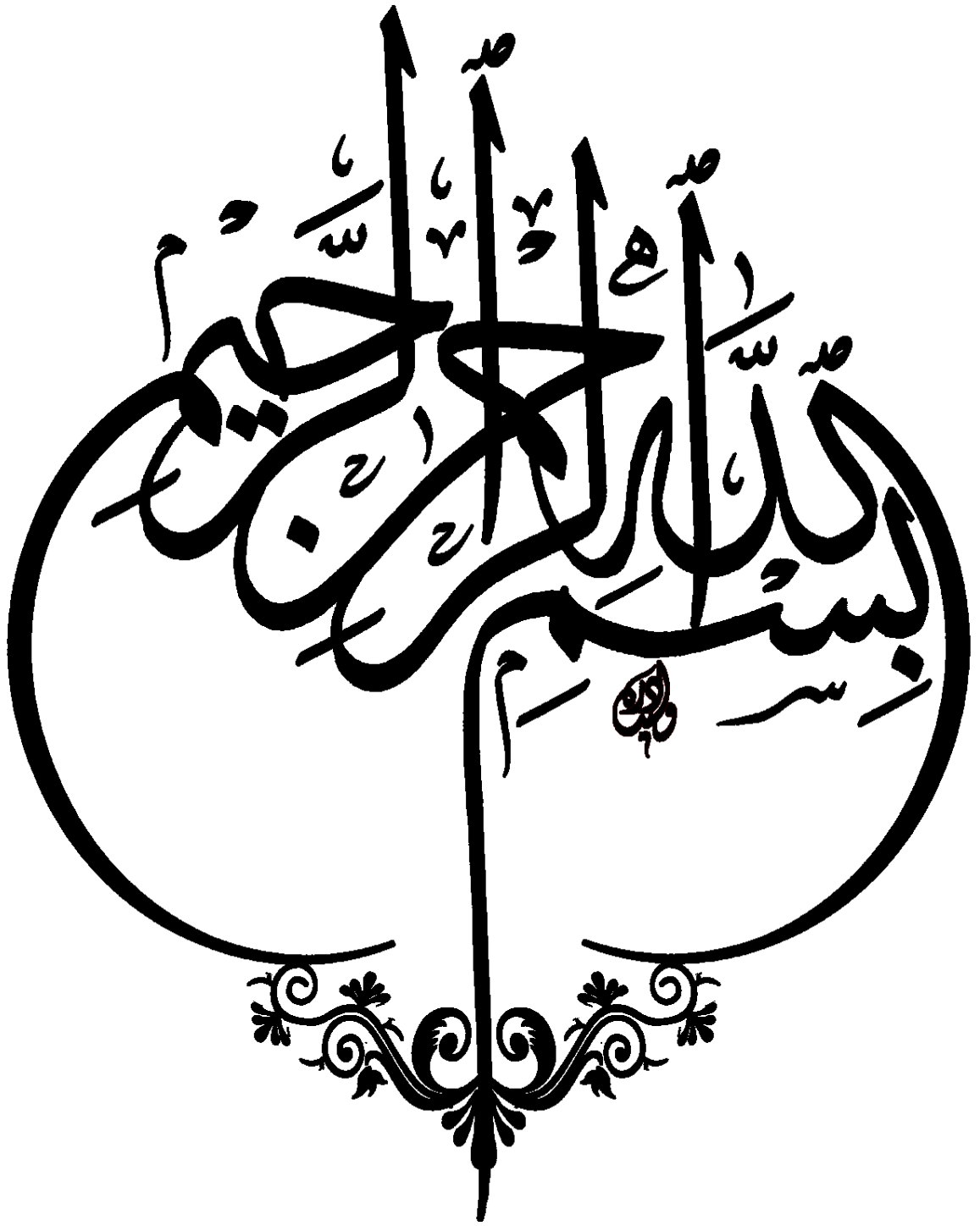
**Elaboré par:**

- LOUAFI Karima
- CHORFI Soumia

**Soutenu le: 27/05/2021**

**Devant le jury:**

Nom et prénom	Grade	Université	Statut
GASMI Salim	MCB	Larbi TEBESSI-Tébessa	Président
BOUADILA Soulef	MAA	Larbi TEBESSI-Tébessa	Rapporteuse
BENAMARA Amel	MAA	Larbi TEBESSI-Tébessa	Examinatrice



# Remerciement

*Nous rendons grâce à Dieu de nous avoir donné le courage  
et la patience pour faire ce travail, en espérant qu'il sera le but de  
nouvelles perspectives*

*Nous exprimons nos vives gratitudee à notre enseignante et notre  
directrice de mémoire **Mme BOUADILA Soulef**, pour avoir accepté de  
nous encadrer, pour ses aides et sa patience et pour ces conseils  
précieux qui nous ont été très utiles.*

*Merci infiniment Madame.*

*Nous adressons également nos sincères remerciements aux  
membres du jury: **Dr. GASMI Salim** et **Mme. BENAMARA  
Amel**, qui ont accepté d'évaluer ce travail et nous faire part de  
leurs critiques qui ne feront qu'améliorer son qualité.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail:*

*À ce qui sont les plus chers à mon cœur: mes parents, qui ont tout le mérite de ce que je suis aujourd'hui.*

*À ma très chère sœur: Leila et mes chers frères : Yacine, Djalal et Touta.*

*À toute ma famille*

*À tous mes ami(e)s sans exception et surtout: Chaima, Chaima, Soumia, Oumaima et Moufida.*

*À tous ceux qui tiennent une place dans mon cœur.*

*À tous ceux qui m'ont aidé à accomplir ce travail, de près ou de loin, par un mot ou par un geste.*



*Karima*

# Dédicace

*Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements à mon DIEU qui nous a donné le courage et la patience pour réaliser ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.*

***Je dédie ce modeste travail à :***

***À MES CHERS PARENTS Abd Elkader et Sarhouda***

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.*

***A MA CHER ET ADORABLE FRERE:***

*Khalasse: la prunelle de mes yeux*

***A MA SŒURE ET A SON MARI: Amal et Fahmi***

***A MES SŒURES:***

*Soulef, Nada, Ikhlas, Asma et Alaa "loulou "*

*Je souhaite un avenir plein de joie et de bonheur*

***A L'HOMME DE MA VIE:***

***Mon fiancé Sofiane: qui a su me réconforter, me redonner du courage et m'épauler lors des moments difficiles.***

***A MON COLLEGE: Karima***

***A MES AMIES:***

*Karima, Afef, Ghada, Farida, Hadil, Oumaima, merci pour les bons moments qui ont contribué à rendre ces années inoubliables. Bonne chance à tous*

***SOUMLA***

## Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Introduction	<b>01</b>
<b>Chapitre I: Les eaux et leur pollution</b>	
<b>Partie I: Généralité sur l'eau</b>	<b>03</b>
1-Définition d'eau	<b>03</b>
2-Le cycle d'eau	<b>03</b>
3-Les sources des eaux	<b>04</b>
3-1-Les eaux de surface	<b>04</b>
3-2- L'eau Douce	<b>04</b>
3-3- L'eau de mer	<b>06</b>
3-4- L'eau de lac	<b>06</b>
3-5-Les bassin versant	<b>07</b>
3-6- Les eaux des océans	<b>07</b>
3-7-Les eaux dans le sol	<b>07</b>
4- L'eau et la santé	<b>08</b>
4-1-La teneur en eau des différentes parties du corps humain	<b>08</b>
4-2-Les fonctions de l'eau dans l'organisme humain	<b>09</b>
5-L'importance de l'eau	<b>11</b>
<b>Partie II: La pollution des eaux</b>	<b>14</b>
1-Définition de la pollution des eaux	<b>14</b>
2- Les types de la pollution des eaux	<b>14</b>
2-1- Pollution physique	<b>15</b>
2-1-1- Pollution mécanique	<b>15</b>

2-1-2 Pollution thermique	<b>15</b>
2-1-3 Pollution radioactive	<b>15</b>
2-2- Pollution chimique	<b>16</b>
2-2-1-Pollution organique	<b>16</b>
2-2-2-Pollution minérale	<b>18</b>
2-3- Pollution microbiologique	<b>20</b>
3- Origines de la pollution des eaux	<b>22</b>
3-1-Pollution domestique	<b>22</b>
3-2- Pollution industrielle	<b>22</b>
3-3- Pollution agricole	<b>23</b>
3-4- Pollution agricole	<b>24</b>
4- Mode de la pollution des eaux	<b>24</b>
4-1-Les pollutions ponctuelles	<b>25</b>
4-2- Les pollutions diffuses	<b>26</b>
5-Paramètres de mesure de la pollution des eaux	<b>27</b>
5-1-Paramètres organoleptiques	<b>27</b>
5-1-1-Couleur	<b>27</b>
5-1-2- Goût et odeur	<b>28</b>
5-2-Paramètres physiques	<b>28</b>
5-2-1-Température	<b>28</b>
5-2-2-Potentiel d'hydrogène	<b>29</b>
5-2-3-Turbidité	<b>29</b>
5-2-4-Matières en suspension	<b>30</b>
5-3-Paramètres chimiques	<b>31</b>
5-3-1-Demande chimique en oxygène (DCO)	<b>31</b>
5-3-2-Demande biologique en oxygène (DBO5)	<b>31</b>
5-3-3-Carbone total organique COT	<b>32</b>
5-3-Paramètres chimiques	<b>33</b>
5-3-4-Azote total NT	<b>33</b>
5-3-5-Phosphore total PT	<b>34</b>
5-4- Autres paramètres	<b>34</b>
5-4-1-Hydrocarbures	<b>34</b>

5-4-2-Micropolluants	<b>35</b>
<b>Chapitre II: Impacts de la pollution des eaux sur l'environnement</b>	
1-Impacts de la pollution des eaux sur l'environnement	<b>36</b>
1-1- Les mortalités liées aux altérations de la physico-chimie	<b>36</b>
1-2- L'eutrophisation des milieux	<b>37</b>
1-2-1-Définition du terme « eutrophisation »	<b>37</b>
1-2-2- Les différents stades de l'eutrophisation	<b>38</b>
1-2-3-Lutte contre l'eutrophisation	<b>39</b>
2- Impacts de la pollution des eaux sur les êtres vivants	<b>40</b>
2-1- Des effets toxiques sur les êtres vivants	<b>40</b>
2-1-1- La toxicité par les métaux lourds	<b>41</b>
2-1-2-La circulation des polluants dans la chaîne alimentaire	<b>43</b>
2-2- Les perturbations endocriniennes	<b>46</b>
2-2-1- Définition	<b>46</b>
2-2-2- Conséquences d'exposition au PE	<b>47</b>
2-3- La contamination microbiologique des êtres vivants	<b>50</b>
2-3-1- Les virus	<b>51</b>
2-3-2- Les bactéries	<b>51</b>
2-3-3- Les protozoaires	<b>51</b>
2-3-4- les helminthes	<b>52</b>
3- Les maladies liées à la pollution des eaux (Les maladies à transmission hydrique (MTH))	<b>53</b>
3-1- Maladie d'origine bactérienne	<b>54</b>
3-1-1- Choléra	<b>54</b>
3-1-2- Gastro-entérites	<b>55</b>
3-1-3- Fièvre typhoïde et paratyphoïde	<b>58</b>
3-2- Maladie d'origine virale	<b>61</b>
3-2-1- Hépatite A	<b>61</b>
3-2-2- Poliomyélite	<b>62</b>
3-3- Maladie d'origine parasitaire	<b>64</b>
3-3-1- Amibiase	<b>64</b>
<b>Chapitre III: La lutte contre la pollution des eaux</b>	
1-Des solutions pour éviter la pollution des eaux	<b>66</b>



1-1-Réaliser une épuration des eaux avant leur rejet direct	<b>66</b>
1-1-1- Procédés physiques	<b>66</b>
1-1-2 -Procédés physico-chimiques	<b>67</b>
1-1-3- Procédés chimiques	<b>67</b>
1-1-4- Procédés radiatifs	<b>67</b>
1-1-5- Procédés biologiques	<b>68</b>
1-2-La filière d'épuration	<b>68</b>
1-2-1- La phytoépuration	<b>68</b>
1-3- Réglementer la fertilisation des sols	<b>70</b>
1-3-1- Lois générales de la fertilisation	<b>70</b>
1-3-2- Principe de la restitution	<b>70</b>
1-3-3- Loi des facteurs limitants	<b>71</b>
Conclusion	<b>73</b>
Les annexes	<b>75</b>
Références bibliographiques	<b>79</b>

### Liste des abréviations

<b>Abréviations</b>	<b>Significations</b>
<b>AAP</b>	American Association of Pediatrics
<b>ACP</b>	Analyse en Composantes Principales
<b>Al</b>	Aluminium
<b>ANRH</b>	l'Agence Nationale des Ressources Hydriques
<b>ANSES</b>	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail
<b>As</b>	Arsenic
<b>Cd</b>	Cadmium
<b>Co</b>	Cobalt
<b>CO<sub>2</sub></b>	dioxyde de carbone
<b>COD</b>	Carbone organique dissous
<b>CODB</b>	Carbone organique dissous biodégradable
<b>CODR</b>	Carbone organique dissous réfractaire
<b>COP</b>	Carbone organique particulaire
<b>COPB</b>	Carbone organique particulaire biodégradable
<b>COPR</b>	Carbone organique particulaire réfractaire
<b>COT</b>	Carbone total organique
<b>Cr</b>	Chrome
<b>Cu</b>	Cuivre
<b>BDO</b>	Demande Biochimique en Oxygène
<b>DCO</b>	Demande chimique en oxygène
<b>EE</b>	Ethinylestradiol
<b>FTU</b>	Formazin Turbidity Unit
<b>GEA</b>	gastro-entérite aigue
<b>HCN</b>	Cyanhydrique
<b>Hg</b>	Mercure
<b>HPA</b>	hydrocarbures aromatiques polycycliques
<b>IARC</b>	International AnesthesiaResearch Society
<b>IPO</b>	Indice de pollution organique
<b>L/j</b>	litre par jour

<b>MeHg</b>	méthyl mercure
<b>MES</b>	matières en suspension
<b>mg/m<sup>3</sup></b>	milli gramme par mètre cube
<b>Ni</b>	Nickel
<b>Nm</b>	nanomètre
<b>NO<sub>2</sub>-</b>	Nitrite
<b>NO<sub>3</sub>-</b>	Nitrate
<b>NT</b>	Azote total
<b>NTU</b>	Néphéломétric Turbidity Unit
<b>OMS</b>	Organisation Mondiale de Santé
<b>ORT</b>	Oral Rehydration Therapy
<b>Pb</b>	Plomb
<b>PCB</b>	Polychlorobiphényles
<b>PE</b>	perturbateur endocrinien
<b>Ph</b>	potentiel d'hydrogène
<b>Ti</b>	Titane
<b>TIAC</b>	toxi-infections alimentaires collectives
<b>PNEK</b>	parc national d'El-Kala
<b>PT</b>	Phosphore total
<b>µg/L</b>	micro gramme par litre
<b>UNESCO</b>	Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture
<b>UV</b>	ultra-violet
<b>VHA</b>	Virus Hépatite A
<b>VPI</b>	Vaccin polio inactive
<b>VPO</b>	Vaccin polio oral
<b>VTG</b>	Vitellogénine
<b>Zn</b>	Zinc
<b>° C</b>	Degré Celsius

## Liste des figures

<b>Némuro</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Cycle de l'eau	2
<b>02</b>	La teneur en eau des différents organes	7
<b>03</b>	Cycle de l'azote	18
<b>04</b>	classification générale du carbone organique total	31
<b>05</b>	Les différentes formes d'azote	32
<b>06</b>	Aspects visuel de l'eutrophisation	37
<b>07</b>	La chaine alimentaire aquatique	47
<b>08</b>	Le fonctionnement du système endocrinien	48

### Liste des tableaux

<b>Némuro</b>	<b>Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Origines et natures de différents types de pollution du milieu aquatique	20
<b>02</b>	Quelques différences entre la pollution ponctuelle et la pollution diffuse de l'eau	25
<b>03</b>	Les caractéristiques des différents niveaux trophiques des lacs	39
<b>04</b>	Maladies à transmission hydrique et leurs agents responsables	55

## Glossaire et définition

<b>Acides fulvique</b>	constituent une des fractions les plus importantes de l'humus
<b>Acides humiques</b>	est un regroupement (polycondensation) de molécules d'acide fulvique. Ces molécules sont issues de la décomposition de la matière organique végétale.
<b>Cinabre</b>	est une espèce minérale composée de sulfure de mercure(II) de formule HgS.
<b>Dénitrification</b>	est le processus par lequel certaines bactéries réduisent les nitrates en azote gazeux
<b>Eaux résiduaires</b>	sont des eaux chargées de résidus, solubles ou non, qui peuvent provenir de l'activité humaine ou industrielle.
<b>Ethinylestradiol</b>	est un dérivé de synthèse de l'estradiol. C'est l'œstrogène actif par voie orale le plus utilisé au monde.
<b>Indice de pollution organique</b>	se base sur 3 paramètres résultant des pollutions organiques : l'azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), les nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) et les orthophosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) et un paramètre synthétique : la DBO <sub>5</sub> .
<b>Méthode potentiométrique</b>	est une <b>méthode</b> analytique qui permet de relier une mesure de potentiel d'électrode à une activité d'espèce en solution.
<b>Néphélométric Turbidity Unit</b>	est une des techniques de mesure de la teneur de particules en suspension ou de la turbidité d'un milieu
<b>Nitrification</b>	est un procédé biologique réalisé par des micro-organismes autotrophes
<b>Nombre le plus probable (NPP)</b>	est une méthode de dénombrement des micro-organismes par détection et analyse statistique de séries de dilutions de l'échantillon initial. Pour résumer, la probabilité est plus grande de détecter une bactérie dans une faible dilution que dans une plus forte dilution

<b>Osmolarité urinaire</b>	est une mesure de la concentration d'urine, dans laquelle de grandes valeurs indiquent une urine concentrée et de petites valeurs indiquent une urine diluée
<b>Phytoestrogènes</b>	constituent un groupe de composés non stéroïdiens, produits naturellement par les plantes, qui du fait de la similarité de leur structure moléculaire avec l'œstradiol ont la capacité de provoquer des effets œstrogéniques ou anti-œstrogéniques
<b>Salmonelles</b>	(genre <i>Salmonella</i> ) sont des bactéries de la famille des <i>Enterobacteriaceae</i> , parasites du tube digestif de l'homme et des animaux. Ce sont des bacilles à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs
<b><i>Vibrio cholerae</i></b>	est une Gamma protéobactérie, colonisant les environnements aquatiques marins mais aussi les rivières et les estuaires

# Résumé



## **Résumé**

L'eau est l'un des éléments les plus importants dont dépend notre vie quotidienne, car cette importance est due à ces multiples utilisations dans divers domaines.

Malgré le rôle important joué par cet élément vital, il est dans un état de détérioration continue en raison du développement que l'humanité a connu dans presque tous les domaines.

Cette dégradation est appelée la pollution de l'eau, qui se définit comme un déséquilibre des écosystèmes aquatiques et la modification de leurs propriétés en raison de leur exposition à divers polluants, qu'ils soient naturels ou résultats de diverses activités humaines.

Le phénomène de pollution de l'eau entraîne inévitablement de nombreux effets désastreux sur l'environnement en général, comme la survenue du phénomène d'eutrophisation, et sur les êtres vivants en particulier, comme les perturbations endocriniennes qui affecte leur reproduction, leur descendance, voire sur l'extinction de beaucoup d'entre eux, ainsi que l'apparition d'une toxicité aiguë ou chroniques et de nombreuses maladies transmises par l'eau contaminée.

### **Mots clés:**

Eau, pollution de l'eau, environnement, écosystèmes aquatiques, eutrophisation

## **Abstract**

One of the most important elements on which our daily life depends, as this importance is due to its multiple uses in various fields.

Despite the important role played by this vital element, it is in state of continuous deterioration due to the development that humanity has known in almost all fields.

This degradation is called the term water pollution which is defined as an imbalance in the balance of water ecosystems and changing their properties due to their exposure to various pollutants, whether natural or resulting from various human activities, where we can know this phenomenon by measuring the physiochemical parameters of water that in turn enable us from determining its quality.

The phenomenon of water pollution inevitably leads to many dire effects on the environment in general, such as the occurrence of the phenomenon of eutrophication and on living organisms in particular such as an endocrine disorder that affects their reproduction, on their offspring or even on the extinction of many species of them, and leads to acute toxicity or chronic infection and many diseases transmitted through contaminated water.

### **Key words:**

Water, water pollution, environment, aquatic ecosystems, eutrophication.

## ملخص

يعتبر الماء من أهم العناصر التي تتركز عليها حياتنا اليومية ، حيث تعود هذه الأهمية إلى استعماله المتعددة في شتى المجالات.

و على الرغم من الدور الهام الذي يلعبه هذا العنصر الحيوي إلا أنه في حالة تدهور مستمر نظرا للتطور الذي عرفته البشرية في كل الميادين تقريبا.

ويطلق على هذا التدهور مصطلح تلوث الماء، و الذي يعرف بأنه اختلال في توازن النظم البيئية المائية و تغير خصائصها بسبب تعرضها لمختلف المواد الملوثة سواءا كانت طبيعية أو ناتجة عن مختلف الأنشطة البشرية ، حيث يمكننا معرفة هذه الظاهرة من خلال قياس المعايير الفيزيوكيميائية للمياه التي بدورها تمكنا من تحديد نوعيتها .

فظاهرة تلوث المياه تؤدي حتما إلى العديد من الآثار الوخيمة على البيئة بصفة عامة كحدوث ظاهرة التخثث، و على الكائنات الحية بصفة خاصة كاضطراب الغدد الصماء التي تؤثر على تكاثرها، على نسلها، أو حتى على انقراض العديد من الأنواع منها كما يؤدي إلى حدوث سمية حادة أو مزمنة و الإصابة بالعديد من الأمراض المنقولة عن طريق المياه الملوثة.

## الكلمات المفتاحية:

الماء، تلوث الماء، البيئة، النظم البيئية المائية، التخثث.

# **Introduction**

### Introduction

L'eau, ressource vitale a tous les écosystèmes, est nécessaire au bon fonctionnement de la planète et à sa régulation climatique (**P. Onema, 2015**). Cette ressource naturelle recouvre les trois quarts de notre planète, avec seulement 0,014% d'eau douce, il s'agit des eaux superficielles (rivières, lacs et étangs). De plus, sa répartition étant non homogène à la surface du globe, cette ressource représente à la fois un enjeu politique, économique et stratégique. En effet, l'eau a un rôle fondamental dans de nombreux domaines comme la potabilisation, l'agriculture, l'industrie, la production d'électricité ainsi que les usages domestiques. Aujourd'hui, les ressources en eau douce sont exposées à diverses pollutions d'origine multiples : industrielle, urbaine et agricole, générant des dommages pour l'homme et pour son environnement (la faune et la flore). Cette menace a déclenché une prise de conscience dans le monde entier, et a poussé les chercheurs à s'intéresser à l'étude de l'état de contamination des milieux aquatiques. (**B. Benkaddour, 2018**)

La pollution des milieux aquatiques est un problème majeur tant pour la population humaine, utilisatrice des ressources en eau, que pour les populations végétales et animales pour lesquelles l'eau représente le milieu de vie. Un milieu aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus ou moins toxiques, d'origine naturelle ou issues d'activités humaines, soit encore d'eaux trop chaudes. (**P. Parveau, 2011**)

La pollution de l'eau, quelque soit sa nature (organique, chimique ou microbiologique,...) (**M. Melghit, 2010**), peut être définie comme la dégradation de celle-ci en modifiant ses propriétés physique, chimique et biologique; par des déversements, rejets, dépôts directs ou indirects de corps étrangers ou de matières indésirables telles que les microorganismes, les produits toxiques, les déchets industriels. (**F. Mekhalif, 2009**)

Parmi les substances chimiques susceptibles d'être à l'origine de la dégradation de la qualité des eaux, figurent les métaux lourds. Certains ont une

toxicité élevée. Ils se distinguent des autres polluants chimiques, par leur faible biodégradabilité et leur important pouvoir de bioaccumulation le long de la chaîne trophique. Ceci peut causer d'importants dégâts écologiques. (**M. Blinda, 2007**)

Cette dégradation est aussi associée à l'apport de nombreux polluants, mais elle est aussi largement contrôlée par le comportement des Matières En Suspension (MES) et par les Éléments Trace Métalliques (ETM). Une fois introduits dans les cours d'eau, les polluants se répartissent entre les divers compartiments du système aquatique. (**C. Haidar, 2014**)

La pollution constitue un sujet majeur de santé publique et de l'environnement. Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute un des aspects les plus inquiétant de la dégradation du milieu naturel et donc de son équilibre. (**S. Zaimeche, 2015**). Ces pollutions peuvent entraîner divers types de nuisances : augmenter la mortalité de certaines espèces animales ou végétales jusqu'à parfois les faire disparaître, altérer leurs capacités physiologiques, détériorer la qualité de l'eau au point de la rendre impropre à certains usages, comme l'alimentation humaine. La totalité de la ressource devra être envisagée en raison des connexions permanentes entre les différents compartiments de l'hydrosphère, la contamination de l'un ayant des conséquences sur l'autre. (**P. Parveau, 2011**)

L'insuffisance ou la mauvaise qualité de l'eau est à l'origine de nombreuses maladies dans le monde, notamment dans les pays en développement où 80% des maladies sont dues à l'eau. (**B. Benkaddour, 2018**), elle reste l'une des principaux facteurs de transmission des maladies (**D.Achiou, 2017**) c'est-à-dire l'origine de plusieurs maladies hydriques. (**F. Saidani, S. Hammadi, 2017**)

L'objectif de cette étude est de consolider les connaissances pour adapter la lutte contre la pollution des eaux et préserver la biodiversité, en améliorant la connaissance des rejets, en prédisant la présence des micropolluants dans les **eaux** et les milieux aquatiques, et en évaluant mieux les impacts des micropolluants sur l'état des ressources en eau.

**Chapitre I:**  
**Les eaux et leur**  
**pollution**

## Partie I: Généralité sur l'eau

### 1-Définition d'eau:

L'eau est une substance liquide, transparente, sans saveur ni odeur, réfractant la lumière et susceptible de dissoudre un grand nombre de corps. Elle est formée chimiquement de deux molécules d'hydrogène et une d'oxygène. Elle se trouve dans la nature à trois états : solide, liquide, gazeuse. (**L. Aouissi, W. Merabti, 2018**)

L'eau est une source de vie précieuse. Après l'oxygène, elle est notre second besoin vital. Si on peut résister 5 semaines à la faim, on ne peut pas rester plus de 3-4 jours sans boire. (**I. Kengne, 2000**)

De valeur nutritive à peu près nulle, elle est cependant le constituant principal de tout être vivant. Son point de congélation est de 0°C et son point d'ébullition est de 100°C à la pression atmosphérique normal (**J. Mercier, 2000**).

### 2-Le cycle d'eau:

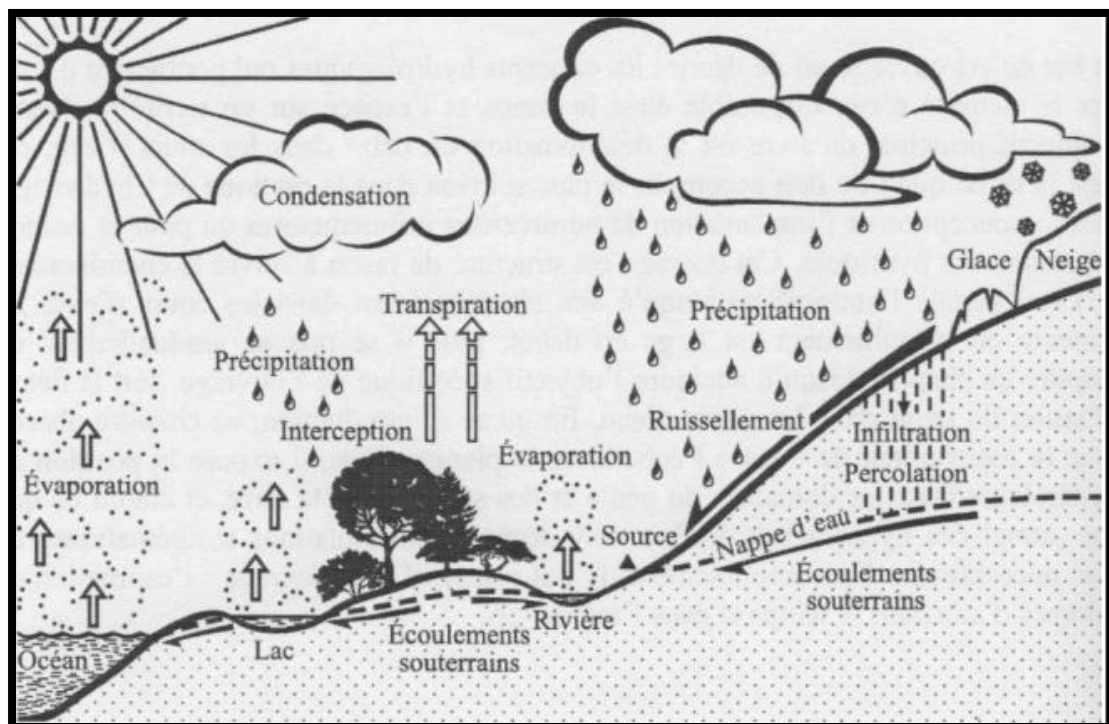
L'eau se trouve presque partout sur la terre et elle est vitale pour tous les organismes vivants connus. Près de 70% de la surface de la terre est recouverte d'eau, essentiellement sous forme d'océans. Une étendue d'eau peut être un océan, une mer, un lac, un étang, une rivière, un ruisseau ou un canal. La circulation de l'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (**G. Bertrand, 2008**).

En ce qui concerne le mouvement de l'eau, on peut considérer la terre comme un système à circuit fermé. Dans sa représentation la plus simple, ce circuit implique des transferts d'eau des masses océaniques vers l'atmosphère, de l'atmosphère vers les masses continentales, puis des masses continentales vers les océans. C'est de cette nature cyclique qu'est venu le terme général attribué à ces transferts d'eau, soit le cycle de l'eau. (**H. Peter, 2010**)



On doit comprendre de cette figure que le rayonnement solaire, par son apport énergétique, assure le maintien du mouvement de l'eau conjointement avec l'accélération gravitationnelle. La majorité de l'eau de notre planète étant stockée dans les océans, on identifie souvent l'évaporation à partir de ces derniers comme le point de départ du cycle. **(H. Peter, 2010)**

L'évaporation, causée par le réchauffement de la couche de surface des océans par le rayonnement solaire, entraîne la libération de vapeur d'eau dans l'atmosphère. Cette vapeur se déplace ensuite au gré des mouvements des masses d'air par des phénomènes de convection et d'advection. Soumise à des conditions favorables, la vapeur d'eau se condense pour former (les nuages et engendrer les précipitations). **(H. Peter, 2010)**



**Figure 01 : Cycle de l'eau. (H. Peter, 2010)**

Les humains, pour des raisons évidentes, s'intéressent davantage aux précipitations qui atteignent les continents. C'est d'ailleurs là que le parcours de l'eau est le plus diversifié. Une partie des précipitations est captée par le feuillage des plantes ou retenue dans des dépressions en surface, et retourne éventuellement à l'atmosphère par évaporation. Il s'agit de l'interception.

Une autre partie s'accumule dans les régions polaires ou montagneuses sous forme de neige et de glace ainsi que dans les régions nordiques durant la saison froide. Enfin, les pluies touchant le sol s'y infiltrent en pénétrant par les interstices en surface. Cette eau s'écoule ensuite par gravité dans le sol non saturé (percolation) pour rejoindre les nappes d'eau profondes.

Au pied des pentes, ces nappes peuvent resurgir en surface et former une source approvisionnée par les écoulements souterrains. **(H. Peter, 2010)**

Ces écoulements convergents ultimement vers les lacs et les rivières, et le parcours de l'eau jusqu'à la mer se poursuit en surface. Si le sol est saturé ou si les précipitations dépassent la capacité d'infiltration, il se forme alors un ruissellement en surface qui approvisionne directement et rapidement lacs et rivières. **(H. Peter, 2010)**

Sous l'action du soleil, l'eau des océans, rivières, lacs s'évapore et gagne l'atmosphère. Au contact des couches d'air froid, la vapeur d'eau se condense en gouttelettes et forme des nuages. L'eau retombe ensuite lors des précipitations (sous forme de pluie, de neige ou grêle) directement dans les océans ou sur les continents. Sur terre, l'eau ruisselle alors jusqu'aux rivières ou s'infiltre dans les sols pour alimenter les nappes souterraines **(C. Chouteau, 2004)**.

### **3-Les sources des eaux:**

#### **3-1-Les eaux de surface :**

Qu'elles soient liquides (pluie) ou solides (neige), les précipitations atmosphériques constituent le principal apport d'eau en tout point de la surface d'un bassin **(J. Humbert, G. Najjar, 1992)**. L'eau est très présente sur notre planète. Ainsi vue de l'espace, la terre apparaît bleue, les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre **(L'ORE, 2016)**

#### **3-2- L'eau Douce :**

Il est indispensable de considérer les milieux aquatiques comme étant des écosystèmes chimiques, physiques et biologiques plus ou moins éloignés de leurs états d'équilibre **(R. Dussart, 1992)**.

Actuellement, selon les Nation Unies un milliard des personnes vit dans des zones où l'eau est rare (**K. Watkins, 2006**).

L'eau douce ne représente que 2.53 % de toute l'eau de la planète et seule l'eau douce soutient la vie terrestre, notamment la vie humaine. L'eau douce est donc un bien rare et précieux. (**T. Lefevre, 2013**)

### **3-3- L'eau de mer :**

L'eau de mer est l'eau des milieux marins. Plus généralement, l'eau de mer est une solution d'eau, faite ou basée, sur l'eau qui rend les océans et les mers de la terre salés. La concentration des sels minéraux dissous avoisine 35 ‰ (3,5% ou 35 g/L) en moyenne (**1**)

Elle est composée à 95% d'eau pure et de plus d'une soixantaine d'éléments. Les éléments principaux sont soit présents sous forme de gaz dissous soit présents sous forme de sels (chlorures, sulfates et carbonates) (**2**)

La mer s'étend sur 71% environ de la surface du globe. L'hémisphère sud est le principal réservoir d'eau de mer. Dans l'hémisphère nord on trouve plusieurs mers salées qui communiquent pour certaines avec l'océan (mer Méditerranée, mer Baltique ; etc...) la mer est multicolore, car elle reflète les différentes teintes du ciel. En plein océan, la mer est presque toujours bleu marine (**B. Moulin, 2004**).

### **3-4- L'eau de lac :**

C'est une étendue d'eau intérieure qui possède une zone profonde privée de lumière où la végétation ne peut se développer. La profondeur permet une stratification chimique et physique verticale (**PIERRE-ALAIN, 2003**).

Les lacs sont des aménagements de moyenne et petite hydraulique sur les cours d'eau secondaires dans les parties amonts de grands bassins versants. Il s'agit de digues en terre compactée avec un déversoir latéral donnant lieu à des retenues d'eau de quelques dizaines de milliers de m<sup>3</sup> à quelques millions de m<sup>3</sup> inondant des

surfaces de taille modérée. Leur construction vise des objectifs à la fois de conservation des eaux et des sols, de protection d'aménagements plus importants à l'aval et de développement local. (J. Albergel, S. Nasri, J. Lamachere, 2007).

De tout temps, les lacs, les rivières et les ruisseaux ont exercé une véritable influence sur les êtres humains. (Québec, 2012).

Les eaux des lacs sont essentielles à la santé et au mieux-être de l'écosystème du bassin des lacs et pour les quelque 40 millions de personnes qui comptent sur les lacs pour leur eau potable, leur alimentation, leurs loisirs (CMI,2004).

### **3-5-Les bassin versant :**

Les limites d'un bassin versant sont déterminées par les crêtes des montagnes et les dénivellations du terrain, que l'on appelle la ligne de partage des eaux. Un bassin versant est donc un territoire dont les limites sont naturelles, et non pas déterminées par l'être humain. Chaque goutte d'eau qui tombe à l'intérieur des limites d'un bassin versant, peu importe l'endroit, atteindra à la fin de son parcours le même exutoire, soit le cours d'eau principal qui draine ce bassin versant. D'un point de vue hydrologique, un bassin versant est donc un territoire isolé (3).

### **3-6- Les eaux des océans :**

Les océans sont extrêmement précieux pour l'économie mondiale. Ils fournissent à l'homme de la nourriture, de l'eau, des matières et de l'énergie. Les poissons et les minéraux, notamment le pétrole et le gaz, constituent les plus importants ressources marins : les principales utilisations des océans sont l'industrie des loisirs, les transports, les communications et l'évacuation des déchets (NATIONS UNIES, 2002).

### **3-7-Les eaux dans le sol :**

Sous nos climats, l'apport d'eau au sol se fait sous forme de pluie, neige, rosée et brouillard .Toute l'eau des précipitations n'atteint pas le sol: une part est évaporée directement pendant et après la pluie; les gouttes peuvent être interceptées en partie

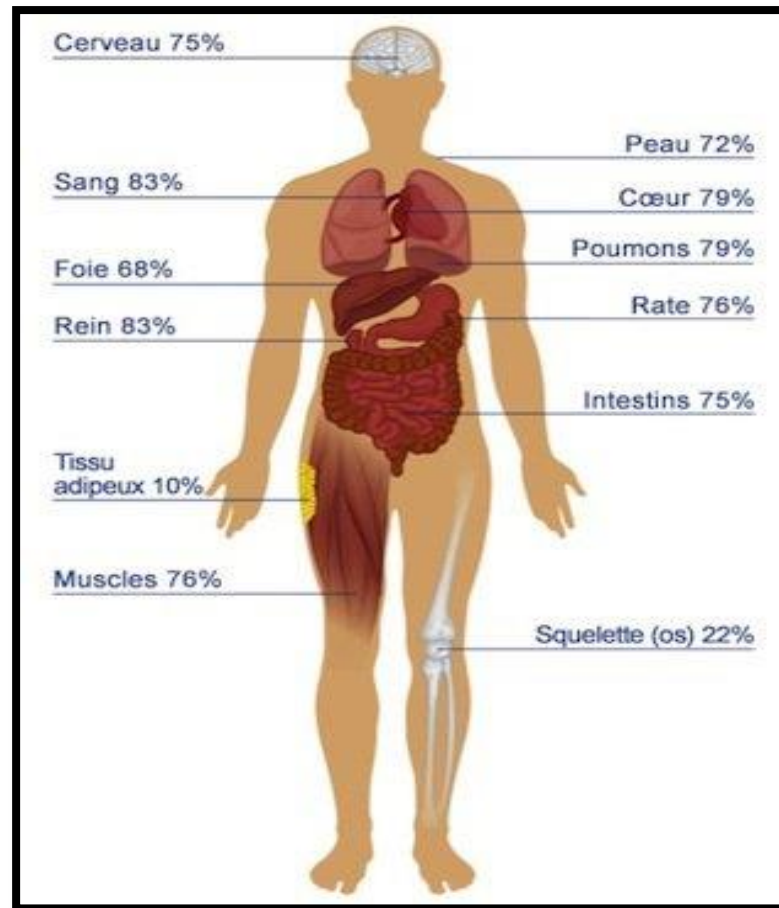
par le feuillage. Une fraction réduite finalement gagne la profondeur et atteint la nappe. Un profil habituel de la quantité d'eau contenu dans une coupe du sol et du sous-sol montre une augmentation de la teneur en eau avec la profondeur. La part de l'eau qui s'infiltré dans le sol est d'autant plus importante que la surface offre plus d'obstacles au ruissellement et que la structure du sol est plus grossière. L'eau d'infiltration se charge sur son passage en oxygène, gaz carbonique et sels minéraux **(H. Vis, O. Goujard, 2005)**.

#### **4- L'eau et la santé**

##### **4-1-La teneur en eau des différentes parties du corps humain**

L'eau est le principal constituant du corps humain: environ 60% du poids corporel chez les hommes adultes, 50 à 55% chez les femmes, car ils ont une proportion de graisse corporelle plus élevée que les hommes, et jusqu'à 75% chez un nouveau-né. **(EFSA, 2010)**

L'eau est répartie dans l'ensemble du corps et des organes. La teneur en eau des différents organes dépend de leur composition, et varie de 83 % dans le sang à seulement 10 % dans le tissu adipeux **(Figure 2).(J. Pivarnik, R. Palmer, 1994)**



**Figure 02:** La teneur en eau des différents organes  
(J. Pivarnik, R. Palmer, 1994)

L'eau est évidemment au premier rang des éléments (nutriments) essentiels pour l'organisme, qui doit en recevoir entre 2 et 2,5 l/j, dont la moitié environ est apportée par les aliments eux-mêmes et une petite partie produite par le métabolisme de ces aliments. (N. Akrad, 2004)

On considère néanmoins que les besoins en eau sont de 2,5 litres par jour mais ces besoins peuvent varier en fonction de l'âge, de la température extérieure, de l'activité physique, de l'altitude. (J. Sandja, 2012)

#### **4-2-Les fonctions de l'eau dans l'organisme humain**

L'eau est indispensable à notre organisme, elle est une composante majeure du sang. Elle contribue donc au maintien de la tension artérielle, au transport des

substances nutritives, des hormones, de l'oxygène, elle assure le maintien de la température corporelle ; elle permet la digestion des aliments, l'absorption des substances nutritives et l'élimination des déchets .Elle assure le bon fonctionnement de notre organisme. (M. Denies, 2007)

Si l'eau représente une part si importante de notre corps c'est pour assurer le bon fonctionnement de nos organes. (P. Beaulieu, 2019)

#### ❖ L'eau permet de maintenir le volume de sang dans le corps

Le sang permet de véhiculer l'oxygène nécessaire aux muscles et au cerveau pour absorber les nutriments et produire l'énergie dont ils ont besoin pour fonctionner.

Les cellules et les organes absorbent de l'oxygène par l'intermédiaire du sang et rejettent du CO<sub>2</sub> par la respiration. C'est pourquoi il est essentiel de maintenir un volume de sang suffisant pour transporter l'oxygène nécessaire à l'organisme. Et comme le sang se compose de plasma à 55 %, et que le plasma se compose lui-même de 90 % d'eau, l'eau représente près de 50 % de notre sang.

#### ❖ L'eau permet de maintenir le niveau de salive

La salive, composée à 90 % d'eau, permet de faciliter l'absorption, le transport et la digestion des aliments ingérés. En transformant les aliments grâce à la mastication, la salive favorise l'absorption des nutriments en vue de leur digestion. C'est pourquoi il est important de conserver un volume suffisant de salive dans la bouche pour lui permettre d'assurer cette fonction.

#### ❖ L'eau permet de réguler la température du corps

La température corporelle normale du corps se situe entre 36,1°C et 37,8°C. Au-delà, l'organisme met en place un système de régulation thermique par l'intermédiaire de la transpiration. La fièvre, l'exercice physique, l'exposition à la chaleur ou au soleil font naturellement monter la température du corps et la transpiration permet de se rafraîchir et de ramener la température à un seuil normal. Mais pour pallier les pertes d'eau liées à l'évaporation, il est nécessaire de s'hydrater régulièrement.

### ❖ L'eau permet l'élimination des déchets par l'urine

L'urine contient 95 % d'eau, elle permet, par l'intermédiaire des reins, d'éliminer les déchets métaboliques et toxiques de l'organisme (résidus médicamenteux, aliments non absorbés...), tout en conservant les sels minéraux essentiels à notre santé. Aussi, pour assurer le bon fonctionnement de notre système rénal, il est essentiel de boire suffisamment de manière à renouveler régulièrement l'urine contenue dans notre corps.

### ❖ L'eau permet de garder une belle peau

La qualité de la peau n'a pas d'incidence directe sur notre survie, mais cette barrière protectrice ne doit pas pour autant être négligée, car une peau mal soignée résiste moins aux agressions extérieures, se dessèche et vieillit plus vite. La peau est tout de même l'organe le plus volumineux de notre corps et il se compose d'eau à plus de 80 %. S'hydrater régulièrement favorise le renouvellement cellulaire, rend la peau souple et douce et renforce son pouvoir protecteur. **(P. Beaulieu, 2019)**

## 5-L'importance de l'eau

L'hygiène quotidienne protège de nombreuses maladies provoquées par des virus et des microbes. Une bonne hygiène contribue non seulement à une bonne santé mais aussi à l'augmentation de l'espérance de vie. Pourtant, un geste aussi simple que celui de se laver les mains est encore trop souvent négligé.

Nettoyer à l'eau est un excellent moyen de maintenir un bon état de propreté dans son espace de vie. L'eau chasse la saleté, mais elle permet aussi d'éliminer une partie des microbes invisibles à l'œil nu. **(M. Denies, 2007)**

### ❖ Les usages de l'eau pour l'agriculture

Au niveau mondial, environ 70 pour cent de l'eau est destiné à l'agriculture. La quantité d'eau utilisée varie d'un lieu à l'autre et dépend de facteurs tels que les types de production alimentaire, les conditions climatiques locales (température et fréquence des pluies), ainsi que des systèmes d'irrigation utilisés. **(FAO, 2013)**



L'eau est utilisée dans l'agriculture pour un certain nombre de services essentiels:

- Pour maintenir les équilibres de température à l'intérieur des plantes.
- Pour le lessivage sels et autres minéraux loin de la zone racinaire, et plus encore.
- L'eau détournée pour l'agriculture est appauvrie par la transpiration, par l'évaporation des sols et surfaces d'eau libre et par percolation profonde vers les eaux souterraines. **(P. Gleick, 2003)**

#### ❖ Les usages de l'eau pour l'industrie

Après l'agriculture, l'industrie est le deuxième grand consommateur d'eau, utilisant 22 pour cent de la consommation mondiale. **(FAO, 2013)**

Ces usages sont liés aux opérations de transformation des produits industriels. L'eau est utilisée selon quatre grandes catégories:

- comme fluide thermique (production de vapeur, chauffage et refroidissement des installations).
- comme matière première d'un processus de fabrication (bière par exemple).
- comme agent de lavage de produits et de gaz, de nettoyage d'installations et de transport de solides.
- et pour les besoins des personnels travaillant sur le site (cafétéria, toilettes...). **(M. Roustan, A. Grasmick, 2015)**

#### ❖ Les usages de l'eau pour la production d'énergie

L'eau joue aussi un rôle fondamental dans la production d'énergie. Les centrales à combustible fossile et nucléaire produisent de l'électricité en transformant l'eau en vapeur. La vapeur à haute pression sert à actionner des turbines qui génèrent de l'électricité. Une manière plus écologique de produire de l'énergie avec l'eau est l'hydroélectricité. Sans polluer ni utiliser des combustibles dangereux,

l'hydroélectricité emploie l'eau des rivières ou des barrages pour faire fonctionner les turbines et générer ainsi de l'électricité. (FAO, 2013)

#### ❖ Les usages domestiques de l'eau

Les usages domestiques de l'eau représentent 8 pour cent de l'eau utilisée par l'humanité. Elle a multiples utilisations dans ce domaine comme:

- L'alimentation (boire et cuisiner...).
- L'assainissement (se laver et aller aux toilettes...) (FAO, 2013).
- L'hygiène quotidienne, qui protège de nombreuses maladies provoquées par des virus et des microbes. L'eau chasse la saleté, mais elle permet aussi d'éliminer une partie des microbes invisibles à l'œil nu. (M. Denies, 2007)

#### ❖ Les usages de l'eau pour les loisirs

À côté des usages dictés par l'alimentation et l'hygiène. L'eau est utilisée depuis les millénaires à des fins récréatives. Les activités ludiques et sportives en rapport avec l'eau sont nombreuses et variées:

- La baignade: est largement répandue, au-delà de sa fonction récréative, elle joue un rôle social important, car elle peut être pratiquée à tous les âges de la vie, elle ne nécessite pas de conditions physiques particulières, mais au contraire peut être recommandée aux personnes souffrants de handicaps et aux femmes enceintes.
- Les piscines. (B. Festy et al., 2003)

## Partie II: La pollution des eaux

### 1-Définition de la pollution des eaux

La pollution de l'eau est actuellement placée en tête des problèmes de l'environnement car l'eau est une interface entre l'air et le sol. Une eau est dite polluée lorsque son équilibre est modifié de façon durable par l'apport en quantités très importantes des substances plus ou moins toxiques, d'origines naturelles ou issues d'activités humaines.

L'activité humaine, qu'elle soit industrielle, urbaine ou agricole, produit une quantité de substance polluantes de toute nature qui sont à l'origine de différents types de pollution qui peuvent être permanents (rejets domestiques d'une grande ville par exemple), périodique ou encore accidentelle ou aiguë, à la suite du déversement intempestif des produits toxiques d'origine industrielle ou agricole, ou de lessivage des sols urbains lors de fortes pluies. **(J. Rodier, 2005)**

On appelle pollution de l'eau toute modification des caractéristiques de l'eau ayant un caractère gênant ou nuisible pour les usages humains, la faune ou la flore. Au cours de son utilisation, l'eau s'appauvrit ou s'enrichit de substances de toutes sortes, ou change de température. Les pollutions qui en résultent se retrouvent dans le milieu naturel (cours d'eau, mer). **(H. Djermakoye, 2005)**

Une pollution peut affecter directement l'homme, dans sa santé ou son environnement proche. Elle peut aussi l'affecter indirectement à travers la chaîne alimentaire ou l'environnement plus lointain **(R. Mohamed ben Ali, 2014)**.

### 2- Les types de la pollution des eaux

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usage et les organismes aquatiques. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (mécanique, thermique, radioactive...), chimique (Organiques, Pollution

minérale) et microbiologique. Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type.

## **2-1- Pollution physique**

C'est une pollution due aux agents physiques (tout élément solide entraîné par l'eau), elle est d'origine domestique, essentiellement industrielle. On peut la répartir en trois classes: mécanique, thermique et radioactive (**F. Mekhalif, 2009**)

### **2-1-1- Pollution mécanique:**

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les ERI, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES. (**F. Mekhalif, 2009**)

### **2-1-2 Pollution thermique:**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); ont une température de l'ordre de (70 à 80) °C. Elle diminue jusqu'à (40 à 45) °C lorsqu'elle contacte les eaux des milieux aquatiques entraînant un réchauffement de l'eau, qui influe sur la solubilité de l'oxygène.

En outre tout changement de température cause des effets significatifs sur la survie des organismes aquatiques. Un abaissement important de température ralentit la plupart des réactions chimiques vitales voire les arrête. Au contraire, des augmentations de température peuvent tuer certaines espèces, mais également favoriser le développement d'autres organismes causant ainsi un déséquilibre écologique (**A. Mizi, 2006**)

### **2-1-3 Pollution radioactive:**

C'est celle occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouvent leur source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ces formes

(installations et centrales d'exploitation de mine d'uranium, traitement des déchets radioactifs). Les éléments radioactifs s'incorporent dans les molécules des organismes vivants. Plus on s'élève dans la chaîne alimentaire plus les organismes sont sensibles aux rayonnements. (F. Larkem, S. Bacel, 2005)

## **2-2- Pollution chimique:**

Elle résulte des rejets chimiques, essentiellement d'origine industrielle. La pollution chimique des eaux est regroupée en deux catégories : Organiques, et Minérales

### **2-2-1-Pollution organique :**

C'est les effluents chargés de matières organiques fermentescibles (biodégradables), fournis par les industries alimentaires et agroalimentaires (laiteries, abattoirs, sucreries...). Ils provoquent une consommation d'oxygène dissous de ces eaux, entraînant la mort des poissons par asphyxie et le développement de matières organiques, la fermentation anaérobie (putréfaction), génératrices de nuisances olfactives. (F. Larkem, S. Bacel, 2005)

#### **2-1-1-1-Hydrocarbures :**

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires). Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition. En fait leurs activités peuvent s'exercer selon plusieurs modalités très différentes. (F. Galaf, S. Ghannam, 2003)

#### **❖ Toxicité aigüe:**

Elle s'exerce sur l'ensemble des êtres vivants du milieu (végétaux, animaux ou bactéries) provoquant des disparitions immédiates des poissons s'effectuent par colmatage des branchies. Les oiseaux sont également tués en masses par engluage des plumes.

**❖ Toxicité Chronique:**

Les hydrocarbures ou les produits de dégradation, peuvent être accumulés par les différents organismes marins, après leur ingestion, leurs effets peuvent s'étaler sur des périodes très longues. Ce danger est évidemment plus grave lorsqu'il s'agit des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HPA) cancérigènes (méthyle chlorolanthrène, benzanthracènes, benzbopyrènes). Ils sont repris par les chaînes alimentaires et concentrés jusqu'à des taux très élevés. On imagine le danger que peut présenter ce phénomène pour le consommateur humain. (F. Galaf, S. Ghannam, 2003)

**2-1-1-2-Phénols :**

Ils désignent un ensemble de composés hydroxylés du benzène. La présence du phénol dans l'eau a pour origine les polluants industriels (usine chimique, cokeries, industries pétrochimique, raffineries...), ainsi que les revêtements bitumeux des canalisations et des réservoirs, la décomposition des produits végétaux et la dégradation des pesticides. Leur inconvénient principal est qu'ils donnent à l'eau un goût extrêmement désagréable et très persistant marqué de chloro-phénol lorsqu'ils sont en présence de chlore. (J. Rodier et al., 1996)

**❖ Toxicité aigüe:**

Les intoxications aiguës professionnelles sont rares et interviennent essentiellement par voie cutanée (produit répandu sur la peau), la faible volatilité du phénol limitant les risques d'inhalation de concentrations importantes.

La gravité de l'intoxication cutanée est fonction du temps de contact, de l'étendue de la zone exposée, de la concentration de la solution et de la susceptibilité individuelle du sujet.

Les symptômes apparaissent très rapidement (en 15 à 20 minutes): maux de tête, faiblesse musculaire, étourdissement, troubles de la vision et de l'audition, respiration rapide et irrégulière, pouls faible, perte de conscience, la mort pouvant survenir par défaillance respiratoire (entre 30 minutes et quelques heures après le contact).

**❖ Toxicité Chronique:**

L'intoxication chronique se caractérise par des troubles digestifs (vomissements, difficulté à avaler, ptyalisme, diarrhée, anorexie), nerveux (maux de tête, évanouissement, vertiges, troubles mentaux) et cutanés (érythèmes, eczémas). Ces symptômes sont connus sous le nom de marasme phéniqué. Dans les cas sévères, on note une atteinte hépatique et rénale. Certaines issues fatales ont été rapportées. (4)

**2-2-2-Pollution minérale :****2-2-2-1-Métaux lourds:**

La présence des métaux lourds dans l'eau, l'atmosphère et par conséquent la chaîne alimentaire est le cas le plus intéressant parmi les problèmes posés à la pollution. Par ordre décroissant de toxicité spécifique. Les métaux sont classés comme suit:

*Hg, Cr, Ti, Cu, Co, Ni, Pb, Zn*

Les métaux lourds sont susceptibles d'être métabolisés et concentrés par les organismes vivants et mis en circulation dans la chaîne alimentaire ou leur toxicité augmente. L'irréversibilité de cette pollution est préoccupante du fait qu'il est impossible de les récupérer, une fois dissipés dans la nature. (N. Ramdan, 2006).

**❖ Toxicité aigüe :**

L'inhalation de fumées des métaux lourds (générées lorsque les métaux lourds métallique est porté à haute température) entraîne des symptômes semblables à ceux de la fièvre des fondeurs (état grippal débutant). Le traitement est uniquement symptomatique.

L'exposition à des niveaux plus élevés peut causer de sérieux dommages pulmonaires voire la mort. Les fumées des métaux lourds sont des irritantes pulmonaires sévères, ont une plus grande dimension. Les symptômes sont de types soit pulmonaires (les signes cliniques étant le reflet de lésions variant l'irritation nasopharyngée et bronchique à l'œdème pulmonaire) soient de type maux de tête, frissons,

douleurs musculaires, nausées, vomissements, diarrhée... Les concentrations fatales de fumées varient de 40 à 50 mg/m<sup>3</sup>.

❖ **Toxicité Chronique:**

L'exposition chronique des métaux lourds, par inhalation ou ingestion, a comme conséquence des atteintes rénales qui peuvent continuer de progresser même après la cessation de l'exposition.

Elle se caractérise par des douleurs au dos et dans les articulations, de l'ostéomalacie (rachitisme adulte), des fractures osseuses, et occasionnellement des défaillances rénales. Cette maladie affecte le plus souvent les femmes et les facteurs de risque sont la multiparité

Les autres conséquences de l'exposition chronique des métaux lourds sont l'anémie, la rhinite, l'ulcération occasionnelle du septum nasal, les dommages au nerf olfactif et la perte de l'odorat. (5)

**2-2-2-2-Les cyanures:**

Sels de l'acide cyanhydrique, ils proviennent des industries métallurgiques (galvanoplastie, traitement de minerais, électrolyses), des papeteries, industries de la bijouterie, tanneries... Les cyanures d'ammonium, de sodium, de potassium, de calcium sont des composés hydrosolubles qui peuvent dégager de l'acide cyanhydrique HCN en milieu acide. L'effet toxique principal est l'hypoxie tissulaire subaiguë, aiguë ou suraiguë par fixation de l'ion CN<sup>-</sup> sur le fer ferrique de la cytochrome-oxydase au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale

❖ **Toxicité aiguë :**

Forme foudroyante : les effets sont immédiats et la mort survient rapidement du fait de l'hypoxie tissulaire brutale qui interdit toute utilisation de l'oxygène par les tissus alors que le transport par l'hémoglobine s'effectue normalement.

❖ **Toxicité Chronique:**

forme légère : sensation de vertiges et état confusionnel céphalées, asthénie, vertiges de façon plus spécifique, troubles digestifs, sensoriels et oculaires. On



évoque la possibilité d'effets neurotoxiques à long terme (A.Botta, L .Bellon, 2004)

### 2-2-2-3-Pollution d'azote:

Les activités industrielles, peuvent être à l'origine des rejets plus ou moins riche en azote (élément nutritif) issu des fabrications d'engrais, des cokeries, et des industries chimiques et agroalimentaires . L'azote existe sous deux formes: la forme réduite qui regroupe l'azote ammoniacal ( $3 NH$  OU  $4 NH^-$ ) et l'azote organique (protéine, créatine, acide urique). Plus une forme oxydée en ions nitrites ( $NO_2^-$  -  $2 NO^-$ ) et nitrates ( $3 NO^-$ ). (F. Mekhalif, 2009)

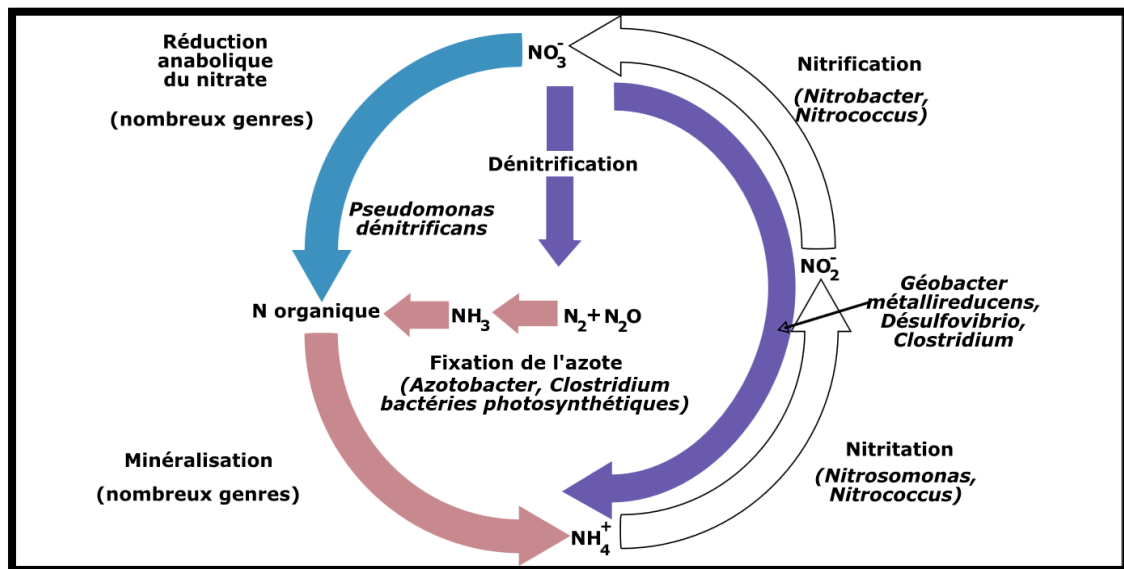


Figure 03 : Cycle de l'azote (B. Benkaddour ,2018)

### 2-2-2-4-Pollution par le phosphore:

Le phosphore a pour origine les industries du traitement de surfaces des métaux, les laveries industrielles des fabrications, d'engrais agroalimentaire Comme l'azote, le phosphore est un élément nutritif, il est à l'origine du phénomène d'eutrophisation c'est-à-dire la prolifération excessive d'algues et de plancton dans les milieux aquatiques. (F. Mekhalif, 2009)

❖ **Toxicité aigüe :**

Le phosphore blanc est très toxique par inhalation, ingestion ou après absorption à travers les surfaces cutanées, brûlées lors d'un contact. Il est irritant pour le tractus gastro-intestinal et les voies respiratoires, hépatotoxique, néphrotoxique et induit des modifications cardiovasculaires.

(6)

**2-3- Pollution microbiologique:**

La pollution microbiologique est une forme de pollution organique. Les déchets organiques, en particulier les excréments, contiennent des germes pathogènes (virus, bactéries ou parasites) véhiculés par l'eau.

La pollution microbiologique a pour source des eaux usées improprement traitées ou des eaux de ruissellement contaminées se déversant dans les cours d'eau (K. Ballouki, 2012).

**Tableau 01:** Origines et natures de différents types de pollution du milieu aquatique (S. Zaimeche, 2014)

Type de pollution	Nature	Origines
Physique	Rejets d'eau chaude	Centrales thermiques, nucléaires
	M.E.S. (matières en suspension)	Rejets urbains, érosion des sols
Chimique	Matière organique	Effluents domestiques, agricoles, Agroalimentaires
	Fertilisants (nitrate, phosphate)	Agriculture, lessives
	Métaux (Cd, Pb, Hg, Al, As...)	Industrie, agriculture, déchets
	Pesticides (insecticides,	Industrie, agriculture

	herbicides, Fongicides)	
	Organochlorés (PCB, solvants)	Industries
	Composés organiques de synthèse	Industries
	Détergents	Effluents domestiques
	Hydrocarbures	Industrie pétrolière, transports
Biologique	Bactérie, virus, champignons...	Effluents urbains, agricoles

### 3- Origines de la pollution des eaux

#### 3-1-Pollution domestique

En effet, notre vie quotidienne est source de pollution de l'eau via les eaux usées domestiques :

- Traitements médicaux (antibiotiques, hormones, anticancéreux, analgésiques...).
- Produits d'usage corporel (savons, crèmes...),
- Produits d'entretien (détergents...),
- Composés utilisés dans le traitement des textiles (hydrofuges...) ou dans la fabrication de revêtements antiadhésifs (poêle, emballages)...

Ces produits peuvent poser un problème dans le traitement des eaux usées domestiques parce que,

- d'une part, les procédés de traitement actuels ne permettent pas leur totale élimination.
- d'autre part, certaines molécules peuvent avoir un impact sur la biomasse utilisée en station d'épuration (toxiques, non biodégradables). (**L. Pasquini et al., 2011**)

### 3-2- Pollution industrielle

Avec le développement industriel, les problèmes de pollution de l'eau ont pris un tour d'abord régional puis continental et désormais, maintenant, il est mondial.

L'industrie utilise de grandes quantités d'eau mais le principal problème tient à ce que la majeure partie de cette eau retourne à la nature, polluée car chargée de déchets, de produits chimiques et de métaux lourds. Plus de 85% de l'eau consommée par l'industrie sont retournés à la nature sous forme d'eau usée. (M. Belhadj, 2017)

Les résidences privées ne sont pas les seuls bâtiments qui ont besoin d'eau : entreprises et usines en ont besoin aussi pour leur activité. Provenant des usines, les rejets industriels sont caractérisés par leur très grande diversité, suivant l'utilisation qui est faite de l'eau au cours du processus industriel. Selon l'activité industrielle, nous allons donc retrouver des pollutions aussi diverses que :

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires...).
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports).
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie).
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...).
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets médicaux radioactifs). (A. Assaad, 2014)

### 3-3- Pollution agricole

L'aggravation constante de la pollution agricole due à l'utilisation d'engrais et de produits de traitements des végétaux rend l'eau impropre à la consommation dans de nombreuses régions.

Les causes des différentes formes de pollution agricole sont :

- Les engrais et autres matières fertilisantes épandues (boues de stations d'épuration, effluents d'élevage, cendres) sur les sols agricoles.
- Les déjections animales non récupérables pour les animaux en pâture.
- Les produits phytosanitaires (herbicides et pesticides), Les engrais azotés, liés aux pratiques culturales elles-mêmes, provoquent une montée régulière des teneurs en nitrates dans les eaux souterraines (de 1 à 2 mg/L par an, alors que la concentration maximale admissible est de 50 mg/L). L'altération des nappes souterraines est moins réversible que la pollution des eaux superficielles du fait du lent renouvellement de ses ressources.
- Les produits phytosanitaires sont détectés dans les nappes souterraines : les plus inquiétants sont les herbicides de la famille des triazines dont l'atrazine, pourtant interdite d'utilisation depuis octobre 2001.
- Des métaux (Cu et Zn essentiellement) provenant des compléments alimentaires des animaux d'élevage, des résidus d'antibiotiques utilisés contre les infections animales. (A. Assaad, 2014)

### 3-4-Pollution accidentelle

Les pollutions liées aux activités humaines usuelles et accidentelles pourraient entraîner une contamination de l'eau et par conséquent une crise sanitaire. (F. De nardi, 2009)

Il existe trois principales causes de la pollution accidentelle de l'eau :

- La cause la plus fréquente de survenue d'un tel évènement est constituée par les accidents de circulation, et en particulier les accidents de poids lourds transportant des matières dangereuses.
- Un autre risque potentiel est celui de l'incendie d'un bâtiment situé à proximité de la voirie ou du parking. Cet incendie peut générer des produits potentiellement polluants et l'intervention des pompiers qui répandent de grandes quantités d'eau est susceptible d'entraîner ces contaminants vers le système de gestion des eaux pluviales.

- Le risque d'accident industriel (rupture ou débordement de cuves ou de canalisations par exemple) constitue un troisième type d'évènements potentiels.

Ces risques sont évalués au cas par cas en fonction des activités prévues sur la zone. Ils peuvent le cas échéant conduire à la mise en place de volumes de confinement à proximité des sources potentielles. (**Memento technique, 2017**)

#### **4- Mode de la pollution des eaux**

Chaque jour, les activités humaines dispersent une grande variété de contaminants chimiques dans les milieux naturels. Les eaux de surface et les nappes phréatiques sont particulièrement affectées par ces pollutions ponctuelles ou diffuses. (**L. Basilico, P. Staub, O. Perceval, 2013**)

Les sources d'introduction de polluants dans le milieu naturel sont diverses. Elles peuvent être ponctuelles ou diffuses. (**S. ZGHEIB, 2009**)

##### **4-1-Les pollutions ponctuelles**

Une pollution ponctuelle est définie comme étant une altération de la qualité d'un milieu aquatique ou d'une ressource en eau résultant d'émissions de polluants bien localisées. (**O R E, 2015**)

Elles peuvent être chroniques ou accidentelles. Dans le premier cas, une certaine périodicité est observée. Dans le second, elles résultent d'accidents entraînant le déversement de substances dangereuses pour la qualité de l'eau. (**O R E, 2015**)

La pollution ponctuelle est un rejet direct de polluants dans les cours d'eau. Ces rejets sont habituellement de type industriel ou domestique. Ils sont facilement repérables, quantifiables et leurs impacts peuvent être rapidement évalués et contrôlés. (**P. Nguyen et al., 2018**)

Les sources de pollution ponctuelle sont des substances nocives déversées directement dans une masse d'eau, par exemple une marée noire. **(M. Hamatoukour, C. Klass, 2010)**. Elles peuvent être éliminées soit en arrêtant l'apport de polluants ou soit en traitant les eaux polluées avant leur déversement dans les cours d'eau. **(P. Nguyen et al., 2018)**

En temps sec, la pollution des milieux aquatiques (cours d'eaux, lacs, rivières, mer...) peut être due à l'introduction de polluants d'une façon ponctuelle, comme pour les rejets d'eaux résiduelles industrielles et de stations d'épurations domestiques, qui font l'objet depuis quelques années de programmes de mesure cibles au niveau national (études INERIS ou programmes de recherche comme AMPERES, Mediflux...). **(S. Zgheib, 2009)**

Le réseau d'assainissement séparatif pluvial qui collecte uniquement les eaux de ruissellement. Par temps sec, il est susceptible de véhiculer des débits produits par des rejets industriels réglementés (eaux de refroidissement par exemple) mais également des eaux de nettoyage de parkings, cours, etc. **(C. Becouze, 2010)**

#### **4-2- Les pollutions diffuses**

Une pollution diffuse correspond à une altération de la qualité d'un milieu aquatique ou d'une ressource en eau résultant d'émissions de polluants réparties sur un territoire étendu ou de multiples sources d'importance unitaire. **(O R E, 2015)**

Les pollutions diffuses qui sont répétées et durables dans le temps sont liées à une émission entretenue de substances polluantes liées aux activités humaines. **(O R E, 2015)**

Une source diffuse transmet le produit polluant indirectement par l'intermédiaire de modifications du milieu, par exemple quand de l'engrais provenant d'un champ est entraîné vers un cours d'eau par un ruissellement d'eau et affecte la vie aquatique. **(M. Hamatoukour, C. Klass, 2010)**

Les polluants diffus proviennent principalement de sources municipales ou liées à l'agriculture, mais couvrent une grande variété d'activités. Ces polluants sont transportés par l'écoulement des eaux et se retrouvent dans les rivières, les cours d'eau et les lacs. Les sources de pollution diffuse sont beaucoup plus difficiles à détecter à cause de leur répartition sur l'ensemble du territoire et de leur manifestation de façon intermittente. (P. Nguyen et *al.*, 2018)

Par temps de pluie, les rejets ponctuels, il a été montré que le ruissellement constitue une source diffuse de pollution pour le milieu aquatique. (S. Zgheib, 2009)

Le réseau d'assainissement unitaire où sont mélangées, par temps de pluie, les eaux usées et les eaux pluviales après ruissellement. (C. Becouze, 2010)

**Tableau 02:** Quelques différences entre la pollution ponctuelle et la pollution diffuse de l'eau (R. Moilleron, 2017)

Type de pollution \ Indicateur	Ponctuelle	Diffuse
Concentrations	très élevées	Faibles
Surfaces	affectées faibles	Élevées
Origine	bien définie	Mal définie
Risque	à court terme	à court et long terme

## 5-Paramètres de mesure de la pollution des eaux

### 5-1-Paramètres organoleptiques

Les qualités physiques, chimiques et microbiologiques de l'eau de consommation peuvent affecter la santé et/ou nuire à sa qualité organoleptique.

Cette dernière représente un critère important, car le consommateur juge une eau d'après ce qu'il sent, goûte et voit. (D. Couillard, P. Lafrance, S. Lessard, 1992)



Le goût, l'odeur et la couleur de l'eau peuvent être les premiers signes révélant l'existence d'un risque potentiel pour la santé. **(OMS, 2000)**

### 5-1-1-Couleur

La couleur des eaux naturelles est généralement due à :

- la présence de substances organiques en solution, principalement des acides humiques et fulvique.
- provenant du sol.
- de la décomposition de la végétation.

En outre, certaines eaux souterraines ou de surface peuvent présenter une coloration rouge ou noire due respectivement à la présence de composés inorganiques de fer et de manganèse.

La pollution par des eaux usées fortement colorées, notamment celles qui sont produites :

- par les industries de la pâte à papier,
- des colorants et du textile peuvent aussi être à l'origine de la coloration de l'eau de boisson. **(OMS, 2000)**

### 5-1-2- Goût et odeur

Le goût et l'odeur de l'eau de boisson peuvent être:

- dus à des micro-organismes
- avoir une origine humaine, par exemple en cas de contamination des réseaux de distribution par des produits chimiques.
- causés par certains procédés de traitement de l'eau
- par le passage en solution de substances présentes dans les conduites ou dans le revêtement des parois des installations de stockage. **(OMS, 2000)**

## 5-2-Paramètres physiques

### 5-2-1-Température

La température est un facteur écologique important pour les milieux aqueux. Elle est liée:

- d'une part, aux variations saisonnières et journalières de la température ambiante.
- d'autre part, aux rejets des activités anthropiques (eaux de refroidissement).

Sa perturbation peut influencer la vie aquatique (pollution thermique). (**B. Benkaddour, 2018**)

La température est un paramètre très important pour la qualité de l'eau potable parce qu'elle est à l'origine des réactions chimiques, biologiques et physiques (**D. Couillard, P. Lafrance, S. Lessard, 1992**). En effet l'activité biologique pour les microorganismes participant à l'épuration des eaux usées est optimale au voisinage de 20°C et faible à des températures de 10° ou 30°C. (**M. Doumbia, 2017**)

### 5-2-2-Potentiel d'hydrogène

C'est un paramètre qui permet la mesure de la concentration des protons H<sup>+</sup> dans un milieu aqueux en déduisant sa nature (acide, basique ou neutre). (**B. Benkaddour, 2018**)

Le pH est l'un des paramètres chimiques importants lorsqu'il s'agit de déterminer la qualité d'une eau. (**CREPA, 2007**). Chacun des procédés dans le traitement de l'eau est fonction du pH. (**SANTE CANADA, 2015**). Le pH est important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau. (**C. Haidar, 2014**)

Sa mesure doit s'effectuer sur place de préférence par la méthode potentiométrique. Certains rejets industriels où les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être, un indice de pollution.

Les organismes sont très sensibles aux variations du pH, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur est comprise entre 6 et 9. L'influence du pH se fait ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la disponibilité et donc la toxicité. **(M. Doumbia, 2017)**

### 5-2-3-Turbidité

Correspond à la réduction de la transparence (limpidité) due à la présence de matières en suspension (MES) non dissoutes issues de l'érosion, du lessivage de terrains agricoles mais aussi de particules organiques comme les matières animales et végétales dégradées. **(H. Hayzoun, 2014)**

Elle est exprimée généralement en NTU (Néphélométric Turbidity Unit) ou FTU (Formazin Turbidity Unit). **(B. Benkaddour, 2018)**

La turbidité joue un rôle très important dans les traitements d'eau. En effet :

- Elle indique une probabilité plus grande de présence d'éléments pathogènes.
- La turbidité perturbe la désinfection. Le traitement par ultraviolets est inefficace et le traitement par le chlore perd son efficacité. **(CREPA, 2007)**
- Elle réduit la transparence.
- Elle a pour effet de freiner la photosynthèse, élément important de la croissance des plantes. **(S. Zaimeche, 2014)**

### 5-2-4-Matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont des particules minérales et organiques de faibles taille et/ou densité qui se déplacent dans les rivières avec la vitesse de l'écoulement de l'eau, sans contact avec le fond **(H. Hayzoun, 2014)**. Ce paramètre exprimé en mg/l correspond à la pollution insoluble particulaire **(F. Mekhalif, 2009)**.

La teneur et la composition des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau (sables, boues, particules organiques, plancton, etc...).

Elles dépendent :

- De la nature des terrains traversés,
- De la saison,
- De la pluviométrie,
- Des rejets,
- Du développement des microorganismes.

Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent :

- empêcher la pénétration de la lumière,
- diminuer l'oxygène dissous, ce qui engendre des conséquences graves sur l'état biologique des cours d'eau telles que la mort des végétaux. **(B. Benkaddour, 2018)**

### 5-3-Paramètres chimiques

#### 5-3-1-Demande chimique en oxygène (DCO)

La Demande Biochimique en Oxygène (DBO) c'est la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement des micro-organismes **(R. Salghi, 2006)**.

Elles représentent la plus part des composés organiques (détergents, matières fécales). **(F. Mekhalif, 2009)**, mais également représentatives de sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures,...) **(E. Hassoune, A. Bouzidi, Y. Koulali, D. Hadarbach, 2006)**. Elle est exprimée en mg O<sub>2</sub>/l. **(R. Salghi, 2006)**

Les valeurs élevées de la DCO indiquent la présence d'une forte contamination liée à la présence de polluants réfractaires d'origine organique et minérale issus des activités anthropiques ou naturelles. **(B. Benkaddour, 2018)**

### 5-3-2-Demande biologique en oxygène (DBO5)

La demande biochimique en oxygène (DBO) représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone, tensioactifs, etc.). (IBGE, 2005)

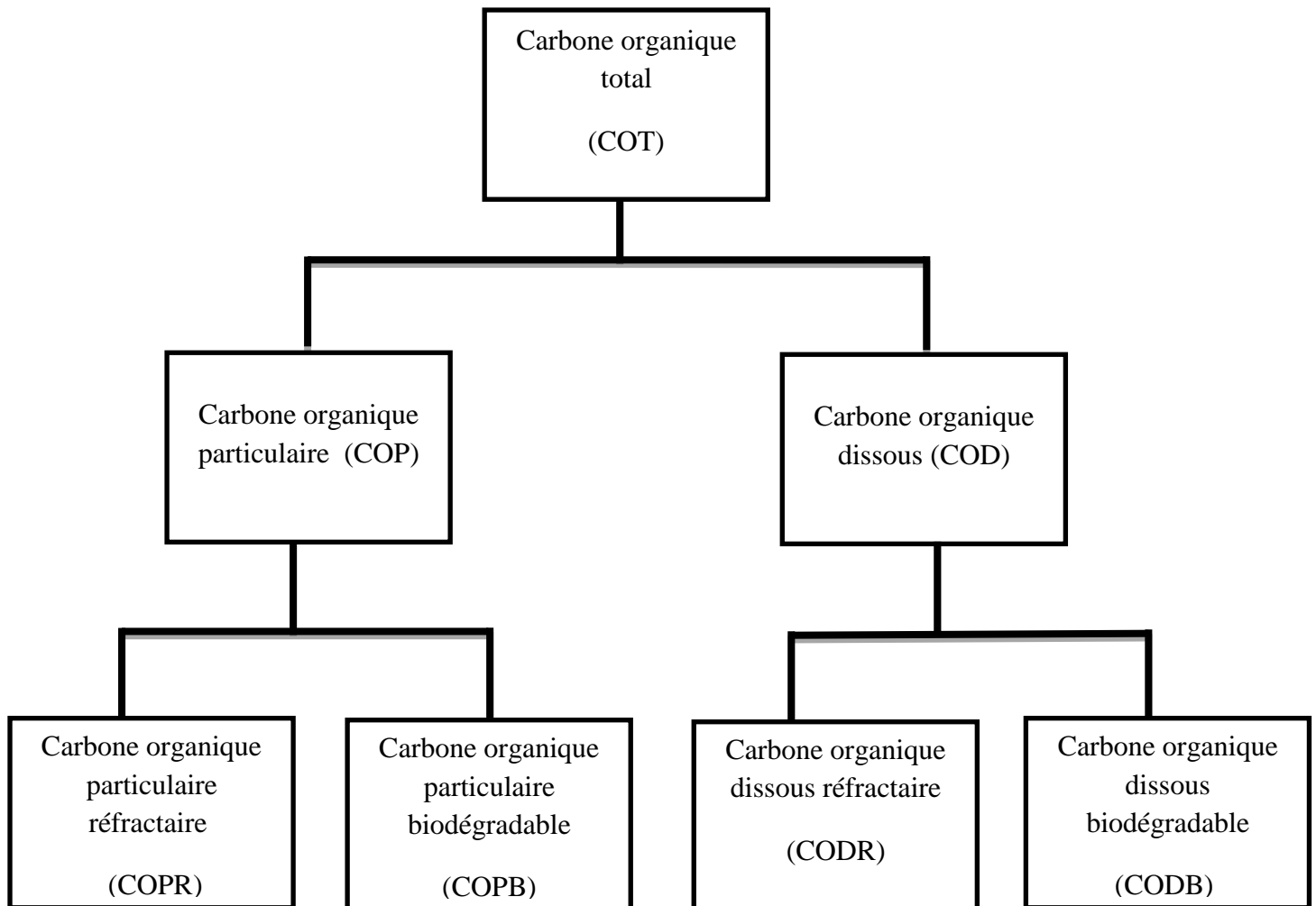
La détermination de la DBO sert à évaluer la concentration des polluants organiques dans les entrées et sorties de station d'épuration biologique, c'est-à-dire à mesurer le rendement. (CREPA, 2007)

En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours. L'indicateur utilisé est généralement la DBO5 qui correspond à la quantité d'oxygène (exprimée en mg/l) nécessaire aux microorganismes décomposeurs pour dégrader et minéraliser en 5 jours la matière organique présente dans un litre d'eau polluée.(IBGE, 2005)

### 5-3-3-Carbone total organique COT

Mesure permettant de déterminer la quantité de carbone organique contenu dans un échantillon d'eau. (N. Flipo et al., 2018)

Sa mesure est réalisée par un analyseur de CO<sub>2</sub> à infrarouge après combustion catalytique à haute température de l'échantillon (F. Mekhalif, 2009). La valeur du carbone organique total s'exprime en milligramme de carbone par litre du milieu aqueux analysé : mg /l C (M. Turgeon, 2001)



**Figure 04:** classification générale du carbone organique total  
(A. Bernier, 2015)

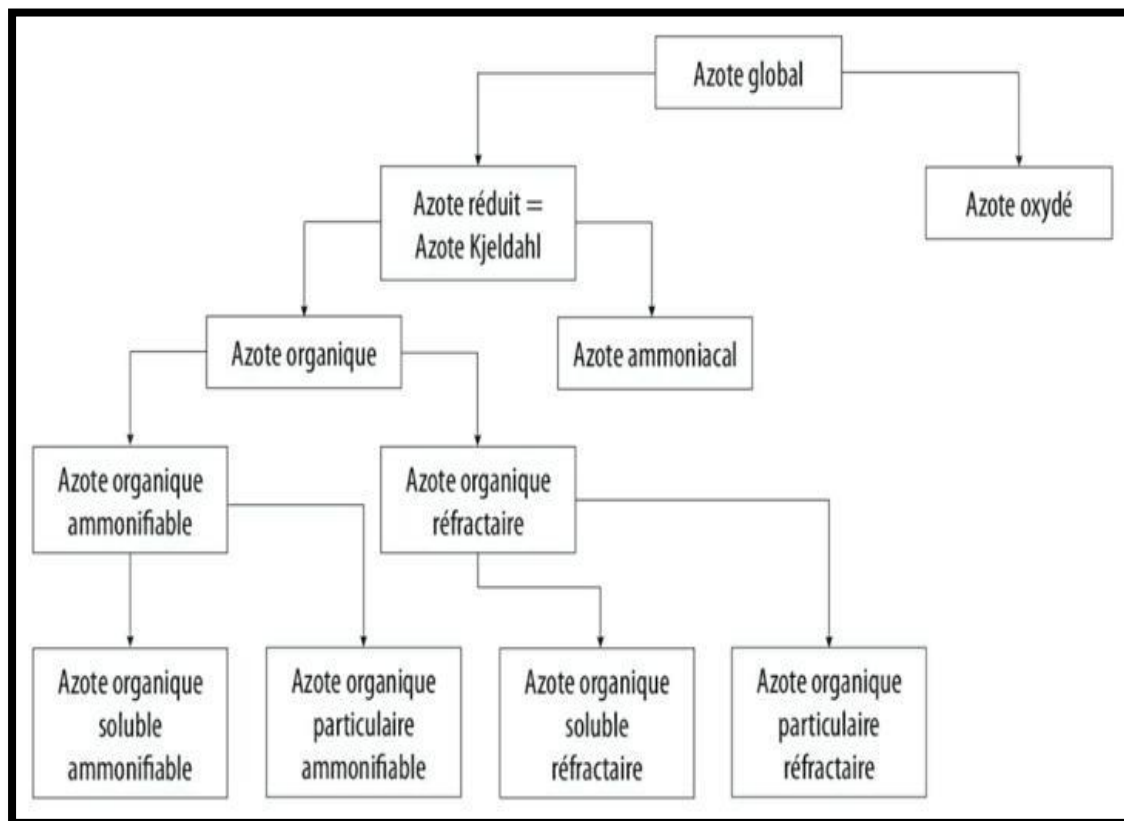
### 5-3-Paramètres chimiques

#### 5-3-4-Azote total NT

L'azote peut se trouver dans les eaux de rejets sous forme minérale ou organique à différents niveaux d'oxydation (N. Crini, G.Crini, 2017), C'est la somme d'azote des formes réduites (organiques et ammoniacal) est appelé azote de KJELDHAL et l'azote des formes oxydées (NO<sub>2</sub>-(nitrite), NO<sub>3</sub>-(nitrate)).

(F. Mekhalif, 2009).

La somme de ces différentes formes, exprimée en  $\text{mg N L}^{-1}$ , constitue l'azote total (noté NT, TN ou  $N_{\text{TOT}}$ ) ou azote global (NGL). (N. Crini, G. Crini, 2017)



**Figure 05:** Les différentes formes d'azote (N. Crini, G. Crini, 2017)

### 5-3-5-Phosphore total PT

Le phosphore est transféré vers les eaux de surface sous forme d'ions en solution (la seule forme directement assimilable par les végétaux, algues comprises), de composés organiques dissous, et sous des formes associées à des particules (P particulaire).

- **Forme dissoute:** Le phosphore dissous (ou soluble) est présent dans l'eau et la solution du sol sous forme minérale ou organique.
- **Formes minérales:** Ce sont les ions ortho phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) libres ou associés à de la matière organique ou non sous forme de colloïdes, les différents anions de l'acide phosphorique  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  et  $\text{HPO}_4^{2-}$  et les poly phosphates.

- Formes organiques: Les Trioses phosphates, acides nucléiques, phospholipides, acides phosphoriques de sucre et leurs formes dégradées sont les formes organiques du phosphore.
- Formes particulières: Le phosphore particulaire regroupe toutes les formes de phosphore liées aux minéraux, à des débris divers ou incorporées dans les organismes. (S. Guergueb, 2015)

#### 5-4- Autres paramètres

##### 5-4-1-Hydrocarbures

La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis (carburants et lubrifiants), ainsi qu'aux rejets effectués par les navires (marées noires). (F. Mekhalif, 2009).

La mesure des hydrocarbures dans les eaux constitue une opération souvent délicate. En effet, l'échantillonnage est fréquemment hasardeux, particulièrement lorsque les eaux résiduaires ne sont pas prélevées dans un réseau sous pression ou quand elles sont très chargées en huiles. (A. Mizi, 2006)

##### 5-4-2-Micropolluants

Le terme micropolluants désigne un composé minéral ou organique dont les effets sont toxiques à très faible concentration (les teneurs sont évaluées en µg/litre).

Ces micropolluants contaminent les cours d'eau soit:

- par apport direct, par ruissellement, par érosion.
- soit indirectement par la pluie. (C. Braun et al., 2015)

On distingue généralement trois grands groupes de micropolluants : les micropolluants organiques, les micropolluants minéraux et les micropolluants organométalliques.



- Les micropolluants organiques: regroupent plusieurs types de composés contenant un ou plusieurs atomes de carbone.
- Les micropolluants minéraux: sont représentés essentiellement par les éléments traces métalliques (ETM). Les principaux ETM rencontrés dans les eaux sont le cadmium (Cd), l'arsenic (As), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) ...

Les micropolluants organométalliques: sont des molécules mixtes dans lesquelles un ion métallique est lié à un groupement organique (méthyle de mercure, p. ex.). (C. Chalon *et al.*, 2006)

# **Chapitre II:**

## **Impacts de la pollution des eaux sur l'environnement**

**1-Impacts de la pollution des eaux sur l'environnement****1-1- Les mortalités liées aux altérations de la physico-chimie**

Les altérations physico-chimiques sont des modifications des caractéristiques des milieux, comme la salinité, l'acidité ou la température de l'eau. Passé un certain seuil, ces modifications deviennent toxiques pour les organismes vivant dans le milieu.

Parmi tous les paramètres qui constituent la physico-chimie, l'oxygène est particulièrement déterminant pour la faune et la flore. Une quantité d'oxygène dissous trop faible pour assurer la vie des êtres vivants est qualifiée d'hypoxie. L'anoxie est le stade ultime, où il n'y a plus d'oxygène dissous dans l'eau. Les épisodes d'hypoxie peuvent être la conséquence d'un apport trop important de matières organiques (en savoir plus sur les matières organiques). Celles-ci sont dégradées par les bactéries du milieu, qui consomment l'oxygène dissous dans l'eau lors de ce processus. Toutefois, l'hypoxie peut avoir d'autres origines : augmentation de la température de l'eau (l'oxygène étant moins soluble dans l'eau chaude), stagnation de l'eau, rejet d'eau désoxygénée, eutrophisation etc.

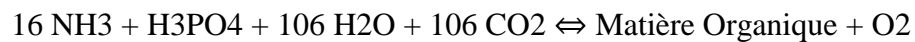
Les phénomènes d'hypoxie et d'anoxie ont de lourds impacts sur la biodiversité, essentiellement du fait des épisodes de mortalités qu'ils provoquent. Les poissons sont particulièrement touchés, mais globalement tous les animaux et les plantes pâtissent d'un manque d'oxygène.

De nombreux autres paramètres physico-chimiques sont déterminants : par exemple, de nombreux organismes d'eau douce (poissons, amphibiens, etc.) ne sont pas capables de survivre à une salinité supérieure à 3 grammes de sel par litre d'eau.

Tous les usages de l'eau et des milieux qui dépendent du vivant peuvent être impactés par les altérations physico-chimiques si elles conduisent à des mortalités : la pisciculture, la conchyliculture, la pêche professionnelle comme la pêche de loisir, etc. (7)

**1-2- L'eutrophisation des milieux:****1-2-1-Définition du terme « eutrophisation »:**

La notion d'eutrophisation se réfère en premier lieu à la croissance algale stimulée par les nutriments. En milieu marin, on peut considérer que le fonctionnement biologique des écosystèmes est régi par un équilibre entre autotrophie et hétérotrophie, contrôlé par les énergies primaire (soleil) et auxiliaires (marées, vents, etc.)

**→ Autotrophie****Hétérotrophie**

La matière organique marine est donc représentée par la formule moyenne  
**(CH<sub>2</sub>O) 106 (NH<sub>3</sub>) 16(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>).**

- ❖ **L'autotrophie** correspond aux processus de photosynthèse permettant l'élaboration de matière organique à partir de sels azotés et phosphorés, de gaz carbonique et d'eau. Il en résulte une production d'oxygène.
- ❖ **L'hétérotrophie** rassemble l'ensemble des processus se déroulant dans le sens inverse de l'autotrophie. La matière organique est oxydée avec consommation d'oxygène et production de gaz carbonique. (**A. Menesguen, 2001**).



**Figure 06:** Aspects visuel de l'eutrophisation (**J. Baudrier et al., 2012**)

L'eutrophisation est donc délicate à manier, puisqu'elle ne désigne pas un état mais l'évolution du milieu vers un état, lui-même défini de manière subjective. Le terme eutrophisation contient donc en germe la dérive de sens qu'il a subi, désignant à la fois les causes et les conséquences de la fertilisation du milieu. Si les causes sont bien identifiées (apport de nutriments), les conséquences sont diverses, ainsi que le montrent les équations chimiques à rappelées plus haut. Au premier niveau on trouve le développement de phytoplancton et de macrophytes. Au second niveau on trouve les conséquences (les nuisances) de ces développements lorsqu'ils deviennent excessifs : gênes directes pour l'utilisation de l'eau ou du domaine aquatique, hypoxie ou anoxie du milieu mortelles pour la faune, poussées d'espèces opportunistes toxiques. (J. Lacaze 1996).

### 1-2-2- Les différents stades de l'eutrophisation:

Les plans d'eau peuvent être classés en fonction de l'état trophique qu'ils présentent. On différencie ainsi plusieurs stades d'avancement dans le processus d'eutrophisation, appelés aussi niveaux (ou états) trophique ou degrés d'eutrophisation.

On retrouve dans cette classification des plans d'eau :

- ❖ **Les lacs « Ultra-Oligotrophe et Oligotrophe »** : (peu nourris), ayant une productivité faible, pauvres en nutriments, mais très oxygénés dans toute leur profondeur, et dont la clarté de l'eau est très bonne.
- ❖ **Les lacs « Mésotrophe »** : qui ont une productivité modérée, et qui correspondent à la catégorie de lacs intermédiaires entre le stade Oligotrophe et eutrophe.
- ❖ **Les lacs « Eutrophe »** : (bien nourris), ayant une forte productivité et une importante biomasse
- ❖ **Les lacs « Hyper-eutrophe »** : qui sont des lacs extrêmement affectés par l'eutrophisation, et dont le fonctionnement est très fortement perturbé.

Chaque lac ayant ses propres caractéristiques, il est souvent difficile d'établir une classification précise des différents types de niveaux trophiques. Il existe

cependant certains outils et modèles qui permettent d'évaluer le niveau d'eutrophisation. (S. Devidal, 2007).

**Tableau 03 :** Les caractéristiques des différents niveaux trophiques des lacs (G.Coutier, 2002).

<b>Caractères trophiques des lacs</b>					
<b>Catégorie</b>	<b>Ultra-Oligotrophe</b>	<b>Oligotrophe</b>	<b>Mésotrophe</b>	<b>Eutrophe</b>	<b>Hypereutrophe</b>
Biomasse	Faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Algueverte et cyanobactérie	Faible	Faible	Variable	Forte	Très forte
Macrophytes	Faible	Faible	Variable	Faible à forte	Faible
Productivité	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Forte/instable
Oxygénation de l'épilimnion	Normale	Normale	Variable	sursaturation	de la sursaturation à une anoxie complète
Oxygénation de l'hypolimnion	Normale	Normale		Sous-saturation	de la sursaturation à une anoxie complete

**1-2-3-Lutte contre l'eutrophisation :**

**1-2-3-1-Les moyens préventifs de lutte**

- L'élimination des apports d'origine domestique,

- utilisons le traitement des eaux usées,
- l'élimination de l'azote et du phosphore.
- La réduction des apports d'origine agricole, on déterminant la fertilisation strictement nécessaire des sols.
- Le traitement ou la déviation des eaux tributaires.

**1-2-3-2- Les moyens curatifs de lutte**

- La désactivation des nutriments,
- L'aération de l'hypolimnion,
- l'activation de la circulation,
- l'augmentation de l'écoulement, effet « chasse d'eau »,
- l'évacuation sélective des eaux hypolimnique,
- l'élévation du niveau d'eau,
- l'abaissement du niveau d'eau et assèchement,
- le dragage, le recouvrement des sédiments,
- décapage ou curage mécanique,
- l'enlèvement des sédiments,
- l'épandage d'argile à la surface de l'eau,
- faucarder et récolter les macrophytes,
- le contrôle chimique,
- l'irradiation ultrasonique des algues,
- les bâches de recouvrement des eaux, les encres spéciales, l'ajout de bactéries, le contrôle biologique (la biomanipulation) et la technique des îles flottantes (**B. Baudot ,2001**).

**2- Impacts de la pollution des eaux sur les êtres vivants****2-1- Des effets toxiques sur les êtres vivants**

Si le terme toxique évoque des cas de pollution graves et spectaculaires, ce sont surtout les effets toxiques à moyen et à long terme qui présentent le plus de danger pour l'homme et son environnement.

Un produit toxique peut toucher les organismes aquatiques de deux manières: soit par contamination directe (absorption ou adsorption), soit par contamination indirecte du fait de la consommation d'espèces contaminées. Dans ce cas, on peut avoir un phénomène de bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire, ce qui représente un risque réel pour l'homme qui se situe toujours en fin de la chaîne.

Si on se réfère à une échelle de temps et d'effets, on peut distinguer:

- **La toxicité aiguë:** dont les effets à court terme apparaissent à la suite d'une exposition de durée brève. Dans le cas des milieux aquatiques, ce sont toujours des mortalités massives donc spectaculaires, de poissons qui sont le plus médiatisées.
- **La toxicité à moyen et à long terme:** qui apparaît pour des expositions de longue durée à des concentrations faibles. Les effets sont variables: altération du développement, de la reproduction, du comportement,...etc. (A.Chahid, 2016).

Les éléments toxiques comprennent l'arsenic, le cadmium, le chrome, le nickel, le plomb et le mercure ; ils constituent les éléments traces métalliques et sont généralement définis comme des métaux lourds. Trois de ces métaux (cadmium, plomb, mercure) ont été identifiés comme des "substances dangereuses prioritaires". (E.Hounsounou et al., 2016).

### **2-1-1- La toxicité par les métaux lourds**

#### **2-1-1-1- Toxicité de cadmium(Cd)**

Les divers composés du cadmium présentent des effets toxiques variables selon leur solubilité, et donc leur facilité d'assimilation par l'organisme. (A. Chahid, 2016).



**2-1-1-1-1- Toxicité pour les poissons**

Lors d'intoxication chronique (de 1 à 5 µg/L), le cadmium induit de nombreux effets physiologiques indésirables, une diminution de croissance et de survie des alevins, un équilibre ionique et une fonction immunitaire altérés, des dommages oxydatifs, tissulaires et squelettiques et enfin une perturbation endocrinienne jouant sur la reproduction.

Le cadmium a également un impact négatif sur la reproduction, en particulier la fécondité, même à des concentrations basses identiques aux concentrations environnementale.

Des expositions au cadmium juste après éclosion ont montré une diminution considérable de la survie embryonnaire ainsi qu'une augmentation du taux de malformations larvaire. (**A. Le Bivic, 2017**).

**2-1-1-1-2- Toxicité pour l'homme**

C'est un cancérigène pour l'homme (classé dans le groupe 1 par l'IARC). Ses principaux effets toxiques sont des atteintes de la fonction rénale. La néphrotoxicité se caractérise en premier lieu par une dégénérescence et une atrophie des tubules proximaux, diminuant la résorption tubulaire, et une micro-protéinurie. (**A. CHAHID, 2016**)

**2-1-1-2- Toxicité de plomb (Pb)**

Le plomb (Pb) est un métal omniprésent dans l'environnement, il est très facilement dissous par des acides faibles contenus dans les eaux dites agressives ou dans l'alimentation (**S. El Kettani et al., 2010**). L'empoisonnement au plomb est connu depuis le temps des romains. (**N.Bouamrane, 2008**).

**2-1-1-2-1- Toxicité pour les poissons**

Le plomb est absorbé par les branchies où il s'accumule avant d'atteindre le foie, les reins et les os. Macroscopiquement, une intoxication au plomb chez un poisson est mise en évidence par un noircissement de la région caudale de la queue voire une scoliose lors d'imprégnation importante et prolongée. L'exposition au plomb des poissons au stade d'œuf peut donner naissance à des alevins déjà atteints de scoliose irréparable. Le plomb n'aurait par contre aucun effet sur les fonctions reproductrices des poissons ni sur la capacité d'éclosion des alevins. (A. LE Bivic, 2017).

#### **2-1-1-2-2- Toxicité pour l'homme**

Le saturnisme désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb. Les principaux organes cibles sont : le système nerveux, les reins et le sang. D'après une étude récente réalisée par l'ANSES, l'exposition chronique au plomb provoque une toxicité rénale chez les adultes, et une neurotoxicité chez les jeunes enfants. Le plomb bloque plusieurs enzymes nécessaires à la synthèse de l'hémoglobine. Ces effets sanguins aboutissent à une diminution du nombre des globules rouges et à une anémie.

L'administration de fortes doses de plomb a induit des cancers du rein chez de petits rongeurs. En revanche, il n'a pas été mis en évidence de surmortalité par cancer dans les populations exposées au plomb.

L'intoxication aiguë est rare. L'intoxication habituelle est liée à une exposition chronique.(A. Chahid, 2016).

#### **2-1-1-3- Toxicité de mercure (Hg)**

La toxicité du mercure est établie depuis l'Antiquité. Le mercure est un métal très réactif dans le milieu où il se trouve (température, composition chimique...). Il peut former dans l'organisme des liaisons avec les molécules de la cellule vivante (acides nucléiques, protéines...), ce qui entraîne la modification de leur structure ou l'inhibition de leurs activités biologiques. (A. Chahid, 2016)

**2-1-1-3-1- Toxicité pour les poissons**

L'imprégnation des poissons sauvages par le MeHg se fait par consommation de zooplancton ou de petits poissons contaminés, mais également au contact direct des sédiments. Cette intoxication induit un stress oxydatif hépatique. Or le stress oxydatif est lié à une diminution de la production d'hormones stéroïdiennes sexuelles. Par conséquent, l'imprégnation au mercure des poissons sauvages peut causer une toxicité hépatique et inhiber leurs capacités à se reproduire. **(A. LE Bivic, 2017)**

**2-1-1-3-2- Toxicité pour l'homme**

Le mercure est à l'origine de maladies professionnelles. L'intoxication par le mercure est appelée l'hydrargie ou hydrargyrisme, elle se caractérise par des lésions des centres nerveux se traduisant par des tremblements, des difficultés d'élocution, des troubles psychiques etc.

Le mercure est le seul élément chimique dont l'introduction dans le milieu marin par l'activité humaine ait entraîné la mort de l'homme

En dehors du milieu professionnel, le mercure est repéré comme un élément toxique, et plus particulièrement néphrotoxique, (agissant sur les reins), et neurologique. Les symptômes sont des troubles mentaux plus ou moins graves, une salivation excessive (ptyalisme), des douleurs abdominales, des vomissements, de l'urémie (accumulation d'urée liée à une insuffisance de la fonction rénale).**(A.Chahid, 2016).**

**2-1-2-La circulation des polluants dans la chaîne alimentaire:**

Les populations denses de micro biote et les petits animaux habitants la couche de surface aquatique sont la base d'une chaîne alimentaire vaste. **(J .Hardy, 1991).**

Les matières toxiques peuvent s'accumuler dans les sédiments et affecter les organismes qui y vivent, peuvent s'accumuler en suite dans les poissons qui s'en

---

nourrissent ; donc remonter dans les niveaux trophiques et causer des problèmes le long de la chaîne alimentaire (**N. Benson, 2008**).

L'accumulation des produits chimiques dans les tissus par les organismes détritivores peut en principe endommager les processus des sols et la biodiversité locale indirectement si leurs activités et leurs démographies sont compromises, et directement si les résidus sont transférés par lombrics aux organismes occupants différents niveaux trophiques (**J. Morgan, S. Richard, A. Morgan, 2001**).

La bioaccumulation se produit quand une portion de métal est conservée par l'organisme. Le terme bioaccumulation décrit un processus actif dans lequel la prise de métal est contrôlée métaboliquement. (**T. Skowrońska, 2001**).

Cependant, la biodisponibilité des métaux lourds, leur accumulation et leur toxicité pour le biote aquatique dépendent essentiellement de nombreuses variables environnementales (**B. Skowrońska, 2002**).

Les métaux lourds peuvent s'accumuler dans les boues et lits des rivières et des lacs, pour être rediffusés peut-être plusieurs années plus tard, par l'action d'une perturbation. (**S. Gaamoune, 2010**). Dans la mer et les eaux continentales, il existe également des associations entre les algues et les micropolluants métalliques (quand les métaux ne sont pas directement accumulés par les algues, ils sont souvent complexés par leurs métabolites extracellulaires) (**B. Garban et al., 1999**).

Les principaux processus de contrôle des concentrations de la plupart des métaux semblent être l'adsorption sur les particules d'origines biologiques (**P. Wangersk, 1986**). Les ions métalliques sont adsorbés d'abord à la surface des cellules par l'interaction entre les ions métalliques et les groupes fonctionnels des métaux tels que les carboxyles, les phosphates, les hydroxyles, les amines, les sulfures, les thiols... etc. Présents dans la paroi de la cellule, puis ils pénètrent dans la membrane cellulaire et entrent à l'intérieur des cellules (**J. Wang, C. Chen, 2006**) lorsque leur concentration extracellulaire est plus élevée que la concentration intracellulaire.

En revanche, plusieurs mécanismes possibles ont été proposés pour souligner leur transport (**R. Zalups, 2003**) en résumant les stratégies d'accumulation dans lesquels les ions métalliques essentiels et non essentiels peuvent subir différents processus (**J. Wang, C. Chen, 2006**) (les ions métalliques sont compartimentés dans différents organites subcellulaires).

Les interactions des métaux lourds dans les systèmes aquatiques sont compliquées en raison changements possibles dues aux nombreux éléments dissous et des particules plus les conditions non stables.

En outre, diverses espèces de bactéries peuvent oxyder l'arséniate ou réduire l'arséniate en arsénite, ou oxyder le fer ferreux en fer ferrique, ou de convertir l'ion mercurique en mercure élémentaire ou l'inverse.

Divers systèmes enzymatiques dans les organismes vivants peuvent effectuer une biométhylation d'un certain nombre des métaux lourds. Des facteurs environnementaux comme le changement de la réactivité chimique et de la spéciation des métaux lourds, influent non seulement sur la mobilisation, le transport et la biodisponibilité, mais aussi sur la toxicité des ions des métaux lourds envers le biote d'eau douce et des écosystèmes marins.

❖ **Les facteurs influant sur la toxicité et la bioaccumulation des métaux lourds par les organismes aquatiques comprennent:**

- 1) Les caractéristiques chimiques de l'ion.
- 2) Les conditions des solutions qui affectent la forme chimique (spéciation) de l'ion.
- 3) La nature de la réaction, tels que la toxicité aiguë, la bioaccumulation et les divers types d'effets chroniques, etc.
- 4) La nature et l'état des animaux aquatiques tels que l'âge ou le stade de vie, l'espèce ou le niveau trophique dans la chaîne alimentaire. (**M. D'itri Frank, 2003**).

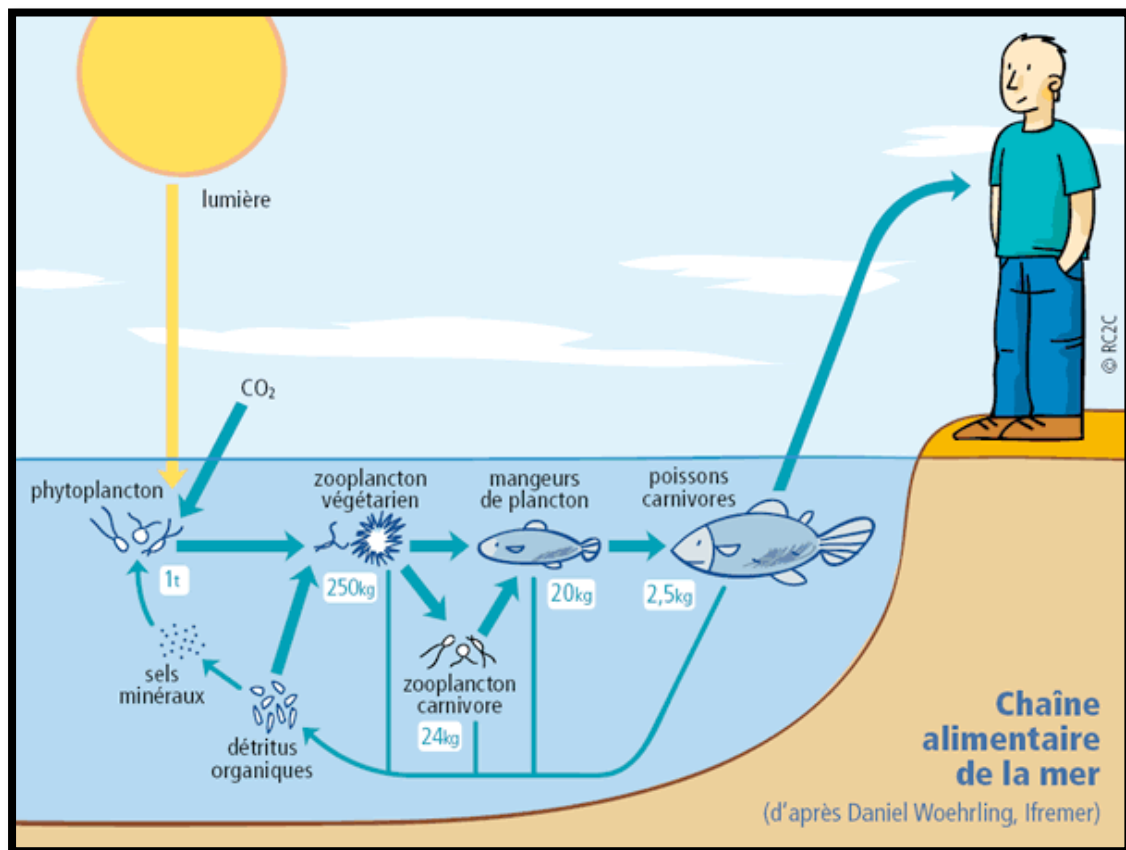


Figure 07: La chaîne alimentaire aquatique (H. Roche, M. Girondot, 2010)

## 2-2- Les perturbations endocriniennes

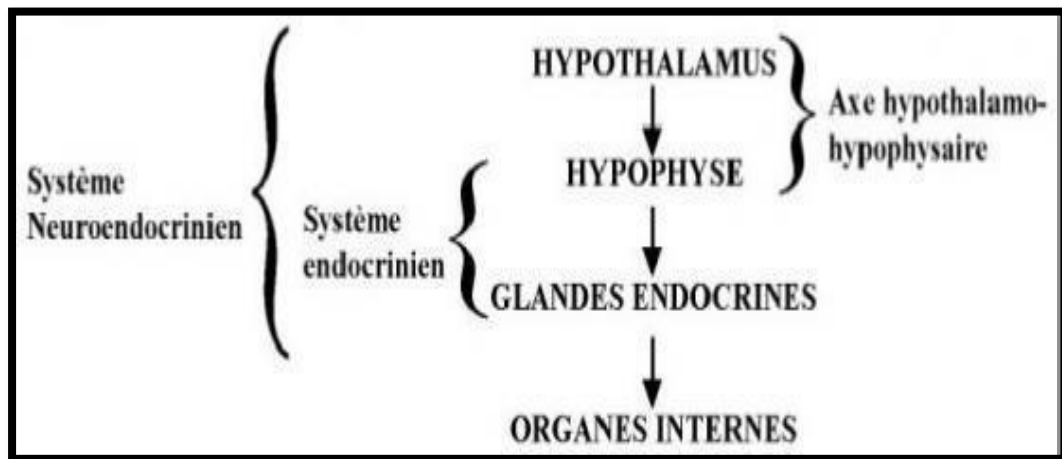
### 2-2-1- Définition

Les molécules agissant directement ou indirectement sur le système endocrinien sont appelées des perturbateurs endocriniens. D'une manière plus formelle, un perturbateur endocrinien se définit comme un agent exogène qui interfère avec la synthèse, la sécrétion, la liaison, l'action, ou l'élimination des hormones naturelles responsables de l'homéostasie, de la reproduction, du développement ou du comportement d'un organisme. (M. Babut *et al.*, 2008)

Le système endocrinien est, avec le système nerveux, un moyen de communication pour l'organisme. Il permet de répondre aux besoins spécifiques de chaque situation : besoins énergétiques, régulation de la température, réponse à un

stress, maturation des gamètes pour la reproduction, grossesse, développement du fœtus puis de l'enfant.

Il comporte des organes sécréteurs, les glandes endocrines, qui synthétisent et libèrent les hormones directement dans le sang ou dans la lymphe. (C. Ramond, 2019)



**Figure 08:** Le fonctionnement du système endocrinien(C. Ramond, 2019)

## 2-2-2- Conséquences d'exposition au PE

### 2-2-2-1- Effets des PEs sur l'homme

Parmi les perturbateurs endocriniens, on trouve des substances produites intentionnellement pour leur effet hormonal : c'est le cas des médicaments pour la contraception, contenant des œstrogènes et des progestatifs, mais aussi des hormones thyroïdiennes prescrites pour pallier un déficit thyroïdien ou de certains autres traitements comme le tamoxifène qui agit comme antagoniste des récepteurs aux œstrogènes dans le traitement du cancer du sein. Les personnes à qui sont prescrits ces médicaments sont donc des personnes qui ont soit un déficit hormonal ou des personnes pour lesquelles le bénéfice est supérieur aux risques de ce traitement.

Cependant, ces hormones rejetées dans l'environnement par les urines et les matières fécales, se retrouvent dans les eaux usées et entraînent une exposition indirecte du reste de la population. Les stations d'épuration ne sont en effet pas

---

équipées pour filtrer ces molécules. Les quantités d'œstrogènes rejetées par les femmes sous traitement contraceptif ont été quantifiées par Johnson *et al.* (2000) et Johnson et Williams (2004). Ils estiment qu'en moyenne les doses d'éthinylestradiol (EE) présentes dans les pilules est de 35 µg. La plupart des femmes prennent la pilule trois semaines sur quatre, ce qui fait une moyenne journalière de 26 µg/jour d'EE sécrété. 30 % de cette dose est sécrétée dans les matières fécales et 27 % dans les urines

La libération des perturbateurs endocriniens depuis les stations d'épuration devrait être réduite de manière significative. Une fraction importante de la pollution provient des hormones stéroïdiennes sécrétées par l'homme, et le contrôle de celles-ci ne peut pas être facilement régulé. Par conséquent, des améliorations technologiques dans le traitement des eaux usées pour éliminer ces hormones ainsi que d'autres perturbateurs endocriniens sont nécessaires. Toutefois, lorsque cela est possible pour les substances artificielles, la priorité devrait être donnée à la prévention de la dissémination plutôt qu'à des solutions de bout de chaîne. (A. Riou, 2016)

Les effets de l'exposition à de faibles doses des PEs sur la santé humaine sont sujets à controverse. Un certain nombre d'affections sont aujourd'hui suspectées d'être la conséquence de l'exposition à ces substances: altération des fonctions de reproduction et cancers hormono-dépendants notamment. De nombreuses études épidémiologiques ont montré une augmentation des malformations génitales chez les garçons (cryptorchidie, hypospadias), des cancers testiculaires et une diminution de la fertilité masculine.

Les résultats d'une étude épidémiologique américaine parue dans *Environmental Health Perspectives* réalisée chez 1559 fillettes aboutie à des taux significativement élevés de phénols, phtalates et phyto-œstrogènes de nature à perturber le développement pubertaire et d'autre part à entraîner un risque de complication plus tard dans la vie notamment de cancer du sein.

Progressivement la recherche a commencé à ouvrir de nouvelles perspectives concernant le développement neuro- cognitif, de nombreux travaux récents indiquent



que l'exposition à certains PE pendant la période périnatale a des conséquences sur le développement neurologique et cognitif. Cela peut bien entendu être lié aux récepteurs stéroïdiens, mais d'autres cibles sont à envisager comme la fonction thyroïdienne ou l'homéostasie des neurotransmetteurs, voire d'autres mécanismes développementaux. Un autre système s'est aussi révélé être une cible privilégiée des PE c'est le système immunitaire, avec divers impacts sur l'immunosuppression, les maladies auto-immune, les allergies et l'inflammation. **(R. Ben Sgaier, 2017)**

#### **2-2-2-2- Effets des PE sur la faune**

Des perturbations du système endocrinien ont été rapportées dans presque toutes les classes de vertébrés, y compris des mammifères, les oiseaux, les reptiles et les poissons. Comme le système aquatique est le réceptacle ultime de la plupart des produits chimiques libérés dans l'environnement, les espèces aquatiques dont les poissons sont des modèles couramment utilisés pour la biosurveillance des écosystèmes. Parmi les effets des perturbateurs endocriniens, des altérations du système reproducteur ont été signalés dans différentes espèces de poissons d'eau douce dans le monde entier avec des impacts tels que des taux plasmatiques anormaux de stéroïdes et vitellogénine (VTG), un succès de reproduction réduit, une fonction neuroendocrine altérée, l'apparition d'ovocytes dans les testicules des poissons mâles, et une croissance altérée des testicules et des ovaires. **(DIESE, 2013)**

Les invertébrés sont également vulnérables aux effets des perturbateurs endocriniens. Le Tributylétain, un ingrédient utilisé dans les peintures antisalissures appliquées sur les coques des navires a eu pour conséquence la formation d'organes sexuels masculins chez les mollusques femelles, se traduisant par une diminution de leur population. Plus récemment, il a été démontré que le bisphénol A, un produit chimique industriel, et les substances anti-UV utilisées dans les crèmes solaires entraînent une augmentation de la production d'œufs chez les escargots aquatiques.

Les conséquences de telles anomalies pour l'équilibre et le bien-être de l'ensemble des écosystèmes ne sont pas encore prévisibles, mais la gravité des effets

observés indique un impact potentiel des perturbateurs endocriniens sur la biodiversité de la faune sauvage. **(A. Riou, 2016)**

Les premiers touchés sont les poissons vivant dans ces eaux polluées. Le chercheur britannique Charles Tyler estime qu'en 2017 un poisson sur cinq serait devenu transgenre à cause de cette pollution. Les poissons mâles possèdent désormais des attributs féminins et se sont mis à produire des œufs, leur sperme est d'une moins bonne qualité. Il faut noter que les pilules contraceptives ne sont pas les seules à contaminer ces eaux, on y trouve de nombreux autres xénoestrogènes notamment des pesticides. **(C. Ramond, 2019).**

Les conséquences pourraient se traduire par des impacts défavorables sur des populations entières de poissons, comme cela a été démontré dans des études récentes en laboratoire sur plusieurs espèces de poissons. **(A. Riou, 2016).**

### **2-3- La contamination microbiologique des êtres vivants**

L'eau, essentielle à la survie de tous les êtres vivants, véhicule nombre de microorganismes **(P. Parveau, 2011)**, qui comprennent par ordres croissant de taille : les virus, les bactéries les protozoaires et les helminthes **(A. Laabassi, 2016)**.

Ces organismes peuvent engendrer des maladies parfois graves lorsqu'ils pénètrent dans le corps humain.

L'eau est le vecteur de transmission privilégié de ces maladies que l'on dit hydriques. L'eau insalubre tue plus que la guerre. On estime qu'elle est responsable de la mort de 8 millions de personnes par an dans le monde **(P. Parveau, 2011)**.

En effet, des bactéries et des virus potentiellement pathogènes pour l'homme, d'origine entérique, ont été retrouvés dans des eaux et des coquillages. Ces microorganismes ont été impliqués dans des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC2) lors de la consommation de coquillages contaminés ou dans des infections

liées à la consommation d'eaux contaminées ou lors de baignades. (**M. Gourmelon, 2014**)

### **2-3-1- Les virus**

Sont des microorganismes infectieux de très petite taille (10 à 350 nm) qui se reproduisent en infectant un organisme hôte. (**A. Laabassi, 2016**). Ce sont des agents pathogènes nombreux et divers ayant pour cibler l'homme, l'animal, la plante et les bactéries, tels que les entérovirus (virus de l'hépatite, ex: hépatite de virus A, maladie transmissible par l'eau ou par les aliments souillés). (**N. Bouamrane, 2008**).

Les virus peuvent se maintenir longtemps dans le milieu extérieur. En effet, ils sont capables de rester longtemps virulents dans le milieu hydrique, non seulement dans les eaux de surfaces mais également se retrouver dans les eaux d'alimentation d'où des risques de contamination humaine au niveau des eaux de baignade, d'aquaculture, d'alimentation et lors d'utilisation des boues en agriculture. (**N. Bouamrane, 2008**)

Les virus abondent dans le milieu aquatique aussi bien dans les eaux douces que marines. Cependant, les virus du milieu hydrique présentant un intérêt direct en santé humaine et capables de provoquer des infections chez l'homme sont ceux qui sont excrétés dans les selles d'individus infectés (**L. Schwartzbrod, 2000**).

### **2-3-2- Les bactéries**

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0.1 et 10 µm.

Parmi les plus communément rencontrées, on trouve les salmonelles dont on connaît plusieurs certaines de sérotypes différents, dont ceux responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Des germes témoins de contamination fécale sont communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau ce sont les coliformes thermotolérants (**A. Laabassi, 2016**), la présence des

coliformes fécaux pourrait être le reflet du niveau de pollution de l'eau et des habitudes alimentaires des poissons (**A. Drapeau, S. Jankovic, 1977**).

Le pouvoir pathogène d'une bactérie est soit spécifique (il engendre des pathologies spécifiques), soit opportuniste (il ne s'exprime que sur des individus affaiblis). L'ingestion est la voie de contamination majoritaire (**A.EL Attiffi, 2011**).

### **2-3-3- Les protozoaires**

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires eucaryotes, plus complexes et plus gros que les bactéries. Leur taille varie de quelques microns à quelques millimètres (**A.EL Attiffi, 2011**), qui ingèrent, soit des bactéries, soit directement la matière organique (**N. Bouamrane, 2008**).

Les protozoaires se trouvent essentiellement dans les eaux marines, où ils forment une part importante du plancton et dans les eaux douces, spécialement dans les eaux riches en matières organiques (**N. Bouamrane, 2008**).

Certains protozoaires adoptent au cours de leur cycle de vie une forme de résistance, appelée kyste. Cette forme peut résister généralement aux procédés de traitements des eaux usées. (**M. Metahri, 2012**)

L'homme se contamine essentiellement par ingestion de kystes à partir de l'eau de boisson, moins souvent par les aliments souillés, ou par contact féco-oral direct ou manu porté (**Anofel, 2014**).

### **2-3-4- les helminthes**

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, ce sont majoritairement des organismes parasites (**A. Laabassi, 2016**).

Il peut s'agir de vers plats (plathelminthes), ou ronds (némathelminthes), qui comprennent de nombreuses formes de parasites souvent à l'origine de maladies très graves. Ce sont pour la plupart, des vers intestinaux, rejetés avec les matières fécales animales ou humaines (souvent sous forme d'œufs très résistants).

La contamination se fait par voie digestive lors de l'absorption d'eau contaminée par des œufs ou des larves, ou alors par voie transcutanée c'est à dire, par fixation puis pénétration de larves à travers la peau (**A.EL Attifi, 2011**).

#### ❖ **Les indicateurs de contamination**

Dans les milieux aquatiques, la détection de tous les pathogènes potentiels est très difficile et incertaine en raison de :

- la très grande variété et diversité des microorganismes pathogènes qui peuvent être présents dans l'eau (virus, bactéries, protozoaires...).
- la faible concentration de chaque espèce de pathogènes qui oblige à concentrer de très grands volumes d'eau pour les détecter.
- l'inexistence de méthodes standardisées et rapides pour la détection de tous ces micro-organismes pathogènes.

Ces indicateurs ou bactéries indicatrices de contamination n'ont pas nécessairement par eux-mêmes un caractère pathogène, mais leur présence indique l'existence d'une contamination par des matières fécales. (**J. Mouchel, G. Bille, 2009**)

### **3- Les maladies liées à la pollution des eaux (Les maladies à transmission hydrique (MTH))**

Les eaux contaminées consommées par les populations contiennent des microorganismes banals et pathogènes sources de plusieurs maladies hydriques (choléra, dysenterie, diarrhée, fièvre typhoïde). (**A. Adjagodo et al., 2016**).

Les maladies à transmission hydrique (appelées également maladies des mains sales ou maladies des canalisations) constituent un groupe de maladies à allure épidémique, dont la symptomatologie est le plus souvent digestives (diarrhées, vomissements...) et dont la nature et la propagation sont liées à divers facteurs, comme la mauvaise qualité de l'eau, le manque d'hygiène et la pauvreté. (M. Taleb, 2006)

**Tableau 04:** Maladies à transmission hydrique et leurs agents responsables (F. Saidani, S. Hammadi, 2017).

Origine	Maladie	Agents
Bactérienne	Fièvre typhoïde et paratyphoïde	- <i>Salmonella typhi</i> - <i>Salmonella paratyphi A et B</i>
	Cholera	<i>Vibrion cholera</i>
	Gastro-entérites aiguës et diarrhées	- <i>E.Coli, entérotoxigène,</i> - <i>Campylobacter jejuni/coli,</i> - <i>Verisiniaenterocolitica</i> - <i>Salmonella sp</i> - <i>Shiguellasp</i>
Virale	Hépatites A et E	<i>Virus hepatite A et E</i>
	Poliomyélite	<i>Virus poliomyethitique</i>
	Gastro-entérite aiguës et diarrhées	<i>Virus de Norwalk</i> - <i>Rota virus</i> - <i>A strovirus</i> - <i>Calicivirus</i> - <i>Enterovirus</i> - <i>Adenovirus – reovirus</i>
Parasitaire	Amibiase	- <i>Entamoeba histolytica,</i>
	Gastro-entérites	- <i>Giardia lamblia</i> <i>cryptosporidium</i>

### 3-1- Maladie d'origine bactérienne

#### 3-1-1- Choléra

Le choléra est une maladie diarrhéique provoquée par une infection bactérienne des intestins (E. Lamond, J. Kinyanjui, 2012), que sont des sérogroupes toxigènes de la bactérie *Vibrio cholerae*, qui peut causer une déshydratation rapide et la mort. (OMS, 2018)

##### 3-1-1-1-Mode de transmission

- Consommation d'eau contaminée
- Consommation d'aliments (fruits et légumes) contaminés :
  - ✓ Par l'eau
  - ✓ Par la fumure (selles humaines)
  - ✓ En cours de préparation (riz, millet, vendeurs ambulants)
- Contamination indirecte (mains sales). (OMS, ONUSIDA, 2002)

##### 3-1-1-2- Symptômes

La Cholérine est caractérisée par les symptômes suivants, lesquels néanmoins n'arrivent pas toujours dans le même ordre, ni tous à la fois, ni tous exactement de même chez divers individus :

- bruits et mouvements dans les intestins.
- douleurs de ventre, diarrhée généralement bilieuse.
- sensation de malaise et de faiblesse.
- perte d'appétit.
- blancheur de la langue.
- quelquefois mal de tête et souvent envies de vomir. (M. Donellet *al.*, 1866)

**3-1-1-3- Traitement**

Le traitement du choléra consiste essentiellement à compenser les pertes d'eau et d'électrolytes par réhydratation orale ou intraveineuse selon la gravité de la déshydratation. Cette gravité est classé en nulle, modérée ou sévère. Cette réhydratation d'urgence entraîne une amélioration clinique rapide.

Elle s'effectue en deux phases :

- l'apport de liquides pour remplacer le volume déjà perdu
- le maintien de l'hydratation pour remplacer les pertes de fluides en cours.

Ce traitement seul suffit à guérir du choléra car les défenses immunitaires sont capables d'éliminer complètement le germe en quelques jours. **(N. Daoudi, 2017)**

**3-1-1-4- Prévention****❖ Utilisation des vaccins anticholériques**

La vaccination préventive pour contribuer à prévenir d'éventuelles flambées épidémiques ou la propagation des flambées en cours à de nouvelles zones. **(J. Dunoyer, 2013)**

Les vaccins doivent toujours être utilisés, en combinaison avec d'autres mesures de prévention. **(P. Aubry, B. Gauzere, 2020).**

**❖ Mesures d'hygiène et développement de l'éducation sanitaire.**

La prévention du choléra repose avant tout sur l'élévation du niveau d'hygiène. La chimio prophylaxie n'a qu'une efficacité limitée dans le temps et est inductrice de résistances. **(P. Aubry, B. Gauzere, 2020)**

Il faut appliquer les mesures d'hygiène et assainissement recommandées dans le cadre de la lutte contre le choléra: **(O. Traore, 2008)**

- Sensibilisation de la population.
- Approvisionnement en eau en quantité suffisante (minimum, 20 litres par jour et par personne) et en qualité.
- Assainissement et hygiène : contrôle des latrines et des déchets, distribution de savons, contrôle des marchés et inhumation des cadavres.



- Mesures curatives : traitement, désinfection de tout ce qui a pu être en contact avec une personne infectée. (J. Chastanetet *al.*, 2014)

### 3-1-2- Gastro-entérites

La gastro-entérite est une inflammation de la muqueuse de l'estomac ou de l'intestin. Elle entraîne des troubles digestifs aiguës (P. Beaudreau, 2012). En général d'origine infectieuse, se traduisant le plus souvent par une diarrhée aiguë. La diarrhée se définit par une augmentation du volume des selles, conséquence d'une déficience de l'absorption de l'eau et des électrolytes au niveau de l'intestin. (F. Touzani, 2010)

Elle est dite aiguë (GEA) si les symptômes évoluent depuis moins de sept jours. (C. Bergerot, 2017)

Des bactéries (*Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Escherichia coli* O157:H7, *Clostridium difficile*), des virus (*Caliciviridae*, Rotavirus, Adénovirus entériques, Astrovirus, Coronavirus, Torovirus) et des protozoaires (*Giardia*, *Cryptosporidium* et *Entamoeba histolytica*) sont une cause commune d'infection entérique aiguë chez des enfants et adultes des pays développés. (M. Gourdeau et *al.*, 2005)

#### 3-1-2-1- Modes de transmission

Les infections entériques sont souvent transmises indirectement suite à des contacts avec des surfaces contaminées par les agents pathogènes contenus dans les selles. Le rôle du portage par les mains est primordial et prend une place particulière chez les enfants à travers la transmission mains-bouche. De plus, les enfants de moins de 5 ans sont en contact avec de nombreuses surfaces potentiellement contaminées par les mains: zones de changement des couches, sols, jouets. Les organismes pathogènes restent actifs sur ces surfaces de quelques heures à quelques jours, voire plusieurs semaines. La transmission par voie aérienne des infections digestives n'a pas été démontrée de façon formelle. (A. Sacri, 2014)

### 3-1-2-2- Symptômes

- Nausées.
- Vomissements.
- Crampes abdominales.
- Douleurs abdominales.
- Diarrhée.
- Déshydratation.
- Fièvre et céphalées. (C. Bergerot, 2017)

### 3-1-2-3- Traitement

#### ❖ La réhydratation orale

La réhydratation orale (oral rehydration therapy, ORT) consiste à administrer des liquides appropriés par la bouche pour prévenir ou corriger une déshydratation, conséquence de la diarrhée. La réhydratation orale est efficace et d'un bon rapport coût efficacité pour le traitement de la gastroentérite aiguë

Les solutions de réhydratation orale (SRO), utilisés pour la réhydratation orale, contiennent des quantités spécifiques de sels importants pour compenser ceux perdus dans les selles diarrhéiques. (M. Farthing *et al.*, 2012)

#### ❖ Les antibiotiques

La plus part des cas de GEA étant d'origine virale, le recours à un traitement antibiotique n'est pas systématique. De plus l'évolution des diarrhées bactériennes est généralement spontanément favorable.

L'objectif de l'antibiothérapie est de:

- diminuer l'intensité de la diarrhée et sa durée,
- réduire les risques de diffusion bactériémique surtout aux âges extrêmes de la vie et chez les immunodéprimés,

- limiter l'intensité de l'excrétion fécale en phase aiguë afin d'éviter la transmission interhumaine. (P. Morel, 2012)

#### ❖ Les anti-diarrhéiques

Le Lopéramide est l'anti diarrhéique le plus connu mais aussi l'un des plus efficaces, grâce à son effet anti sécrétoire et sa faculté à ralentir le transit colique. D'action très rapide et durable, il est indiqué dans le traitement symptomatique des diarrhées aiguës. (H. Lokman, 2019)

#### 3-1-2-4- Prévention

Les mesures de prévention en garderie évoquées dans la littérature se basent sur les recommandations de l'AAP (American Association of Pediatrics) qui suivent les axes suivants :

- Bonne hygiène des mains et bonne hygiène personnelle des enfants ainsi que du personnel.
- Aménagements, équipements adaptés et procédures définies pour le change des couches, la toilette des enfants.
- Vaccination adaptée des enfants et du personnel.
- Exclusion des enfants malades ou à risque de transmission d'infection.
- Désinfection adaptée et régulière des surfaces.
- Définition de règles concernant la préparation et le stockage des aliments.
- Communication régulière entre les parents, consultants en santé publique et les autorités de santé publique.(A.Sacri, 2014)

#### 3-1-3- Fièvre typhoïde et paratyphoïde

La fièvre typhoïde (du grec tymphos, torpeur) ou typhus abdominal est une maladie infectieuse, causée par une bactérie de la famille Entérobactérie, du genre des salmonelles, et dont les espèces responsables sont: *Salmonellaenterica - typhi* ou

*paratyphi A, B, C* -. *Salmonella enterica typhi* est encore appelée bacille d'Eberth.  
(N. Jamaï, F. Kouider, F. Halilem, 2010)

### 3-1-3-1-Mode de transmission

La fièvre typhoïde est, par excellence, une maladie du péril fécal. La transmission peut être directe interhumaine, mais le plus souvent indirecte à partir d'aliments (ou d'eau) contaminés.

- **Contamination directe:** La contamination directe joue un rôle restreint dans la propagation de la maladie (environ 5%). Elle a un lieu dans l'entourage des typhiques par les selles ou le linge souillé.
- **Contamination indirecte:** La contamination est très souvent indirecte. En effet, quoique relativement fragiles, les bacilles typho-paratyphiques survivent quelques temps dans le milieu extérieur et diffusent avec facilité.
- ✓ **L'eau :** elle est le vecteur fondamental des salmonelles émises par les porteurs
- ✓ **La glace :** elle permet la survie des germes qui peuvent être contenus dans l'eau ayant servi à la préparation.
- ✓ **Les coquillages :** (moules, huîtres et autres fruits de mer), le plus souvent sont infectés avant leur récolte par l'intermédiaire de l'eau de mer.
- ✓ **Le lait consommé cru et ses sous-produits** (fromages frais, beurre, crèmes fraîches, crèmes glacées) peuvent également provoquer la fièvre typhoïde.
- ✓ **Les légumes et les fruits** sont contaminés par la pratique de l'épandage (contamination par des engrais).
- ✓ **Les mouches** par leur rôle de vecteur, transportent les germes des matières fécales humaines aux aliments. (M. Stitou, 2019)

### 3-1-3-2- Symptômes

La fièvre typhoïde se traduit par :

- une fièvre, souvent continue.
- des maux de tête.
- de l'anorexie.
- de l'abattement ("tuphos").

- des douleurs abdominales avec diarrhée ou constipation.
- une splénomégalie.
- une bradycardie relative.
- parfois une éruption cutanée maculaire sur le tronc ou l'abdomen.
- une somnolence. (**Santé Publique France,2017**)

### 3-1-3-3- Traitement

La gestion de la fièvre typhoïde vise à éliminer l'infection, à restaurer les fluides et les déficits nutritionnels, et à surveiller les complications dangereuses chez les patients. L'antibiothérapie est utilisée dans le but de raccourcir la durée de la maladie et de réduire les complications de la fièvre typhoïde.

Le Chloramphénicol, autrefois utilisé dans le traitement de la typhoïde dans les années 50, est aujourd'hui remplacé par les fluoroquinolones, et d'autres antibiotiques tels que les céphalosporines de la 3<sup>ème</sup> génération et l'Azitomyacin. Ce changement est dû à une résistance observée chez les individus à l'utilisation de ce médicament. (**V. Musac, 2009**)

### 3-1-3-4- Prévention

- **Mesures générales:** La prévention repose sur l'accès à l'eau potable et la manipulation sécurisante des aliments. L'éducation sanitaire est primordiale pour sensibiliser le public et induire un changement de comportement. (**M. Stitou, 2019**)
- ✓ **L'eau:** La prévention la plus importante pour éviter la propagation de la maladie est la mise en place d'un traitement des eaux. (**M.CHAPAND, 2015**)
- ✓ **La sécurité alimentaire:** La manipulation appropriée des aliments est primordiale et les mesures d'hygiène de base suivantes doivent être mises en œuvre ou renforcées au cours des épidémies.
- ✓ **Assainissement:** Des installations appropriées pour l'élimination des déchets humains doivent être disponibles pour toutes les communautés, la collection et

le traitement des eaux usées, en particulier pendant la saison de pluies, doivent être mis en œuvre. **(M. Stitou, 2019)**

- **Vaccination:**

Un vaccin efficace et sans danger permet de se protéger contre la fièvre typhoïde, de protéger son entourage et de lutter contre les résistances aux antibiotiques. **(F. Ajami, 2018)**

La vaccination est recommandée aux adultes et aux enfants de plus de 2 ans séjournant dans des pays endémiques de manière prolongée ou dans de mauvaises conditions d'hygiène. Elle ne se substitue pas aux mesures de précautions vis-à-vis de l'eau et des aliments. La vaccination et un rappel tous les trois ans sont obligatoires **(L. Tchamo, 2014)**

### **3-2- Maladie d'origine virale**

#### **3-2-1- Hépatite A**

L'hépatite virale A est une infection systémique atteignant préférentiellement le foie, due à un hépatovirus : le virus de l'hépatite A. **(K. Sfar, 2020)**

##### **3-2-1-1- Mode de transmission**

La transmission du virus est exclusivement féco-orale. La contamination est habituellement sporadique dans les pays développés, elle est alors le plus souvent directe (contact familial, collectivités, promiscuité). Dans les pays peu ou sous-développés, la contamination peut être épidémique, elle est alors plutôt indirecte, par souillure de l'eau, assainissement insuffisant. **(J. Couderc, 2017)**

##### **3-2-1-2- Symptômes**

Souvent l'hépatite A est précédée de de symptômes non spécifiques tels que:

- fièvre,
- frissons,

- céphalées,
- fatigue,
- faiblesse généralisée et algies diverses.

Quelques jours plus tard, on voit apparaître une anorexie, des nausées, des vomissements et des douleurs dans l'hypocondre droit, suivis rapidement par une coloration foncée des urines, une décoloration des selles et un ictère scléral et cutané. **(F. Deinhardt, I. Gust, 1983)**

### **3-2-1-3- Traitement**

Il n'existe pas de traitement curatif spécifique, une transplantation hépatique en urgence peut être nécessaire en cas de forme fulminante. En revanche il existe un vaccin efficace. Cette vaccination n'est pas obligatoire mais elle est recommandée chez les sujets exposés professionnellement, es voyageurs (adultes non immunisés et enfants au-dessus de un an) séjournant dans les pays endémiques pour le VHA, les patients porteurs d'une hépatopathie chronique, les homosexuels masculins. **(C. Bultel, L. Grimault, 2007)**

### **3-2-1-4- Prévention**

- Elle demeure l'arme la plus importante pour la lutte contre les maladies virales.
- Education sur l'assainissement de bonne qualité et l'hygiène personnelle, notamment le lavage des mains.
- Approvisionnements en eau propre suffisante et l'élimination adéquate des déchets.
- Vaccination contre l'hépatite A pour les personnes à risque. **(J. Chastanet et al., 2014)**

**3-2-2- Poliomyélite**

La poliomyélite est une maladie infectieuse, très contagieuse. Elle est due au virus "poliovirus" qui s'attaque au système nerveux. Elle peut entraîner une paralysie totale. Cette maladie touche particulièrement les enfants de moins de 5 ans. Chez l'enfant la poliomyélite est appelée maladie de Heine-Medin. Chez l'adulte, on parle de paralysie spinale aiguë. ( **J. Cardenas, 2018**)

**3-2-2-1- Mode de transmission**

La poliomyélite est une maladie infectieuse dont la contamination est interhumaine. En effet, l'homme est le seul hôte naturel du poliovirus.

Deux modes de transmission du poliovirus sont recensés:

- **Transmission fécale-orale:** La transmission par la voie fécale-orale est le principal mode de propagation de la poliomyélite. Le poliovirus est excrété dans les selles de l'individu infecté pendant six semaines, voire plus parfois. Ainsi, toute consommation d'aliments ou de boissons souillés par des selles entraîne la contamination d'une autre personne par le poliovirus. Un acteur intermédiaire intervient parfois pour véhiculer les poliovirus : dans certains cas, ce sont les mouches ou les cafards qui transfèrent l'agent pathogène des selles vers la nourriture.
- **Transmission orale-orale:** Le virus est alors retrouvé dans les aérosols et les crachats émis lors de toux ou d'éternuements et sa transmission est favorisée par une grande proximité des personnes d'une même famille ou d'un même logement. Le risque associé à la transmission orale-orale de la poliomyélite est moins important car le virus ne persiste dans l'oropharynx que pendant environ une semaine après la contamination. ( **L. Tan Sien Hee, 2016**)



**3-2-2-2- Symptômes**

Le poliomyélitique présente des symptômes aspécifiques tels que:

- Fièvre,
- Maux de ventre,
- Nausées,
- Constipation ou diarrhée,
- Maux de gorge,
- Touxou céphalée.

Cette forme, d'évolution favorable spontanée en quelques jours, est connue sous le nom de poliomyélite abortive.

Il met également en évidence les symptômes précédant la paralysie : fièvre, baisse de l'état général, symptômes gastro---intestinaux et maux de tête. (**V. Monnet, 2015**)

**3-2-2-3- Traitement**

Traitement symptomatique et de soutien pour la prise en charge de la phase aigüe de poliomyélite paralytique :

- repos au lit ;
- surveillance étroite de la respiration ; soutien respiratoire en cas de détresse ou d'accumulation de sécrétions pharyngées ;
- chaleur humide pour soulager les spasmes et les douleurs musculaires ;
- physiothérapie passive pour stimuler les muscles et prévenir les contractures ;
- médicaments antispasmodiques ;
- fréquents changements de position pour éviter les escarres.

En cas d'hospitalisation, il faut isoler le patient, et surtout éviter qu'il ne soit en contact avec des enfants. Il est indispensable d'éliminer de façon sécurisée les

sécrétions et les selles du malade, de désinfecter les articles souillés et de notifier immédiatement les nouveaux cas. (**J. Rick, 2009**)

#### **3-2-2-4- Prévention**

Les mesures de prévention restent la seule méthode efficace pour lutter contre la poliomyélite, en l'absence de traitement curatif. Elles doivent être connues de tous, surtout en cas de séjour dans un des pays d'endémie et se basent sur trois éléments :

- le respect strict des règles hygiéno-diététiques,
- la soumission à certaines actions de dépistage
- et le geste le plus important : la vaccination. (**L. Tan Sien Hee, 2016**)
- ✓ Vaccin polio oral (VPO) : Il induit une bonne réponse immunitaire à la fois humorale (anticorps) et muqueuse (au niveau muqueuse intestinale).
- ✓ Vaccin polio inactive (VPI) : il induit une excellente réponse immunitaire humorale, mais une réponse immunitaire faible au niveau de la muqueuse intestinale. (**J. Rick, 2009**)

### **3-3- Maladie d'origine parasitaire**

#### **3-3-1- Amibiase**

L'amébose, antérieurement connue sous le nom d'amibiase, est une maladie infectieuse causée par un parasite eucaryote anaérobie du groupe paraphylétique des protozoaires, nommé *Entamoeba histolytica*. Cette espèce a été formellement identifiée comme pathogène pour l'Homme (**G. Recipon, 2015**).

##### **3-3-1-1- Mode de transmission**

Elle est liée aux matières fécales et assurée par les kystes. Elle s'effectue essentiellement par:

- Les mains et les ongles sales des porteurs de kystes.
- Le sol et l'eau souillés par les excréta.
- Les aliments contaminés (surtout les crudités).

- Les mouches. (P. Aubry, B. Gaüzère, 2016)

### 3-3-1-2- Symptômes

- Crampes et diarrhée mucosanglante dans les cas sévères.
- Des abcès du foie, du poumon et du cerveau.
- Des violentes douleurs abdominales.
- Les vomissements.
- Amaigrissement et déshydratation. (F. Saidani, S. Hammadi, 2017)

### 3-3-1-3- Traitement

Le traitement repose sur l'utilisation de médicaments Amoebicides dont on distingue deux classes :

- **Amoebicides de contact** : ils ne diffusent pas dans les tissus, ils agissent donc uniquement sur les formes *minuta* et les kystes qui se trouvent dans la lumière colique.
- **Amoebicides tissulaires** : Ils diffusent dans les tissus par voie sanguine et seront donc actifs sur les formes *histolytica*. Leur effet sur les kystes est très limité. (K. Sergent, 2016)

### 3-1-3-4- Prévention

Ce qui implique que les mesures de prévention collective et individuelle ainsi que les règles d'hygiène applicables aux risques liés à l'eau et aux aliments, doivent toujours être entretenues pour lutter contre ces parasitoses.

- **À titre collectif:**
  - ✓ Il faut dépister et traiter les porteurs sains qui disséminent des kystes et mettre à disposition de la population des latrines pour une meilleure gestion des déchets humains.

- ✓ il est aussi primordial de faciliter l'accès à l'eau potable et faire des campagnes d'éducation de la population concernant l'hygiène des mains, de la nourriture et de l'eau.
- **À titre individuel**, le respect des règles d'hygiène s'impose dès l'enfance, l'amoebose peut survenir très tôt dans la vie:
  - ✓ lavage des mains après chaque selle et avant chaque repas,
  - ✓ ingestion d'eau filtrée ou bouillie,
  - ✓ nettoyage soigneux des crudités et des fruits avec de l'eau propre. (**M. Raboua, 2016**)

# **Chapitre III:**

**La lutte contre**

**la pollution des eaux**

**1-Des solutions pour éviter la pollution des eaux:****1-1-Réaliser une épuration des eaux avant leur rejet direct**

Avant d'entamer l'étude générale du traitement des eaux usées, nous tenterons d'éclaircir quelques points sur la terminologie liée à ce domaine. En effet, en général, le traitement des eaux usées a pour fonction de les transformer en eau potable. Alors que l'assainissement des eaux usées a pour objectif de collecter puis d'épurer les eaux polluées avant leur rejet. Toutefois, le terme « traitement » est généralement employé pour désigner l'opération d'assainissement. Ainsi, bien que le terme « traitement » sera largement utilisé dans ce manuscrit, il concernera seulement la seconde définition. Par ailleurs, épurer signifie « rendre pure ». Les caractéristiques des eaux brutes sont extrêmement variées. Il existe un certain nombre de procédés élémentaires destinés à les traiter. Les professionnels de l'eau peuvent combiner de différentes manières ces procédés, en fonction des cas spécifiques. **(D. Xanthoulis, 2004)**

En outre, chaque procédé pourra changer de rôle en fonction de la place qu'il occupe dans la filière du traitement et de la façon dont il est mis en œuvre.

Il n'est pas simple de prétendre décrire de façon complète les différents procédés et Filières de traitement. Il est, cependant, possible de proposer une classification générale de procédés de base, puis une description des étapes les plus courantes du traitement. **(P. Roumieu, E. Mazet, 2003)**.

**1-1-1- Procédés physiques**

Ce sont des opérations de séparation de phases non-miscibles dont l'une au moins est liquide. Parmi ces procédés, les plus courantes sont :

- **Le dégrillage** : permettant d'éliminer les corps flottants et les gros déchets par l'intermédiaire de grilles placées en travers du canal d'amenée afin de protéger les installations contre les obstructions. **(O. Alexandre et al., 1998)**

- **La filtration** : passage d'un mélange liquide-solide à travers un milieu poreux (filtre) qui retient les solides (gâteau de filtration) et laisse passer les liquides (filtrat).
- **La décantation** : utilisant les forces de gravité pour séparer les particules de densité supérieure à celle du liquide en provoquant leur dépôt. **(R.bürger, W. Wendland , 2001)**
- **La centrifugation** : opération de séparation par action de la force centrifuge, du mélange entraîné dans un mouvement de rotation.
- **La flottation** : visant à séparer les phases solides des phases liquides par la poussée d'Archimède. En flottation naturelle, les floccs de faible densité remontent librement à la surface. La flottation assistée s'obtient par l'injection d'air. **(O. Alexandre et al., 1998)**

### 1-1-2 -Procédés physico-chimiques

Utilisés en général comme moyens de traitement complémentaires, ces procédés combinent les principes de la chimie et de la physique. Certaines substances comme les colloïdes sont particulièrement stables en suspension et leur durée de décantation peut être trop longue. Afin de favoriser leur décantation, le décanteur est probablement conditionné avec les réactifs chimiques qui facilitent l'agglomération des particules.

Deux techniques sont utilisées:

- **La coagulation** annule les charges électriques des particules en suspension par l'ajout de réactifs minéraux.
- **La floculation** provoque l'agglomération des particules déchargées par les coagulants. La fraction des floccs peut être améliorée par addition de flocculants. **(J. Berland, C. Boutin, C. Molle, P. Cooper, 2001).**

### 1-1-3- Procédés chimiques:

Ils sont très utilisés dans le traitement final des effluents. On peut citer les procédés suivants :

- **L'oxydation** par des agents tels que le chlore et l'ozone, agit sur les métaux, sur les matières organiques et détruit ou inactive totalement ou partiellement les germes vivants, les virus et les bactéries.
- **Les échanges d'ions** sont des procédés de substitution d'ions sur des résines spécifiques.
- **La neutralisation** ou l'acidification agissent sur le pH de l'eau. (**J .Berland, C. Boutin, C. Molle, P. Cooper, 2001**).

#### 1-1-4- Procédés radiatifs:

Ces techniques peuvent être utilisées dans les opérations de décontamination de l'eau

- **Les ultra-violets** irradient les cellules vivantes indésirables. Suivant la qualité d'énergie UV reçue, elles sont soit stérilisées (effet bactériostatique) soit détruites (effet bactéricide) .
- **Le bombardement électronique** est un dispositif basé sur l'exposition brève des eaux polluées à un fort flux d'électrons. La structure des éléments complexes est décomposée sous l'action des ions qui cassent leurs liaisons chimiques. La décontamination bactériologique est réalisée par destruction des bactéries et des virus. (**Z .Bakiri, 2007**).

#### 1-1-5- Procédés biologiques:

Le traitement biologique reproduit dans des réacteurs spécifiques le phénomène d'autoépuration qui se déroule naturellement dans les cours d'eau. Le principe consiste à mettre la matière organique contenue dans les eaux usées au contact d'une masse bactérienne. Celle-ci se nourrit des polluants et les dégrade. Une vue globale des procédés biologiques sera détaillée dans la section. (**C.Lindberg, 1997**).



**1-2-La filière d'épuration**

L'épuration d'un affluent résiduaire comporte plusieurs étapes, chacune spécifique aux caractéristiques particulières des éléments à traiter. A partir de la classification des procédés de base qui viennent d'être définis, en tenant compte du fait que ces procédés sont extrêmement imbriqués au cours du traitement et peuvent jouer des rôles différents en fonction du moment de leur mise en œuvre, on peut esquisser l'enchaînement des étapes d'épuration comme illustré dans le schéma fonctionnel. (Z. Bakiri, 2007)

**1-2-1- La phytoépuration**

L'épuration des eaux par les plantes (la phytoépuration) est un traitement naturel pour les écosystèmes aquatiques ou semi aquatiques organisés et structurés artificiellement de manière à optimiser la capacité de rétention pour les différents paramètres de pollution. (H. Asnaoui et al., 2015)

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

La technique d'épuration des eaux usées par les plantes ou phytoépuration a pris plusieurs dénominations tels que : le lagunage, les marécages ou marais construits, le phytofiltre, la technique des zones humides, les lits filtrants...etc.

Parmi les systèmes de phytoépuration on distingue:

- **le système à écoulement "sous-superficiel"**, dans lequel le bassin est submergé en permanence en eau à épurer,
- **le système à écoulement "superficiel"** dans lequel le bassin est submergé en permanence en eau à épurer
- **le système "flottant"**, où les plantes sont soutenues par des structures flottantes adaptées, avec des racines libres en travers de l'écoulement d'eau à épurer. (N. Abibsi, 2011)

**1-2-1-1- Plantes utilisées en phytoépuration**

Plusieurs plantes ont été utilisées dans le processus de la phytoépuration, mais les espèces les plus utilisées sont celles supportant des conditions hydriques en excès ou se développant en bordures des cours d'eau; souvent des : phragmites (roseaux), typha, jonc, massette, bambous ....etc.

Le choix des végétaux à implanter comporte cinq critères importants : adaptation aux conditions climatiques locales, durée du cycle de végétation, vitesse de croissance, facilité d'exportation de la biomasse produite et efficacité d'épuration. (N. Abibsi, 2011)

**1-2-1-2- Principe de la phytoépuration**

Les eaux brutes (eaux grises et eaux vannes) passent à travers des bassins remplis d'un substrat minéral (sable, graviers, pouzzolane selon les cas) ou sont plantés différents végétaux subaquatiques (Macrophytes) : roseaux, massettes, joncs, iris (espèces locales de préférence car elles sont adaptées au climat. Ces dernière consomment les composés polluants dissous dans l'eau – azote et phosphore, qui constituent pour eux des éléments nutritifs. Par ailleurs elles servent de supports à de nombreux organismes microscopiques-algues et bactéries. (R. Djoudi, 2019)

**1-2-1-3- Avantages de la phytoépuration**

Cette technique présente quelques avantages relativement aux systèmes classiques d'épuration :

- fonctionne à faible frais d'exploitation ;
- peu de dépense d'énergie pour son fonctionnement;
- simple maintenance ;
- ne nécessite pas un personnel qualifié pour sa gestion.

La phytoépuration est avantageuse surtout pour les petites communes à population dispersée et pour les pays en voie de développement. (K. Bengouga, 2010)

### **1-3- Réglementer la fertilisation des sols:**

#### **1-3-1-Lois générales de la fertilisation:**

Nous avons vu tout au long de ce cours la complexité des problèmes de fertilité, et ceci nous permet de comprendre qu'il ne peut exister de général de la fertilisation au sens strict. Toutefois certains principes fondamentaux doivent guider l'agronome dans ce domaine.

#### **1-3-2- Principe de la restitution :**

Il est évidemment nécessaire de restituer au sol les éléments fertilisants exportés si nous voulons maintenir la capacité de production du sol

Toutefois ce principe est loin d'être suffisant:

- Il ne considère que la restauration de la fertilité naturelle et non son amélioration.
- L'utilisation, par les plantes, des éléments apportés n'est pas complète durant la saison de culture suivante. Le coefficient d'utilisation des engrais pour les sols tropicaux est de l'ordre de 50% pour l'azote, 12% pour le phosphate et 25% pour le potassium.
- La seule restitution ne corrige pas les déséquilibres minéraux du sol qui sont fréquents sous les tropiques.

Il en résulte que si nous voulons améliorer la capacité de production de sol, il faut faire des apports supérieurs aux exportations. Cette idée encore assez vague va être précisée par les lois suivantes. (M. Vallerie, 2000)

#### **1-3-3- Loi des facteurs limitants:**

Enoncée par LIEBIG cette loi est d'une importance capitale. L'importance du rendement obtenu est déterminée par l'élément qui se trouve en plus faible quantité relativement aux besoins des récoltes. Si l'on applique cette loi au domaine de la

fertilisation minérale nous pouvons dire que pour qu'un élément agisse il faut que les autres éléments soient disponibles pour la plante en quantité suffisante de telle façon que l'équilibre optimum nutritionnel soit réalisé.

Mais cette loi doit également être prise dans un sens beaucoup plus large, les facteurs limitants pouvant être tous les facteurs de productivité : culturaux, génétiques, climatiques et évidemment les facteurs de nutrition. Chacun de ces facteurs exerce une action déterminante sur les rendements il suffit que l'un d'eux joue dans le mauvais sens pour réduire l'efficacité de tous les autres (semis tardif pour le coton dans le Nord-Cameroun, traitement phytosanitaire négligé, variété locale à faible rendement etc.

C'est ainsi que :

L'application d'engrais ne produira un apport substantiel qu'avec des cultures en bon état i les engrais ne remplacent pas d'autres pratiques agricoles, ils ne constituent qu'un aspect dans l'ensemble des techniques d'une bonne exploitation. Au Cameroun, par exemple, des parcelles de terrains sans engrais en culture cacaoyère, exploitées rationnellement (taille-traitement phytosanitaire - ombrage.) ont donné 30 cabosses par arbre soit 1 kg de cacao sec marchand, c'est-à-dire plus d'une tonne à l'hectare. Lorsque l'on sait que le rendement moyen national se situe entre 300 et 400 kg à l'hectare il est inutile d'insister sur l'intérêt immédiat que peut présenter la simple mise en œuvre d'une technique culturale pourtant élémentaire. Ce n'est qu'ensuite que pourra être envisagé une amélioration des rendements par l'utilisation notamment des engrais.

Certaines plantes vivrières de base, vue la médiocrité du matériel végétal utilisé, sont génétiquement incapable de tirer un grand profit des engrais

L'eau, véhicule indispensable des éléments fertilisants peut, lorsqu'elle est en quantité insuffisante, restreindre l'efficacité des engrais et les possibilités d'alimentation des plantes, toutes choses étant égales par ailleurs. C'est pourquoi l'efficacité des engrais dépend, dans une grande mesure, du régime pluviométrique. Lorsqu'un élément majeur manque dans les sols d'une région, recevant des précipitations irrégulières d'une année sur l'autre, l'effet de l'engrais qui apporte cet élément est très variable. Il

est en général très important lorsque les précipitations ont été correctement réparties, il est très faible lorsque le ou les périodes de sécheresse ont été intenses ou que les précipitations tout en étant abondantes ont été très mal distribuées. (M. Vallerie, 2000)

**Conclusion**

### Conclusion

L'eau est une ressource vitale très précieuse et la plus nécessaire pour la survie après l'oxygène. Elle recouvre près de 70% de la surface totale de notre planète et circule entre les différents compartiments terrestres par un cycle biogéochimique. Ce pourcentage est formé à partir de ses différentes sources (océans, mers, lacs, bassins versants...). Cette ressource vitale joue un rôle très important dans notre vie, parce qu'elle représente le principal constituant du corps humain et assure son bon fonctionnement. En outre, nous la nécessitons dans tous les domaines. Cependant cette richesse est constamment exposée à de nombreux types de pollution qu'elle que soit son origine agricole, industrielle ou domestique). Ce phénomène est affecté par un mode ponctuelle (localisé) ou par un mode diffuse et il provoque des altérations des caractéristiques physico-chimiques, qui sont mesuré par des paramètres organoleptiques, physiques et chimiques.

La pollution des eaux est un terme signifie un déséquilibre des écosystèmes aquatiques, elle entraîne de nombreux impacts néfastes d'une part sur l'environnement par des altérations des caractéristiques physico-chimiques, qui provoquent la mortalité des êtres vivants. En plus, du phénomène d'eutrophisation qui cause le développement de phytoplancton et de Macrophytes, et l'hypoxie ou l'anoxie du milieu mortelle pour la faune. D'autre part, cette dégradation des milieux aquatiques provoque des effets désagréables sur les êtres vivants comme les toxicités aiguës et chroniques, qui sont causées par l'introduction de différents produits toxiques dans ces milieux qui circulent dans la chaîne alimentaire. En plus, les perturbations endocriniennes qui agissent sur la reproduction des espèces vivantes et leurs descendances. Enfin, l'eau est le principal vecteur de différents microorganismes tels que les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes, qui causent de nombreuses maladies (les maladies à transmissions hydriques).

Afin de conserver l'eau il existe certaines stratégies et solutions pour agir contre la pollution de cette richesse. Ce qui est représentés dans la réalisation d'une épuration des eaux avant leur rejet direct pour les transformer en eau potable par quelques procédés physiques, physico-chimiques, chimiques, radiatifs et biologiques, On outre,

la régulation de la fertilisation des sols. Il apparut aussi un autre procédé compte sur l'épuration des eaux usées par des plantes spécifiques tels que les phragmites (roseaux), typha, jonc, massette et bambous. Ces dernières consomment les composés polluants dissous dans l'eau. De cette manière, nous aurons contribué à réduire ce phénomène, même si de manière simple.



# Liste des annexes

## Liste des annexes

**Annexe 01:** Principales origines du phosphore présent dans les eaux classées par activités et selon le mode de rejet (**F. De nardi, 2009**)

**Annexe 02:** Les effets de certains métaux lourds sur la santé (**S .Ghali, 2008**)

Métaux	Effet sur la santé
--------	--------------------

Activités	Phosphore d'origine ponctuelle	Phosphore d'origine diffuse
Domestiques	-Tout à l'égout -Rejets de STEP	-Assainissement individuel -Ruissellement urbain
Agricoles	-Fuites liées aux stockages (fumier, lisier) -Rejets des activités de transformation	-Ruissellement sur les bâtiments, cours de ferme -Contribution des terres agricoles
Industrielles	-Eau usées	-Ruissellement sur les infrastructures
Zone « naturelle »		-Bruit de fond lié à l'altération et à l'érosion
<b>Arsenic</b>		-Cancérogène et atteinte de différents organes (foie, système nerveux, peau...) -Pas d'organes cibles pour les expositions de longues durées.
<b>Cadmium</b>		-Potentiel toxique élevé ;

## Liste des annexes

	<ul style="list-style-type: none"><li>-Dommages rénaux pour des expositions chroniques à faible dose ;</li><li>-Oxydes, chlorures, sulfates et le cadmium sont classés cancérigènes</li></ul>
<b>Chrome</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Chromates endommagent le système respiratoire pour des expositions à long terme ;</li><li>-Trouble dermatologiques, anémie ;</li><li>-Composés avec du chrome VI responsable d'eczéma ; Cr VI cancérigène (groupe A1: cancer prouvé chez l'homme)</li></ul>
<b>Cuivre</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Effet irritant par inhalation, allergie par contact ;</li><li>-Lésion du foie par voie orale sur période longue</li></ul>
<b>Mercure</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Tous les composés du mercure sont toxiques à de faibles doses ;</li><li>-Cerveau et rein touchés ;</li><li>-Intoxication chronique responsable de dommages irréversibles sur le système nerveux central et périphérique ;</li><li>-Sous la forme organique peut perturber le développement du fœtus</li></ul>
<b>Nickel</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Allergie par contact avec la peau et par présence dans la nourriture pour personne sensible ;</li><li>-Composés du nickel sont cancérigènes (groupe A1) pour le nez,</li></ul>

## Liste des annexes

	Poumon
<b>Plomb</b>	-Entraîne l'anémie forte dose ; -Perturbe le système nerveux et les reins -Effet mutagène de l'acétate et du phosphate de plomb (expérience animale)
<b>Vanadium</b>	-Effet irritatif à forte dose pour les yeux, le nez, les bronches
<b>Zinc</b>	-Pas d'effet cancérigène du zinc par voie orale ou par inhalation ; -Mais, le chromate de zinc est cancérigène

**Annexe 03:** La répartition de l'eau douce et salée sur la planète(D. Salif, R.Philippe, 2003)

Répartitions de l'eau Douce et Salée sur la planète.	km3	%
Eau douce	35 000 000 km3	2,5 %
Dont Glaciers et couverture permanente neigeuse	1284 895 000 km3	66,4%
Eau souterraine	80 000 000 km3	30,8%
Lacs et réservoirs	105 000 km3	0,3%
<b>Eau sale</b>	<b>1 365 000 000 km3</b>	<b>97,5%</b>
<b>Volume total d'eau</b>	<b>1 400 000 000 km3</b>	<b>100%</b>

## Liste des annexes

**Annexe 04:**Liste de quelques facteurs de pollution de l'eau et approches de solutions.

(O. Hounsounou, M. Agassounon, C. Kelome, 2016)

<b>Facteurs de pollution</b>	<b>Approches de solutions</b>
Rejets anarchiques des déchets liquides (eaux usées)	L'installation des ouvrages d'assainissement de base améliorés
Mauvaise gestion des déchets solides et installation des déchargessauvages	La gestion hygiénique des déchets solides par la collecte, le traitement, l'élimination et/ ou le recyclage des déchets
Mauvaise évacuation des excréments humains et animaux	L'évacuation hygiénique des excréments à travers la construction et l'utilisation correcte des installations sanitaires appropriées
Défaut d'aménagement des points d'eau (conditions hydrogéologiques)	La protection et l'aménagement adéquats des points d'eau (sources, puits, forage)
Mauvaises conditions de transport et de stockage de l'eau dans les domiciles	La propreté et la protection des récipients de collecte, de stockage, et de prélèvement de l'eau ; hygiène personnelle (lavage des mains au savon et eau en temps convenus) et hygiène de la sphère domestique

# **Références bibliographiques**

### Références bibliographique

#### A

---

- **A.Adjagodo et al.**, Flux des polluants liés aux activités anthropiques et risques sur les ressources en eau de surface à travers le monde (synthèse bibliographique) Larhyss Journal, 2016, p 17
- **A. Assaad**, Pollution anthropique de cours d'eau: caractérisation spatio-temporelle et estimation des flux, Université de Lorraine, 2014, p p 42-43.
- **A. Bernier**, Caractérisation de la matière organique des eaux naturelles et traitées par spectroscopie de fluorescence 3D, Québec Canada, 2015, p 7
- **A. Botta, L. Bellon**, Pollution chimique de l'eau et santé humaine, Université Euro-Méditerranéenne TEHYS, 2004, p 14
- A.Chahid**, Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires, UNIVERSITE IBN ZOHR, 2016, p p 23-27
- A. EL Attifi**, La qualité microbiologique des eaux de baignade, Université Mohammed V -RABAT-, 2011, p 19
- **A.Laabassi**, L'épuration des eaux usées par le système de lagunage à Macrophytes, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 2016, p p 9-10
- A. Le bivie**, Elaboration de fiches pratiques à destination des pêcheurs sur les principaux dangers sanitaires inhérents à la consommation de produits de la pêche, VETAGRO SUP campus vétérinaire de Lyon, 2017, p p 66-72
- **A. Menesguen**, L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France, Direction de l'Environnement et de l'Aménagement Littoral DEL/EC, 2001, p p 3-4
- **A.Merceron**, Les résidus médicamenteux dans l'environnement: origines, réglementation et risques, Université de Nantes, 2016, p p 79-80
- **A. Mizi**, Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles, Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. ANNABA. 2006, p

## Références bibliographique

---

- A. Riou**, Les perturbateurs endocriniens dans les produits cosmétiques, UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1, 2016, p p 78-170
- A. Sacri**, Transmission des gastro entérite et infections respiratoires aiguës des enfants à leurs parents à domicile. Étude des enfants en centre de garde de la Grande Région de Québec, Université Laval, 2014, p p 7-10
- **Association Française des Enseignants de Parasitologie et Mycologie**, Parasitologie médicale. Généralités et définitions, Université Médicale Virtuelle Francophone 2014, p 5

### B

---

- B. Baudot**, Impact de l'eutrophisation de l'eau sur l'environnement, Université Amar Téliidji, Laghouat, 2001, p 112.
- B. Benkaddour**, Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie), Université de Perpignan, 2018, p p 9-21
- B. Festy et al.**, Qualité de l'eau, Tec et Doc, 2003, p p 352-353
- **B. Garban et al.**, The role of phytoplankton in pollutant transfer processes in rivers. Example of River Marne (France). Biogeochemistry, 1999, p p 1-27.
- B. Moulin**, Mouvements des eaux en fonction de la température, l'eau de mer.
- B. Skowrońska**, Correlations between toxic Pb effects and production and production of Pb-induced thiol peptides in the microalga *Stichococcus bacillaris*, Environ.Pollut , 2002 , p p 119-127.

### C

---

- C. Becouze**, Caractérisation et estimation des flux de substances prioritaires dans les rejets urbains par temps de pluie sur deux bassins versants expérimentaux, L'institut national des sciences appliquées de Lyon, 2010, p 62
- C. Bergerot**, Evaluation de la prise en charge de la gastro-entérite aiguë de l'enfant de moins de six ans en médecine générale. Etude prospective menée en Gironde de janvier à avril 2016, Université Bordeaux 2 Victor Segalen, 2017, p 15



## Références bibliographique

---

- **C. Braun et al.**, Micropolluants dans les cours d'eau provenant d'apports diffus, Office fédéral de l'environnement, Berne, 2015, p 12
- **C. Bultel, L. Grimault**, Bilan des connaissances relatives aux virus transmissibles à l'homme par voie orale Agence française de sécurité sanitaire des aliments(AFSSA), 2007, p 52
- **C. Chalon et al.**, Les micropolluants dans les eaux de surface en Région wallonne, AQUAPOLE-ULG, Liège, 2006, p 404
- C. Chouteau**, Développement d'un biocapteur conductimétriquebienzymatique à cellules algales. Chimie, Procédés, Environnement. N° d'ordre : 04- ISAL-0066, 2004, p 179.
- **C. Haidar**, Evaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban: Approche hydrogéochimique, Université de Lorraine, 2014, p p 3- 72
- **C. Lindberg**, Control and estimation strategies applied to the activated sludge process, thèse: Department of Materials Science Systems and Control Group, Uppsala University, Sweden, 1997, p 35
- **(CNES) Conseil national économique et social**,« L'eau en Algérie : le grand défi de demain », Avant-projet de rapport, Commission de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2004
- **C. Ramond**, Les perturbateurs endocriniens : état actuel des connaissances et cas particulier des cosmétiques, Université de Limoges, 2019, p p 38-48
- (CREPA) CENTRE RÉGIONAL POUR L'EAU POTABLE ET L'ASSAINISSEMENT À FAIBLE COÛT** ,Contrôle et suivi de la qualité des eaux usées- Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques, CREPA, 2007, p p 2-28

### D

---

- **D. Achiou**, Contribution à l'étude de la performance de la station d'épuration des eaux usées Danone Akbou – Algérie, Université A. MIRA – Bejaia, 2017, p 1
- **D. Couillard, P. Lafrance, S. Lessard**, Evaluation de la qualité organoleptique de l'eau potable dans le réseau de distribution de East-Broughton (Beauce) et suggestion d'un procédé de traitement, Université du Québec (INRS-Eau), 1992, p p 1-31

## Références bibliographique

---

- **Détermination d'Indicateurs Environnementaux Pertinents : une stratégie pour l'Europe (DIESE)**, Rapport scientifique final, INERIS, 2013, p p 3- 37
- **D. Salif, R. Philippe**, Atlas mondial de l'eau : une pénurie Annoncée, Paris Autrement, 2003, 63 p.
- **D. Xanthoulis**, Systèmes d'épuration de petites tailles, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux, AsblEpuvaleaua, Gembloux, Belgique, 2004, p 2

### *E*

---

- **E. Hassoune, A. Bouzidi, Y. Koulali, D. Hadarbach**, Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc), Bulletin de l'Institut Scientifique. Rabat, 2006, p 68
- E.Hounsounou et al.**, Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : Synthèse bibliographique, International Journal of Biological and Chemical Science, 2016, p 2396
- **E. Lamond, J.Kinyanjui**, Directives relatives aux épidémies de choléra, OXFAM, 2012, p 7
- EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA)**, Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water, EFSA Journal 2010, p 7

### *F*

---

- F.Ajami**, La vaccination du voyageur, Université de Lille 2, 2018, p 29
- FAO**, Insigne de l'eau,Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et L'agriculture, 2013, p p 39-41
- **F. Deinhardt, I. Gust**, L'hépatite virale, Organisation mondiale de la Sante, 1983, p 200
- **F. De nardi**, Excès de Phosphore et de Matières organiques naturelles dans les eaux de retenues : diagnostic et remèdes -Cas du lac de Ribou à Cholet, (Maine-et-Loire, France), UNIVERSITE D'ANGERS, 2009, p 9

## Références bibliographique

---

- F. Galaf, S. Ghannam**, Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin, Mémoire d'ingénieur d'état, Université HASSAN II de RABAT, MAROC, 2003, p 68
- **F. Larkem, S. Bacel**, Traitements des eaux usées "effluents" de la raffinerie de SKIKDA, Mémoire d'ingénieur, Université de CONSTANTINE, 2005, p 45
- **F. Mekhalif**, Réutilisation Des Eaux Résiduaire Industrielle Épurées Comme Eau D'appoint Dans Un Circuit De Refroidissement, Mémoire de Magister en Chimie Option : Pollution Chimique et Environnement, Université du 20 Août 1955, SKIKDA Faculté des Sciences Département des Sciences Fondamentales, 2009, p p 3-23
- F.Saidani, S.Hammadi**, Contribution à l'étude de la dynamique et des impacts des maladies à transmission hydrique au niveau de la wilaya de Bouira, UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA, 2017, p p 1-19
- F.Touzani**, Les gastroentérites aigues à rotavirus chez le nourrisson (à propos de 42 cas), Université sidi Mohammed ben Abdallah, 2010, p 10

### G

---

- G. Bertrand**, Utiliser l'eau de pluie, Editions Eyrolles, 2008, p 130
- **G .Cloutier**, La détérioration des plans d'eau Manifestations et moyens de lutte contre l'eutrophisation, Vecteur environnement, 2002, p 18
- G.Recipon**, La procalcitonine est-elle augmentée au cours de l'amoebose invasive ?, Université François-Rabelais, 2015, p 21

### H

---

- **H. Asnaoui et al.**, (Study of the equilibrium of uptake and biosorption of cadmium (II) by algae marine *Ulva lactuca*) Etude des équilibres d'absorption et biosorption du cadmium (II) par des algues marines *Ulva-lactuca*, *J. Mater. Environ. Sci*, 2015, p

## Références bibliographique

---

- H. Hayzoun**, Caractérisation et quantification de la charge polluante anthropique et industrielle dans le bassin du Sebou, Ecole doctorale mer et sciences-Toulon(France), 2014, p p 27-47
- **H.Lokman**, Les gastro entérites viral, Université Mohammed V –Rabat, 2019, p 85
- H. Peter , S. Gleick, M. Palaniappan** , Peak water limits to freshwater withdrawal and use, Proceedings of the National Academy of Science, 2010, p p 1155–11162.
- **H.Roche, M. Girondot**, Les polluants dans l’environnement aquatique, CNRS- Université Paris 11, 2010, p 29
- H. Vis, O. Goujard**,Comprendre la place du soufre dans la fertilisation. In Fertilisation et Société, Thévenet G et Faedy L (Eds), colloque Comifer- Gemas, 2005, p p 117-127

### I

---

- **Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE)**, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: Cadre général, Observatoire des Données de l'Environnement, 2005, p 4
- **I. Kengne**, Evaluation d’une station de lagunage à Macrophytes à Yaoundé : performances épuratoires, développement et bio contrôle des diptères Culicidae. Thèse doctorat 3e cycle, Fac SCI. UYI, 2000

### J

---

- J.Albergel, S. Nasri, J. Lamachere**, Les lacs et barrages collinaires: infrastructures hydrauliques d'aménagement et de conservation des terres agricoles en zone semi-aride méditerranéenne. Sols de Tunisie, (spécial 2), 2007, p p 7-20.
- **J. Baudrier et al.**, Impact global des apports en nutriments et en matière organique, eutrophisation, SRM MO, 2012
- **J. Berland, C. Boutin, C. Molle, P. Cooper**, Procédés extensifs d’épuration des eaux usées, Office des publications des communautés européennes, Luxembourg, 2001, p p 25-26.
- **J. Cardenas**, Le point sur la poliomyélite, DOCTISSIMO, 2018
- **J.Chastanet et al.**, L'accès à l'eau pour tous en Afrique, Forum international,

## Références bibliographique

---

Yamoussoukro, 2014, p 28

- **J.Couderc**, Etat des lieux des vaccinations anti-hépatites A et hépatites B chez les patients alcooliques chroniques de la Corrèze, Université de Limoges, 2017, p 34

- **J. Dunoyer**, Lutter contre le choléra, Action contre la Faim-France (ACF), 2013, p 36

-**J. Hardy**, Natural History: Where the Sea Meets the Sky, EBSCO Industries Inc, 1991, p 5.

-**J. Humbert, G. Najjar**, Influence de la forêt sur le cycle de l'eau en domaine tempéré: une analyse de la littérature francophone, Univ. Louis Pasteur, 1992

- **J. Lacaze**, L'eutrophisation des eaux marines et continentales. Éditions Ellipse, Paris, 1996, p 191

-**J. Mercier**, Le grand livre de l'eau, Edition: la reconnaissance du livre, collecte art de livre, 2000, p 91

- **J. Morgan, S. Richards, A. Morgan**, Stable strontium accumulation by earthworms: A paradigm for radio strontium interactions with its cation analogue, calcium, Environ ToxicolChem, 2001, p p 1236–1243

- **J. Mouchel, G. Billen**, La contamination microbienne dans le bassin de la Seine, Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement de la Seine, 2009, p 12

-**J. Peres et al.**, la pollution des eaux marine, paridé, 1976

- **J .Pivarnik, R. Palmer**, Water and electrolytes during exercise, éd. Water and electrolyte balance during rest and exercise, (1994), p 4

- **J. Rick**, Profil épidémiologique des maladies transmissibles, OMS, 2009, p 154

-**J. Rodier**, L'analyse de l'eau, Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition. Dunod, Paris, 2005, p 13

-**J .Rodier et al.**, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8<sup>ème</sup> édition. Dunod, PARIS, 1996, p 196

- **J. Sandja**, Contribution à l'étude de la qualité hygiénique de l'eau de boisson vendue en sachet dans les différents lieux publics de la ville de Kisangani : Cas de la commune de Mangobo, université de Kisangani, 2012, p 11

## Références bibliographique

---

-**J. Wang, C. Chen**, Biosorption of heavy metals by *Saccharomyces Cerevisiae*, *Biotech. Adv*, 2006, p p 427-451.

### K

---

-**K. Ballouki**, Etude de la qualité physicochimique et biologique de trois sources dans la région de midelt (haute Moulouya), Mémoire de master, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, 2012, p 56

- **K. Bengouga**, Contribution à l'étude du rôle de la végétation dans l'épuration des eaux usées dans les régions arides, Université Mohamed khider –Biskra –, 2010, p 12

- **K.Sergent**, Les principales maladies infectieuses susceptibles d'être contractées au cours d'un voyage en Asie du Sud-est et conseils aux voyageurs, Université de LORRAINE 2016, p p 58-60

- **K. Sfar**, Les aspects épidémiologiques, cliniques, biologiques et évolutifs de l'hépatite virale a au Chp D'El-Jadida, Université Mohammed V de Rabat, 2020, p 2

-**K. Watkins**, Human development Report 2006, Beyond scarcity, 2006

### L

---

-**L. Aouissi, W. Merabti**,Eau: Étude Physico-Chimique et Bactériologique Et Développement d'un Système de Traitement (membrane à Base de Charbon Actif), Université 8 Mai 1945 Guelma, 2018, p 3

- **L. Bascilo, P. Staub, O. Perceval**,La contamination chimique des milieux aquatiques Outils et méthodes pour le diagnostic et l'action, Véronique Barre (Onema/Dast), 2013, p 3

-**L'ORE**: revue d'observation régionale de l'environnement, Aout 2016

-**L. Pasquini et al.**, Polluants émergents issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines. Le cas des composés perfluorés, ResearchGate, 2011, p 26

- **L. Schwartzbrod**, Virus humains et sante publique : conséquences de l'utilisation des eaux usées et des boues en agriculture et conchyliculture, Université de Nancy, 2000, p 1

## Références bibliographique

---

- **L. Tan Sien Hee**, La poliomyélite : une maladie ré-émergente ou en voie d'éradication ?, Université Angers, 2016, p p 39-48
- **L.Tchamo**, Evaluation des connaissances et du statut vaccinal du personnel soignant du CHU GABRIEL TOURE, Université des sciences, des techniques et des technologies de BAMAKO (U.S.T.T.B), 2014, p35

### M

---

- **M.Babut et al.**, Ecotoxicologie Terrestre et Aquatique : de la recherche à la gestion des milieux, INERIS, 2008, p 59
- **M. Belhadj**, Qualité des eaux de surface et leur impact sur l'environnement dans la Wilaya de Skikda, Université Mohamed Khider Biskra, 2017, p 8
- M. Blinda**, Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan: Caractérisation, Impact sur l'Environnement et Proposition de Solutions, UNIVERSITÉ MOHAMMED V, 2007, p 18
- M. Chapand**, La fièvre typhoïde, le point en 2015, Université Claude Bernard - Lyon 1, 2015, p 102
- M. Denies**, L'eau du robinet, un partenaire santé incontournable, Union Professionnelle des Diététiciens de Langue Française, 2007, p 7.
- **M. D'itri frank**, Environmental Encyclopedia: Heavy metals and heavy metal poisoning, Eds William Freedman, 2003, p708.
- **M.Donnell et al.**, Choléra, Université Queens à Kingston, 1866, p 8
- M. Doumbia**, Etude évolutive des dérives de l'azote sur l'eau du fleuve Niger au point de rejets liquides du Marigot de Magnabougou, Université des Sciences des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB), 2017, p 16
- **MEMENTO TECHNIQUE**, Conception et dimensionnement des systèmes de gestion des eaux pluviales et de collecte des eaux usées, astee, 2017, p 81
- M. Farthing et al.**, La diarrhée aiguë chez les adultes et les enfants: une approche globale, World Gastroenterology Organisation, 2012, p 11
- **M.Gourmelon**, Etude de la contamination microbiologique du milieu littoral: identification des sources de contamination fécale et évaluation de la persistance des bactéries entériques dans l'environnement, Université de Bretagne occidentale, 2014, p 5

## Références bibliographique

---

- M. Hamatoukour, C.Klass**, Document de travail sur la pollution de l'eau, Commission des affaires sociales et de l'environnement, 2010, p p 2-3
- M. Melghit**, Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments, Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun, Université Mentouri de Constantine, 2010, p 6
- M. Metahri**, Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes: Cas de la STEP Est de la ville de Tizi-Ouzou, Université Mouloud MAMMARI de TIZI-OUZOU, 2012, p 69
- **M. Raboua**, Épidémiologie des amibes : Expérience du service de Parasitologie de l'Hôpital Militaire Avicenne de Marrakech sur une période de dix ans. Université CADI Ayyad, 2016, p p 89-94
- M. Roustan, A. Grasmick**, L'eau à découvert, CNRS Éditions, 2015, p p 170-171
- **M.Stitou**, Proposition d'un système de surveillance épidémiologique de la fièvre typhoïde au Maroc, Université Mohammed V- Rabat, 2019, p p 3-46
- **M.Taleb**, Etat de l'assainissement d'une zone côtière analyses et perspectives d'aménagement cas: commune d'Ain El Turck, université d'Oran-Es-senia, 2006, p 32
- **M. Turgeon**, Corrélations entre DBO5 et COT dans les effluents de papetières, Université LAV AL, 2001, p33
- **M. Vallerie**, Fertilité et fertilisation des sols tropicaux, République Fédérale ou Cameroun, 2000, p p 109-111.

### N

---

- **N. Abibsi**, Réutilisation des eaux usées épurées par filtres plantent (phytoépuration) pour l'irrigation des espaces verts application á un quartier de la ville de Biskra, Université Mohamed khider – Biskra –, 2011, p p 58-70
- **N. Akrad**, Micronutrition, Université Mohammed V–Suissi- Faculté de médecine et de pharmacie-Rabat, 2004, p 9
- Nations Unies**, Les océans source de vie, conversion des Nation Unies sur le droit de la mer Vingtième anniversaire (1982-2002), 2002, p 3



## Références bibliographique

---

- **N. Benson**, Encyclopedia of Global Warming and Climate Change, Ed Publications Inc, 2008, PP 813-817
- **N. Bouamrane**, Ecosystèmes aquatiques continentaux: Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique des eaux du barrage de Cheurfa, Université d'Oran Es-senia, 2008, p 3
- **N. Crini, G. Crini**, Eaux industrielles contaminées, Presses universitaires de Franche-Comté, 2017
- **N. Daoudi**, Le choléra, Université Mohammed V-Rabat, 2017, p 65
- **N. Flipo et al.**, Les effets de la crue de juin 2016 sur la qualité de l'eau du bassin de la Seine, ARCEAU-IdF, 2018, p 66
- **N. Jamai, F. Kouider, F. Halilem**, La fièvre typhoïde, Université Abou Bakr Belkaïed -Tlemcen-, 2010, p 3
- **N. Ramdan**, Etude comparative de la dépollution des eaux de la station de SKIKDA par adsorption sur charbon actif et sur bentonite, Mémoire de magister. Université SKIKDA du 20 Août 2006, p 97

### O

---

- **O. Alexandre et al.**, Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités, Technique et documentation Lavoisier (FNDAE N22), Paris, France ,1998 , p 125
- **O. Hounsounou, M. Agassounon, C. Kelome**, Pollution des eaux à usages domestiques dans les milieux urbains défavorisés des pays en développement : Synthèse bibliographique , Université d'Abomey-Calavi (UAC),2016 , p2406
- **OMS**, Directives de qualité pour l'eau de boisson, 2e édition, 2000, p p 4-279
- **OMS**, Normes de surveillance des maladies évitables par la vaccination, Organisation mondiale de la santé, 2018, p 3
- **OMS, ONUSIDA**, Stratégies recommandées par l'OMS contre les maladies transmissibles – prévention et lutte, Organisation mondiale de la Santé, 2002, p 55
- Observatoire Régional de l'Environnement Poitou-Charentes (**O R E**), L'eau, Dépôt légal, 2015, p 170
- **O. Traore**, Aspects épidémiologiques du choléra dans le district sanitaire de kayes/région de kayes de juin à décembre 2005, Université de Bamako, 2008, p 76

## Références bibliographique

---

### P

---

- P.Aubry, B. Gaüzère**, Amoebose (amibiase), Centre René La busquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 2016,p 2
- **P.Aubry, B. Gauzere**, Choléra, Centre René La busquière, Institut de Médecine Tropicale, Université de Bordeaux, 2020, p p 7-8
- P. Beaudreau**, Surveillance syndromique des gastroentérites aiguës : une opportunité pour la prévention du risque infectieux attribuable à l'ingestion d'eau du robinet, Université de Rennes 1, 2012, P 13
- **P. Beaulieu**, Boire de l'eau: un acte essentiel à notre santé, Le centre d'information sur l'eau, 2019
- **P. Gleick**, Water use, Pacific Institute, 2003, p 280
- **P.Morel**, Les principaux agents viraux responsables des gastroentérites aiguës en France : présentation, prise en charge et importance sanitaire, Université de Rouen, 2012, p p 24-38
- P. Nguyen et al.**, Evaluation de l'impact de la pollution diffuse sur la qualité de l'eau en rivière avec données restreintes : cas d'application du bassin versant de la rivière Cau, Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, 2018, p 294
- P. Onema**, L'état des eaux de surface et des eaux souterraines, évaluer l'état des eaux pour agir, Service public d'information sur l'eau, 2015
- **P. Parveau**, Bactéries multi résistantes dans l'environnement : recherche dans les effluents de la ville de TOULOUSE, Université de Limoges, 2011, p 55
- **P. Roumieu, E .Mazet**, La modélisation physique d'ouvrages d'assainissement source intéressante de gains technico- Economiques. Colloque SHF Lyon, France, 2003, p p 14-20
- **P. Wangersk**, Biological control of trace metal residence time and Speciation, A review and synthesis. Mar. Chem.1986, p 269

### Q

---

- Québec**, Vos lacs et cours d'eau une richesse collective à préserver Dépôt légal Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2012

## Références bibliographique

---

### R

---

- R. Ben sgaier**, Perturbateurs endocrinien dans le milieu aquatique Développement analytique et faisabilité de traitement, Université de Carthage, 2017, p p 11-12
- **R. Bürger, W. Wendland**, Sedimentation and suspension flows: Historical perspective and some recent developments, Journal of Engineering Mathematics, 2001, p p 101-116.
- **R. Djoudi**, Effet du substrat sur le pouvoir épurateur d'un filtre nu et d'un filtre plante de phragmites australis, Université Mohamed khider – Biskra–, 2019, p 18
- R. Dussart**, Limnologie: l'étude des eaux continentales, Paris : Boubée, 1992
- R. Mohamed ben Ali**, Evaluation de la pollution des eaux issue de la zone industrielle de Skikda, Mémoire de Magister, Université Constantine, 2014, p 10
- **R. Moilleron**, Pollution hydriques, École des ponts Paris Tech, 2017, p 8
- **R. Salghi**, Différentes filières de traitements des eaux. Cours, Université IBEN ZOHIR. ROAUME du MAROC, 2006, p 9
- **R. Zalups**, Molecular handling of cadmium in transporting epithelia. Toxicol. Appl. Pharmacology, 2003, p p163-188.

### S

---

- **Sante Canada**, Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2015, p 5
- **S. Devidal**, Solutions curatives pour la restauration de lacs présentant des signes d'eutrophisation, l'université de Rouen (France), 2007, p 5
- **S. EL Kettaniet al.**, Évaluation de l'imprégnation au plomb d'une population rurale utilisant les eaux usées à des fins agricoles dans la région de Settat au Maroc, John LibbeyEurotext, 2010, p 240
- **S. Gaamoune**, Le rôle des biofilms d'algues dans les traitements biologiques des eaux, UNIVERSITE FARHAT ABBAS –SETIF, 2010, p 19.

## Références bibliographique

---

- **S .Ghali**, Etude de la carbonisation d'un précurseur végétal, Les noyaux d'olives , Utilisation dans le traitement des eaux, l'université du 20 août 1955 – SKIKDA, 2008, p 13

- **S. Guergueb**, Etude des niveaux de concentration de l'azote et du phosphore minéraux et leur incidence d'eutrophisation à l'embouchure de l'Oued El-Kébir Est (Wilaya d'El-Tarf), UNIVERSITE BADJI MOKHTAR – ANNABA, 2015, p p 17-21

-**Santé Publique France**,Les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes, *Service communication ARS-OI*, 2017

-**S. Zgheib**, Flux et sources des polluants prioritaires dans les eaux urbaines en lien avec l'usage du territoire, École nationale des ponts et chaussées, 2009, p p 11-57

### T

---

- **T. Skowroński**, Fresh water algae. In: Metals in the Environment. Analysis by Biodiversity, 2001, p p 59-94.

### V

---

- **V.Monnet**, La poliomyélite en Suisse à l'ère pré-vaccinale, Université de Lausanne, 2015, p p 3-5

### Z

---

- **Z. Bakiri**, Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classique, Université FERHAT ABBAS-SETIF UFAS (ALGERIE), 2007, p p 23-29

### Les sites web:

**1-Aqua portail (2007-18)**, Dictionnaire : tout l'univers en aquariophilie d'Aqua Portail pour un aquarium durable.la page consulté à 27/04/2008

## Références bibliographique

---

**2-E.C.O.L**, de mer rectorat de Poitiers D .A.E.C.; Espace de Culture Océane du Littoral et de l'Environnement, Dossier pédagogique à destination des enseignants en vue de la préparation de l'activités pédagogiques, l'eau : un acteur essentiel pour la planète et une ressource précieuse.

**3-Marie-Ève**, Theroux, pigiste en environnement et Twisto. 2018 Conseil de l'Eau Gaspésie sud. Tous droits réservés la page et consulté 9/4/2018.Courriel

**4- *Toxicological Profile for Phenol***, TP 115. Draft for Public Comment. ATDSR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry); September 2006 ([www.atsdr.cdc.gov/toxprofile](http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofile))

**5- *Toxicological Profile for White heavy metals*** Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1997 (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>)

**6- *Toxicological Profile for White Phosphorons***. Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 1997 (<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>).

**7- <https://www.eaufrance.fr/les-impacts-de-la-pollution-de-leau>**