

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

**Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou**  
**Faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques**

**Département de Biologie Animale et Végétale.**



# **MEMOIRE**

***De fin d'étude***

**En vue de l'obtention du Diplôme du Master en Ecologie et Environnement.**

**Spécialité : Biodiversité et Environnement.**

**Thème**

**Synthèse bibliographique des paramètres physico-  
Chimiques et bactériologiques des eaux naturelles.**

**Réalisé par : M<sup>lle</sup> Idres Sadia**

**Présenté devant le jury:**

<b>Présidente :</b> Mme Ali Ahmed S.	Maître assistante A	U.M.M.T.O
<b>Promotrice :</b> Mme Ali Ahmed-Sadoudi D.	Professeure	U.M.M.T.O
<b>Examineur :</b> Mr Mezani S.	Maître de conférences B	U.M.M.T.O

**Année universitaire 2019/2020**

## *Remerciements*

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude, avant tout à **Dieu** le Tout Puissant qui m'a aidé et m'a donné le courage et la volonté pour mener à terme ce modeste travail.

Je tiens à adresser particulièrement mes remerciements et mes compliments les plus sincères à ma promotrice Mme SADOUDI D. Professeure au Département de Biologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pour son soutien et sa disponibilité, sans elle ce travail n'aurait jamais abouti.

Je tiens également à exprimer mon immense gratitude envers tous les membres du jury, qui ont daigné laisser leurs multiples occupations pour se donner la peine d'examiner ce travail, je leur en suis très reconnaissante. Leurs critiques et suggestions contribueront certainement à rehausser la valeur scientifique de ce travail.

Je ne saurai finir sans remercier tous les enseignants (es) du Département de Biologie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou qui ont contribué à ma formation.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements ainsi que ma grande reconnaissance à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce projet de fin d'étude et leur exprimer ma gratitude pour l'intérêt et le soutien qu'ils m'ont généreusement apporté.

# Dédicaces

Au nom de dieu le clément et miséricordieux

Je tiens à dédier ce modeste travail pour tous les efforts que vous avez fourni pour arriver à mon but.

A la plus chère à mon cœur, la bougie qui a éclairé ma vie et qui a contribué à ma réussite, qui m'a toujours aidée avec son d'Oaa, ses conseils précieux et j'espère lui rendre tout ce qu'elle a fait pour moi. Merci de tout cœur ma chère mère, que dieu vous accorde santé et longue vie.

Le plus grand amour dans mon cœur, à la prunelle de mes yeux, le meilleur guide dans ma vie et qui n'a jamais cessé de m'encourager, le meilleur père. Paix à son âme, j'aurais tant que tu sois encore là à mes côtés afin de partager cette joie, malheureusement le destin en a décidé autrement.

Je dédie ce travail spécialement à mes chers et adorables sœurs et frères, pour m'avoir constamment soutenu moralement et m'encourager à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées.

A la mémoire de mes chers grands parents paternel et maternel et à ma chère cousine houria, paix à leurs âmes.

A ma chère Nastya.

A mes chers cousins et cousines.

A mes chers nièces et neveux.

A toutes les familles IDRES et AZIZA de près ou de loin.

Je dédie ce modeste travail à ma promotrice Mme SADOUDI D.

A Mme CHIBANE G.

A mes chères copines.

A tous mes amis.

A tous ceux qui m'ont consacré temps, patience et conseils surtout dans les moments difficiles.

Et à toute la promotion de biodiversité et environnement.

## Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction**..... 1

### Chapitre I : Généralités sur l'eau

1. Définition de l'eau.....	2
2. Définition d'une eau potable .....	2
3. Cycle de l'eau.....	2
4. Propriétés de l'eau.....	4
5. Répartition de l'eau dans la nature.....	5
6. Comparaison entre les eaux souterraines et les eaux de surface.....	6
7. Eaux de source.....	9
8. Différents types de sources.....	10
9. Traitement de l'eau de source.....	10
10. Législation.....	10

### Chapitre II : Paramètres et qualités d'une eau potable

1. Paramètres organoleptiques.....	12
2. Paramètres physico-chimiques.....	12
3. Minéraux de l'eau .....	15
4. Eléments indésirables.....	17
5. Eléments toxiques.....	18
6. Demande biochimique en oxygène.....	19
7. Demande chimique en oxygène.....	19
8. Caractéristiques bactériologiques.....	20
9. Quelques résultats obtenus.....	21

### **Chapitre III : Pollution de l'eau**

1. Définition de la pollution de l'eau.....	28
2. Origines de la pollution de l'eau.....	28
3. Différentes formes de la pollution de l'eau.....	23
4. Différents types de la pollution de l'eau.....	30
5. Impacts de la pollution.....	31
5.1. La santé humaine.....	31
5.2. La nature.....	32

### **Chapitre IV : Maladies transmissibles par l'eau**

1. Principaux facteurs générateurs des maladies transmissibles.....	33
2. Maladies à transmission hydrique.....	33
3. Solutions à mettre en œuvre.....	36
4. Programme National de lutte contre les maladies à transmission hydrique.....	37

<b>Conclusion.....</b>	<b>38</b>
------------------------	-----------

<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>41</b>
---	-----------

**Annexes**

**Résumé**

## Liste des abréviations

---

**O.M.S** : Organisation Mondiale de la santé.

**T** : Température.

**Cond** : Conductivité.

**NTU** : Unité de Turbidité Néphélobométrique.

**TH** : Dureté.

**C.I.E** : Centre d'information sur l'eau.

**CSR** : Clostridium sulfite-réducteurs.

**MTH** : Maladies à Transmission Hydrique.

**UFC** : Unité Formant Colonie par 100 ml

**CMA** : Concentration Maximale Admissible.

<b>Figure 1</b> : Cycle de l'eau (MOUFFOK, 2008).....	3
<b>Figure 2</b> : Répartition de l'eau sur le globe (Observatoire Régional de l'Environnement, 2014) .....	5

<b>Tableau 1 :</b> Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (DEGREMONT, 2005).....	7
<b>Tableau 2 :</b> Classification des eaux selon leur pH (C .I .E, 2005).....	13
<b>Tableau 3 :</b> Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité (SAMAKE, 2002).....	13
<b>Tableau 4 :</b> Classes de turbidité de l'eau (RODIER et <i>al.</i> , 2009).....	14
<b>Tableau 5 :</b> Relation entre la dureté de l'eau et la concentration équivalente en CaCO <sub>3</sub> (HADE et HASNI, 2017).....	14
<b>Tableau 6 :</b> Valeurs du potentiel d'hydrogène (pH) des eaux étudiées (MERAH, 2019).....	22
<b>Tableau 7 :</b> Dureté des eaux étudiées (MERAH, 2019).....	22
<b>Tableau 8 :</b> Teneur en Nitrates des eaux étudiées (MERAH, 2019).....	23
<b>Tableau 9 :</b> Résultats bactériologiques des différentes sources d'eau analysées (MERAH, 2019).....	23
<b>Tableau 10 :</b> Valeurs en conductivité (μS/cm) (ISSAOUN et TAIBI, 2016).....	24
<b>Tableau 11 :</b> Résultats du dosage du magnésium exprimés en mg/l (ISSAOUN et TAIBI, 2016).....	25
<b>Tableau 12 :</b> Tableau récapitulatif de la qualité bactériologique des différentes eaux analysées (ISSAOUN et TAIBI, 2016).....	25
<b>Tableau 13 :</b> Récapitulatif des résultats d'analyses microbiologiques (ISSAOUN et TAIBI, 2016).....	26
<b>Tableau 14 :</b> Effets des polluants de l'eau sur la santé humaine (OMS, 2004).....	32
<b>Tableau 15 :</b> Principales bactéries pathogène responsables d'infections bactériennes (VILLAGINES, 2003) .....	34
<b>Tableau 16 :</b> Principaux parasites responsables d'infections parasitaires (VILLAGINES, 2003 ; HASLAY et LECLERC ,1993).....	35
<b>Tableau 17 :</b> Principaux virus responsables d'infections virales (HASLAY et LECLERC ,1993; OMS 2008).....	36

# **Introduction**

L'eau constitue un élément essentiel dans la vie et dans l'activité humaine. C'est une composante majeure du monde minéral et organique. Elle participe à toutes les activités quotidiennes notamment, domestiques, industrielles et agricoles. La molécule d'eau est l'association d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène sous le symbole H<sub>2</sub>O. En tant que liquide, elle est considérée comme un solvant universel (GERARD, 1999).

La pollution de l'eau est due aux activités anthropiques, qui est à l'origine de nombreuses maladies infectieuses (Choléra, hépatite A...) dites maladies à transmission hydrique (GERARD, 1999). D'après, un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou l'eau de boisson par les micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, parasites). De ce fait, le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique car ces germes pathogènes sont susceptible d'engendrer des altérations catastrophiques sur l'organisme humain et même de toucher à la santé de toute une population (ROUX, 1987).

Les eaux souterraines sont formées par la percolation de l'eau de pluie, l'eau de surface et de ruissellement à travers les sols et les roches. Elles constituent 20% des réserves d'eaux sur terre soit environ 1000 millions de m<sup>3</sup>. Une eau de source est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution (CARDOT, 1999).

La principale source de satisfaction de la demande en eau est l'eau souterraine, du fait de son exploitation relativement facile. La croissance démographique et la modernisation de l'agriculture entraînent un problème énorme de détérioration de la qualité de cette source souterraine, souvent existante ou en quantité limitée.

L'objectif de la présente étude consiste à faire une synthèse bibliographique des paramètres physico-chimiques et bactériologiques pour évaluer la qualité des eaux naturelles.

Ce travail comprend quatre chapitres dont le premier sera consacré aux quelques généralités sur l'eau. Dans le second chapitre, nous traiterons les paramètres et qualités d'une eau potable. Le troisième chapitre abordera la pollution de l'eau et le quatrième décrira les maladies transmissibles par l'eau. On finira par une conclusion générale et quelques perspectives.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur l'eau**

**1. Définition de l'eau**

L'eau est l'élément vital pour la vie, c'est la boisson naturelle par excellence. C'est un liquide, inodore, incolore, sans goût, transparent et de pH neutre (PERRY, 1984). C'est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants (BERNARD, 2007). Elle peut se trouver, dans la nature, sous les trois formes : liquide (rivière, fleuves...etc.), gazeuse (vapeur d'eau) et solide (glaces, neiges).

La valeur de l'eau est inestimable, première ressource minérale du monde, sa protection et sa gestion sont indispensables à la survie de l'humanité, du règne animal et végétal (ROUX, 1995).

**2. Définition d'une eau potable**

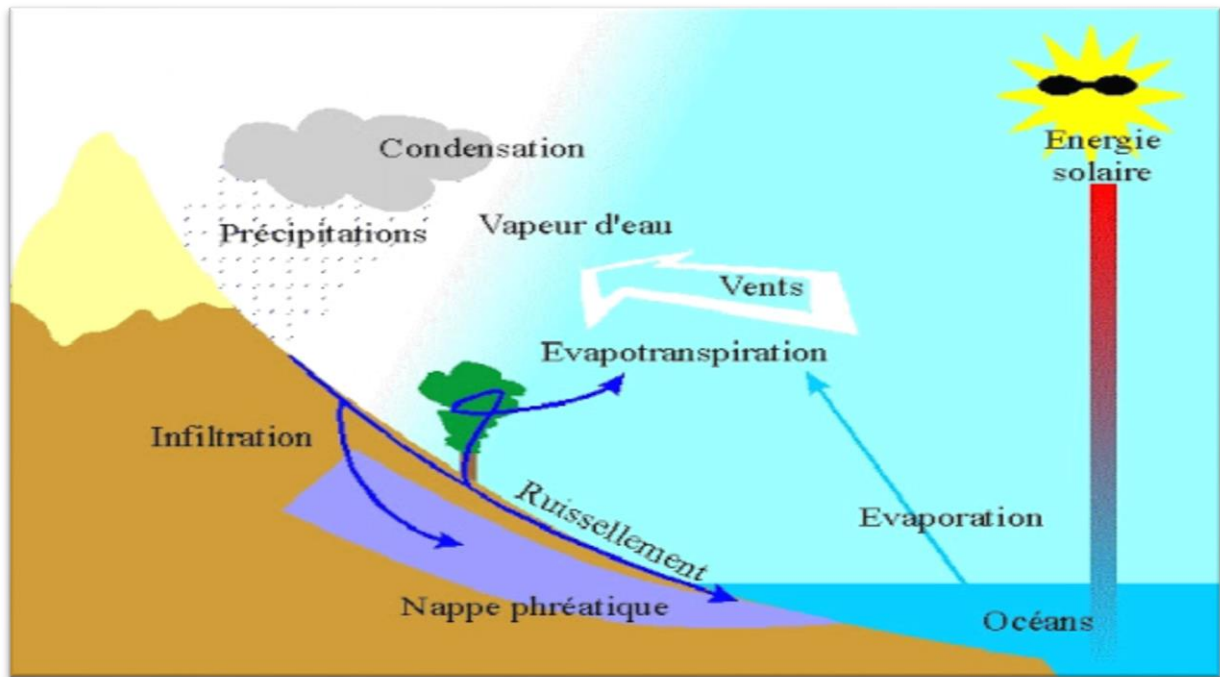
L'eau potable est une eau qui doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques. Elle doit, par ailleurs, être limpide, incolore et ne présente aucun goût ni odeur désagréable (O.M.S, 1986), (ANNEXES 1 et 2).

**3. Cycle de l'eau**

Le cycle de l'eau (fig. 1) est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie sur terre. En effet, l'eau ne reste pas dans un état donné, ses mouvements, accompagnés de ses changements d'état, constituent le cycle de l'eau, appelé aussi cycle hydrologique.

Le cycle de l'eau est le résultat des échanges entre les différents réservoirs d'eau : les océans, les fleuves, les lacs, les glaces, l'atmosphère, etc.

L'eau fait partie d'un cycle naturel en perpétuel mouvement entre la terre et l'atmosphère. Elle s'évapore constamment au-dessus des océans, des lacs et des forêts. Elle devient, par la suite, condensée sous forme de nuage et elle est transportée dans le ciel par les vents. Les nuages précipitent sous forme de pluie, neige ou grêle sous l'action de phénomènes météorologiques complexes, où interviennent surtout les vents et les différences de températures (BOUZIANI, 2000).



**Figure 1 :** Cycle de l'eau (MOUFFOK, 2008).

Dans l'atmosphère, l'eau est surtout présente à l'état de vapeur. Puis sous l'effet du refroidissement, l'eau passe de l'état de vapeur à l'état liquide.

Une fois que l'eau a atteint le sol, son cycle va se dérouler de façon essentiellement liquide. Seule, une toute petite partie de cette eau est en mouvement, la grande majorité étant stockée dans les nappes souterraines. Une partie de l'eau est utilisée par les plantes, le reste est drainé vers les rivières ou dans les nappes. Les racines des plantes vont capter l'eau, qui s'évaporerait ensuite par le système de transpiration des feuilles. Cette transpiration constitue la vapeur d'eau. Le moteur de ce cycle est le soleil, ou plus exactement l'énergie solaire qu'il dégage. En effet, c'est cette dernière qui entraîne les changements d'état de l'eau : la formation et la fonte des glaces, ou encore l'évaporation de l'eau et son élévation dans l'atmosphère (MAUREL, 2006).

Ce cycle, entre le ciel et la terre, suit son cours selon cinq étapes (SELHI et SMAIL, 2004) qui sont l'évaporation, la condensation, les précipitations, l'infiltration et le ruissellement.

**3.1. Evaporation**

L'énergie solaire, qui provoque l'évaporation de l'eau ainsi que la transpiration des êtres vivants, permet à l'eau liquide de devenir gazeuse. Le vent transporte l'eau sous forme de vapeur ou sous forme de nuages (les nuages se forment à partir de la vapeur d'eau qui se condense ou se solidifie).

**3.2. Condensation**

La vapeur d'eau qui retourne dans l'atmosphère se condense pour former les nuages.

**3.3. Précipitation**

Lorsque les gouttelettes qui forment les nuages ont atteint un poids suffisant, elles retombent sur la terre sous forme de pluie, de neige ou de grêle.

**3.4. Ruissellement**

L'eau qui ne peut pas s'infiltrer, circule à la surface du sol et se concentre en eau qui rejoint, uniquement par voie de surface (l'écoulement des eaux à la surface de la terre notamment la surface des sols) les fleuves et les rivières.

**3.5. Infiltration**

Une partie de l'eau des précipitations reste piégée dans le sol et sert à la végétation. L'autre partie s'infiltré plus profondément jusqu'à un niveau imperméable.

**4. Propriétés de l'eau**

La molécule d'eau (H<sub>2</sub>O) est constituée de deux atomes d'hydrogène accrochés à un atome d'oxygène par une liaison covalente polarisée. L'eau a des propriétés physico-chimiques assez particulières par rapport aux autres liquides car elle est un excellent solvant entrant dans la composition de la majorité des organismes vivants, elle solubilise de nombreux corps minéraux et organiques, ionise les électrolytes et disperse les colloïdes électro chargés (MICHARD, 2002).

L'eau est un composé chimique simple, sous l'action du soleil, de la pression atmosphérique et de la température, elle change d'état, liquide à température et pression ambiantes, gazeuse au-dessus de 100°C et solide en dessous de 0°C (ABDESSELEM, 1999).

La circulation de l'eau au sein des différents réservoirs terrestres est décrite par son cycle biogéochimique, le cycle de l'eau (BERTRAND, 2008).

5. Répartition de l'eau sur le globe

A l'échelle du globe terrestre, l'eau est la substance minérale la plus utilisée et dont le volume total est estimé à 1400 million de Km<sup>3</sup>. Elle est répartie dans cinq réservoirs (mer, océan, glace, eaux de surface, eaux souterraines) dont l'ensemble constitue l'hydrosphère (LERAY, 1990).

La majeure partie de l'eau (97%) est contenue dans les océans (fig. 2), est salée ce qui la rend inutilisable pour l'homme. Les 3% d'eau douce restants ne sont toutefois pas entièrement disponible pour l'homme. En effet, environ 63% celle-ci se présente à l'état solide dans les glaciers et 31,4% seulement se trouve à l'état liquide dans les nappes phréatiques, les lacs d'eau douce, les rivières et l'eau contenue dans la matière vivante ...etc. Une faible proportion de ces 31,4% est sous forme de vapeur d'eau dans l'atmosphère (BOUAROURENNE et SADI, 2016).

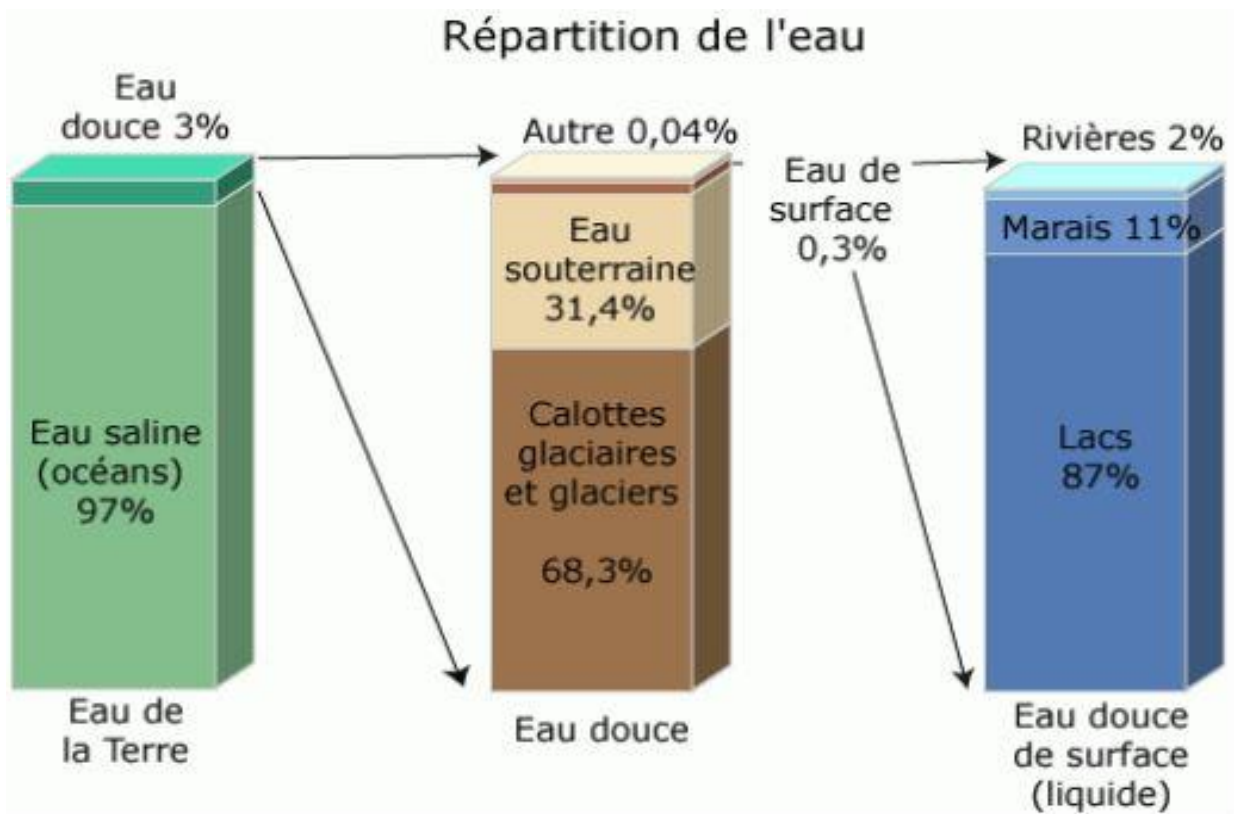


Figure 2 : Répartition de l'eau sur le globe (Observatoire Régional de l'Environnement, 2014).

**5.1. Eau de Surface**

Les principales sources d'eau potable sont les eaux de surface. Ces eaux s'avèrent souvent impropres à la consommation en raison de la pollution générée par nos activités urbaines, industrielles et agricoles.

En effet, la qualité des eaux de surface varie selon les régions et les périodes de l'année. La nature et l'intensité des activités ne permettent pas toujours aux cours d'eau de diluer ou de neutraliser la pollution à un niveau acceptable, si bien que l'eau ne peut pas être utilisée pour la consommation (HADEF et HASNI, 2017).

**5.2. Eaux souterraine**

Les eaux souterraines proviennent de l'accumulation des infiltrations des eaux de pluie dans le sol qui varient en fonction de sa porosité et sa structure géologique. Elles sont généralement d'excellente qualité physico-chimique et bactériologique (CARDOT, 1999) et sont souvent bonnes pour une consommation sans traitement.

**5.3. Eaux de mer**

Les eaux de mer sont des sources d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Les eaux de mer sont caractérisées par leur concentration en sels dissous, il s'agit de la salinité.

La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33000 à 73000 mg/l (DESJARDIN, 1997).

**6. Comparaison entres les eaux souterraines et les eaux de surface**

Le tableau suivant résume les éléments caractéristiques des eaux de surface par rapport aux eaux souterraines.

**Tableau 1:** Principales différences entre les eaux de surface et les eaux souterraines (DEGREMONT, 2005).

Caractéristiques	Eaux de surface	Eaux souterraines
Température	Variable suivant les saisons	Relativement constante
Turbidité, MES (vraies ou colloïdales)	Variable, parfois élevée	Faible ou nulle (sauf dans les terrains karstiques)
Couleur	Liée surtout aux MES sauf dans les eaux très douces et acides	Liée surtout aux matières en solution
Minéralisation globale (ou salinité)	Variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets ...	Sensiblement constante, en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région
Fe <sup>2+</sup> et Mn <sup>2+</sup> à l'état (dissous)	Généralement absents sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation	Généralement présents
CO <sub>2</sub> agressif	Généralement absent	Souvent présent en grande quantité
O <sub>2</sub> dissous	Le plus souvent au voisinage de la saturation : absent dans le cas des eaux très polluées	Absent la plupart du temps
H <sub>2</sub> S	Généralement absent	Souvent présent
NH <sub>4</sub>	Présent seulement dans les eaux polluées	Présent fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne

Nitrates	Peu abondants, en général	Teneur parfois élevée
Silice	Teneur, en général, modérée	Teneur souvent élevée
Micropolluants minéraux et organiques	Présents dans les eaux des pays développés mais susceptibles de disparaître rapidement après suppression de la source	Généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps
Solvants chlorés	Rarement présents	Souvent présents (pollution de la nappe)
Éléments vivants	Bactéries (dont certaines pathogènes), Virus, Plancton (animal et végétal)	Ferro bactéries fréquentes

**Dans le cas des eaux de surface, il y'a lieu de signaler :**

- La présence de gaz dissous, en particulier l'oxygène et l'absence du CO<sub>2</sub>
- Une concentration importante en matière en suspension, ces dernières sont très diverses allant des parties colloïdales aux éléments figurés entraînés par les rivières en cas d'augmentation importante de débit et une turbidité variable parfois élevée.
- Présence de matières organique d'origine naturelle provenant du métabolisme, puis de la décomposition des organismes végétaux ou animaux vivant dans la rivière qui se décomposent après leur mort.
- Dans les retenues d'eau de surface, la qualité de l'eau varie de la surface jusqu'au fond de la retenue (température, Fe<sup>2+</sup>, O<sub>2</sub>, Mn<sup>2+</sup>, plancton). Le profil de chacun de ces paramètres varie lui-même en fonction des périodes ou de l'année.
- La minéralisation globale des eaux de surface sont variables en fonction des terrains et des précipitations et sont toujours, plus ou moins, polluées par divers rejets :
  - ✓ d'origine urbaine : les rejets provenant de la collecte des eaux résiduaires urbaines ;
  - ✓ d'origine industrielle : polluant et micropolluants organiques (hydrocarbure, produits de synthèse, phénols) ou inorganiques (métaux lourds, ammoniacque).
  - ✓ d'origine agricole : engrais et pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) entraînés par les eaux de pluie et le ruissellement.

- ✓ pollution bactériologique d'origine humaine et animale.

### **Dans le cas des eaux souterraines, selon les principaux paramètres analytiques :**

- Les eaux souterraines, en particulier, ont une bonne pureté bactériologique, une turbidité faible ou nulle sauf dans le cas des eaux karstiques. Une température et une composition chimique constantes, l'absence presque générale d'oxygène provoquant la présence d'éléments réduits indésirables.
- La présence de dioxyde de carbone en grande quantité contrairement aux eaux de surface.
- Les eaux souterraines sont moins chargées en matières en suspension que les eaux de surface, ainsi que de matières colloïdales, plancton animal et végétal. Elles sont souvent considérées comme des eaux naturellement pures ce qui est une erreur, car elles contiennent fréquemment du fer, du manganèse, de l'ammoniaque et des matières organiques sans parler de la teneur excessive en nitrates.
- Les présences de solvants chlorés avec une quantité élevée provoque la pollution de la nappe et lorsque cette dernière est polluée, il est très difficile de récupérer sa pureté originelle : les polluants ayant contaminé la nappe sont en effet non seulement présents dans l'eau, mais également adsorbés sur les roches et minéraux du sous-sol.
- Les eaux souterraines peuvent aussi contenir des éléments à des concentrations élevées qui dépassent largement les normes de potabilité. Ceci est dû à la composition du terrain de stockage et, pour certains de ces éléments, au caractère réducteur de l'eau. On peut citer  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , silice...
- Ces eaux doivent être traitées avant leur distribution toutes les fois que la concentration d'un ou plusieurs de ces éléments dépasse la valeur autorisée par les règlements en vigueur.

### **7. Eaux de source**

Une eau de source, selon le décret français n° 89-369 du 06 juin 1989 relatif aux eaux minérales naturelles et eaux potables pré-emballées, est une eau d'origine souterraine, microbiologiquement saine et protégée contre les risques de pollution, apte à la consommation humaine sans traitement chimique.

**8. Différents types de sources**

Les sources représentent l'émergence des eaux souterraines, elles sont plus souvent rencontrées dans les régions montagneuses. Trois types de sources sont à distinguer selon BOUZIANI (2000).

**8.1. Sources d'affleurement**

Pour lesquelles l'approvisionnement se fait sur un fond imperméable dans une vallée (au pied de la pente).

**8.2. Source d'émergence**

Dites aussi artésiennes, ces sources sont alimentées par la couche inférieure de la nappe (ces sources sont susceptibles de tarissement). Le débit d'une source artésienne est en principe uniforme durant toute l'année.

**8.3. Source de déversement**

Elles naissent sur les pentes ou grandes hauteurs (au-dessus du fond de la vallée) généralement leur débit est faible.

**9. Traitement de l'eau de source**

Les eaux de sources sont naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements qui sont permis d'être appliqués, afin d'éliminer les éléments instables (gaz, fer, Manganèse,) sont l'altération, la décantation et la filtration (LUC et LAGARDETTE, 2004).

**10. Législation et textes**

L'eau doit répondre à des normes préétablies qui fixent les concentrations "seuils" à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances dangereuses et pouvant y être présentes. Cependant, bien qu'une eau potable soit conforme aux normes, cela ne signifie pas pour autant qu'elle soit indemne de ces substances, mais que leur teneur est assez faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (HOUMEL, 2017).

La norme est représentée par une valeur chiffrée, qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser pour une substance, ou une limite inférieure à respecter ou encore une fourchette comprise entre un minimum et un maximum (OMS, 2006).

Loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 04 Août 2005 relative à l'eau.

- ✓ Article 111 : au sens de la présente loi, on entend par eau de consommation humaine toute eau destinée à :
  - La boisson et aux usages domestiques ;
  - La fabrication des boissons gazeuses et de la glace ;
  - La préparation au conditionnement et à la conservation de toutes denrées alimentaires.
- ✓ Article 69 : les ressources en eau souterraines et superficielles sont soumises à des contrôles de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques.

Les conditions dans lesquelles sont effectués les prélèvements et les analyses d'échantillons sont fixées par voie réglementaire (ANNEXES 1 et 2).

# **Chapitre II**

## **Paramètres et qualités d'une eau potable**

**1. Paramètres organoleptiques**

Ils consistent en la couleur et l'odeur, ils constituent souvent Les facteurs d'alerte pour une pollution (GENOUDET, 2001).

**1.1. Couleur**

La couleur de l'eau est due, généralement, à la présence de substances colorées provenant essentiellement de la décomposition des matières végétales, des algues, des substances minérales (en particulier le fer et le manganèse) et des rejets industriels (teintures). Une coloration de l'eau est indésirable, car elle suscite toujours un doute sur sa potabilité. Elle doit être éliminée pour rendre l'eau agréable à boire (DEGREMONT, 1989), (ANNEXE 1 et 2).

**1.2. Odeur**

Toute eau destinée à la consommation doit être inodore. Par conséquent, toute présence d'odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition (RODIER, 2009), (ANNEXE 1).

**2. Paramètres physico-chimiques****2.1. Température (T)**

La température est un facteur important dans la vie aquatique. Un changement de la température affecte les diverses propriétés de l'eau. Elle joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. Elle influe sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau. La température a une influence aussi sur le pouvoir auto-épurateur des cours d'eaux (DEGREMONT, 2005), (ANNEXE 1).

**2.2. Potentiel Hydrogène (pH)**

Le pH est appelé potentiel hydrogène. Il mesure la valeur de dissociation en ions des acides et des bases (produits alcalins) en solution dans l'eau (GROSCLAUD, 1999).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane "7" correspond à une solution neutre à 25°C (Tab. 2). Le pH d'une eau naturelle peut varier de "4" à "10" en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Le pH n'a pas de signification hygiénique, mais il présente une notion très importante pour la détermination de l'agressivité de l'eau (RODIER, 1984) :

- ❖ Des pH faibles augmentent le risque de présence de métaux sous forme ionique plus toxique (HOUMEL, 2017).
- ❖ Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, qui est toxique (HOUMEL, 2017).
- ❖ Le pH d'une eau potable doit se situer entre 6.5 et 9.5 (OMS, 2006), (ANNEXE 1 et 2).

**Tableau 2 :** Classification des eaux selon leur pH (C .I .E, 2005).

<b>pH&lt;5</b>	Acidité forte => présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
<b>pH=7</b>	pH neutre
<b>7&lt;pH&lt;8</b>	Neutralité approchée => majorité des eaux de surface
<b>5 ,5&lt;Ph&lt;8</b>	Majorité des eaux souterraines
<b>pH=8</b>	Alcalinité forte, évaporation intense

### 2.3. Conductivité

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques 1 cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique (RODIER, 2009). Elle augmente avec la teneur en sels dissous et elle dépend aussi de la température (Tab. 3). On l'exprime usuellement en micro siemens par centimètre (µS /cm) (SELHI et SMAIL, 2004), (ANNEXE 1).

**Tableau 3 :** Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité (SAMAKE, 2002).

<b>Conductivité en µS/cm à 20°C</b>	<b>Minéralisation</b>
Cond< 100	Eau de minéralisation très faible
100≤ Cond≤200	Eau de minéralisation faible
200≤Cond≤400	Eau de minéralisation peu accentuée
400≤Cond≤600	Eau de minéralisation moyenne
600≤Cond≤1000	Eau de minéralisation importante
Cond≥1000	Eau de minéralisation excessive

### 2.4. Turbidité (T)

La turbidité a pour origine la présence de matières en suspension qui donne un aspect trouble à l'eau (Tab. 4). Autrement dit, c'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée par la présence des matières en suspension fines comme les argiles, les limons, les grains de silice et les micro-organismes. Pour la sécurité du consommateur, l'eau destinée à la consommation doit présenter une turbidité inférieure à 5 NTU (unité de turbidité Néphélométrique) (RODIER et *al.*, 2009), (ANNEXE 1 et 2).

**Tableau 4 :** Classes de turbidité de l'eau (RODIER et *al.*, 2009).

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 30	Eau trouble

### 2.5. Dureté (TH)

La dureté ou le titre hydrotimétrique (TH) correspond à la somme des concentrations en cations  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$  à l'exception des alcalins. Une eau est dite douce, lorsqu'elle est pauvre en ces cations et elle est dite dure lorsqu'elle est riche en ces derniers (LEDLER, 1986).

On l'exprime généralement en quantité équivalente de carbonate de calcium. Le tableau 5 donne la relation entre ce dernier et la dureté de l'eau.

**Tableau 5 :** Relation entre la dureté de l'eau et la concentration équivalente en  $\text{CaCO}_3$  (HADE et HASNI, 2017).

Dureté de l'eau	Concentration en mg/l
Eau douce	0 à 60
Eau moyennement douce	60 à 120
Eau dure	120 à 180
Eau très dure	plus de 180

Une dureté supérieure à 180 mg/L peut provoquer l'entartrage  $\text{CaCO}_3$  (excès calcaire) du système de distribution, (ANNEXE 1 et 2).

### 2.6. Matières en suspensions (MES)

Les matières en suspension contenues dans les eaux résiduaires constituent un paramètre important qui marque généralement le degré de pollution. Ce sont des matières qui ne sont ni colloïdales, ni solubilisées et elles peuvent être organiques ou minérales. La présence des matières en suspension, diminue la concentration en oxygène dissous, ce qui rend les activités des micro-organismes faibles et par conséquent une diminution du phénomène d'autoépuration (HADEF et HASNI, 2017), (ANNEXE 4).

## 3. Minéraux de l'eau

La minéralisation de la plupart des eaux est dominée par huit ions appelés couramment " Lésions majeurs". On distingue les cations (calcium, magnésium, sodium, potassium) et anions (sulfates, nitrates, nitrites et silice) (AIT ABDELAZIZ et BEN HAMLAT, 2016).

### 3.1. Cations

#### 3.1.1. Calcium

Il provient principalement de la dissolution des calcaires et des marnes. Il constitue un composant majeur de la dureté de l'eau, sa présence en grande quantité, peut être aussi due à la dissolution du gypse. Des concentrations en calcium de plus de 200 mg/l diminuent la possibilité d'utilisation de l'eau (formation de dépôts de calcaire) (COLLIN, 2004).

#### 3.1.2. Magnésium

Le magnésium peut avoir d'une part une origine provenant de la dissolution des roches dolomitiques, magnésites, basaltes et argiles et d'autre part une origine industrielle. Son abondance géologique et sa grande solubilité font que les teneurs dans l'eau peuvent être importantes allant de quelques milligrammes à quelques centaines de milligrammes par litre. A partir d'une concentration supérieure à 100 mg/l, le magnésium donne à l'eau un goût désagréable (HOUMEL, 2017).

#### 3.1.3. Sodium

Le sodium est un élément constant dans l'eau (RODIER *et al.*, 2009). Il se trouve dans la majorité des eaux souterraines et de surface (POTELON et ZYSMAN, 1998). Des valeurs élevées en sodium peuvent avoir une origine d'ordre géologique ou être dues à une contamination. Des teneurs qui dépassent 200 mg/l provoquent des modifications perceptibles du goût (SAMAKE, 2002), (ANNEXE 1 et 2).

Une teneur plus élevée en sodium peut être à l'origine de troubles, en particulier l'augmentation de la tension artérielle, l'accroissement des symptômes de certaines maladies telle que les néphrites (COURT, 1986; DESJARAINS, 1990).

#### **3.1.4. Potassium**

Le potassium est principalement présent dans les roches ignées et dans les argiles. (CHERY, 2006). Il joue un rôle important dans le système hydrique de l'homme. Toutefois quand les reins fonctionnent mal, il y a une accumulation de potassium, ce qui peut entraîner une perturbation des battements du cœur (OMS, 2004), (ANNEXE 1).

### **3.2. Anions**

#### **3.2.1. Sulfates**

Les eaux naturelles contiennent toutes pratiquement des sulfates en proportions très variables (TARADAT et HENRY, 1992). Ces dernières proviennent principalement des gypses présents dans le sol comme ils peuvent provenir du lessivage des sulfates de l'air par les précipitations (RAMADE, 1998).

La présence des sulfates donne un goût amer à l'eau. Comme les sulfates ne sont pratiquement pas assimilables, une eau contenant une teneur élevée en ces anions causera des effets laxatifs chez l'homme (MABILLOT, 1986). Les concentrations élevées des sulfates (plus de 400 mg/l) peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution surtout avec les eaux faiblement alcalines (MEZHILLI, 2003), (ANNEXE 4).

#### **3.2.2. Nitrites**

Les nitrites sont, généralement, assez largement présentes, mais à des niveaux bien moindres que les nitrates. Elles proviennent d'une oxydation incomplète de la matière organique. Les nitrites peuvent provoquer, dans certains, des phénomènes de méthémoglobinisation pouvant aller parfois jusqu'à l'asphyxie chez les bébés nourris au biberon (SAMAKE, 2002).

Des concentrations en nitrates supérieures à 50 mg/l sont à l'origine de méthémoglobinémie (cyanose) des nourissants, voire de cancer (DEGREMENT, 2005), (ANNEXE 1).

### 3.2.3. Nitrates

Les nitrates sont présents dans l'eau suite au lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques, et des engrais de synthèse ou naturels. Les nitrates proviennent également de l'oxydation de l'ammoniaque selon le schéma suivant (SAMAKE, 2002) :

Matières organiques et microorganismes → ammoniaque → nitrites → nitrates, (ANNEXE 1).

### 3.2.4. Silice

La silice, oxyde de silicium ou les silices sont extrêmement abondants dans l'écorce terrestre. La silice a une origine essentiellement naturelle et se rencontre dans les eaux brutes sous deux formes : soluble et colloïdale. La solubilité dépend principalement de la température et du pH (POTELON et ZYSMAN, 1998).

## 4. Eléments indésirables

### 4.1. Fer

Le fer se trouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5%. Sa présence dans l'eau dépend des conditions physiques et hydrologiques (lessivage des terrains, rejets industriels, corrosion des canalisations métalliques). Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 0,3 mg/L de fer (POTELON et ZYSMAN, 1998), (ANNEXE 1 et 2).

### 4.2. Cuivre

Le cuivre est un métal très courant car il est utilisé dans de nombreuses applications industrielles et dans la vie courante. Il présente l'originalité d'être peu toxique pour l'homme mais fortement toxique pour les plantes aquatiques. C'est pour cela qu'il est utilisé pour éliminer les algues dans les piscines. Il est donc important de limiter la concentration dans les eaux de surface (ATTEAI, 2005). Dans les eaux souterraines, les teneurs normales en cuivre sont en-dessous de 0.005 mg/l (COLLIN, 2004), (ANNEXE 1 et 2).

### 4.3. Zinc

Le zinc présente une concentration dans les eaux souterraines inférieure à 0,01 mg/l. Une teneur supérieure à 10 mg/l est possible dans l'eau stagnante provenant d'installations domestiques galvanisées neuves (SAMAKE, 2002), (ANNEXE 1).

#### **4.4. Aluminium**

Il est présent dans l'eau sous forme de sels solubles, de colloïdes et de composés insolubles. Il peut avoir pour origine les rejets industriels, l'érosion et le lessivage des sols (POTELON et ZYSMAN, 1998). L'OSEC fixe à 0.2 mg/l la valeur de tolérance de l'aluminium dans l'eau potable, (ANNEXES 1 et 2)

#### **4.5. Phosphate**

Les teneurs élevées en phosphate signalent une infiltration d'eau de surface ou une contamination par des engrais. L'eau de source et les eaux souterraines qui ne sont pas influencées par les contaminations anthropogènes montrent des teneurs en phosphate inférieures à 0,01 mg/l (C.I.E, 2005).

Les phosphates jouent un rôle important dans le développement des algues. Ils sont susceptibles de favoriser leur multiplication dans le réservoir, les grosses canalisations et les eaux des lacs, la présence excessive de phosphates dans les milieux aquatiques favorise le phénomène d'eutrophisation (GAUJOUS, 2005), (ANNEXE 1)

### **5. Eléments toxiques**

Selon DEGUMENT (2005), les éléments considérés comme toxiques dans les eaux destinées à la consommation humaine sont : le plomb, l'arsenic, le sélénium et le fluor.

#### **5.1. Plomb**

Le plomb est un élément très abondant et largement répandu dans la croûte terrestre à des teneurs de l'ordre de 13 mg /kg de sol, sous forme de dérivés peu solubles (MORLOT, 1996). Il peut provenir aussi de l'air, des rejets industriels (peintures) comme il peut être véhiculé par les eaux de ruissellement et de lessivage des rues (TARDAT et BEAUDRY, 1984).

L'absorption de plomb et son accumulation dans l'organisme entraînent une maladie appelée "Saturnisme" qui provoque des troubles neurologiques chez les nourrissons et les enfants. L'OMS, indique une concentration maximale admissible de 0,05 mg/l, (ANNEXES 4).

#### **5.2. Arsenic**

L'arsenic est naturellement présent dans certaines eaux. Il est à l'origine de cancers cutanés et peut être d'autres formes de cancers, voire des problèmes cardiovasculaires. Sa

teneur admissible dans les eaux de consommation est de 10 µg/l (MORLOT, 1996), (ANNEXES 1 et 2).

### **5.3. Sélénium**

Le Sélénium est très répandu dans la nature. Il est toxique pour l'homme au niveau du foie, des angles et des cheveux. Le sélénium est limité dans les eaux potables à une concentration de 10µg/l par l'OMS, (ANNEXES 4).

### **5.4. Fluor**

Les sources principales de fluor dans les eaux souterraines sont les roches sédimentaires mais également les roches magmatiques et certains filons. Les zones de thermalisme sont aussi concernées (HILLEL, 1988).

Le Fluor est reconnu comme un élément essentiel pour la prévention des caries dentaires (dentifrices fluorés). Cependant, une ingestion régulière d'eau dont la concentration en fluor est supérieure à 2 mg/l (OMS) peut entraîner des problèmes de fluorose osseuse et dentaire (coloration en brun des dents pouvant évoluer jusqu'à leur pertes). Les enfants sont particulièrement vulnérables à cette atteinte (SAMAKE, 2002), (ANNEXES 1 et 2).

## **6. Demande biochimique en oxygène (DBO 5)**

L'oxydation des composés organiques biodégradables par les microorganismes entraîne une consommation d'oxygène ; le milieu exerce donc une certaine demande biochimique d'oxygène. La mesure de la DBO permet d'évaluer le contenu d'une eau en matières organiques biodégradables et donc, dans une certaine mesure, sa qualité ou son degré de pollution. La dégradation complète des matières organiques peut être relativement longue (plusieurs semaines).

D'autre part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) absorbe de l'oxygène. Cette nitrification, dans les eaux naturelles, ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, la DBO est mesurée en 5 jours, (ou DBO5) (LOUNNAS, 2009), (ANNEXE 1).

## **7. Demande chimique en oxygène (DCO)**

C'est la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une oxydation complète des matières organiques et minérales présentes dans l'eau. Certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate

de fer et d'ammonium. La DCO est exprimée en mg/l d'O<sub>2</sub> consommé par les matières oxydables dans un litre d'eau (MELGHIT, 2013), (ANNEXE 1).

## 8. Caractéristiques bactériologiques

La qualité bactériologique d'une eau est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche des bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état général du consommateur, la virulence des micro-organismes, le mode de transmission ainsi que la dose ingérée. Les troubles sont principalement gastro-intestinaux, diarrhée et vomissement (CHOUTI, 2006).

### 8.1. Principaux germes recherchés dans l'eau

#### 8.1.1. Coliformes

Le terme « coliforme » regroupe un certain nombre de souches bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae (RODIER et al., 2005). Ce sont des organismes en forme de bâtonnets, non sporogènes et facultativement anaérobies. Ils comprennent les genres *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Yersinia* et *Serratia* (ROUX, 1989). Les coliformes sont intéressants car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux et, de ce fait, constituent des indicateurs fécaux de première importance (RODIER et al., 2005), (ANNEXE 4).

#### 8.2.2. Streptocoque fécaux

Les Streptocoques fécaux sont, généralement, pris, globalement, en compte des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs et immobiles (BOURGEOIS et al., 1991), (ANNEXE 3).

#### 8.1.2. Clostridium sulfito-réducteur

Ce sont des bactéries anaérobies strictes, sporulantes, sulfito-réductrices et considérées comme témoin de pollution fécale.

La forme sporulée, beaucoup plus résistante que la forme végétative, permet de détecter une pollution fécale ancienne (ROUX, 1989).

Les clostridiiums sulfito-réducteurs (CSR) sont pratiquement toujours présents dans les rivières et le sol. Leur absence dans une nappe sous-jacente, et surtout l'absence de leurs spores, constituent un bon signe de l'efficacité de filtration naturelle (RODIER et *al.*, 2005), (ANNEXE 3).

### **8.1.3. Staphylocoque pathogènes**

Ce sont des bactéries qui appartiennent à la famille des Bacillaceae. Les infections engendrées par cette souche sont dues, principalement, à des souches de *Staphylococcus aureus*, mais aussi à d'autres souches de staphylocoques d'origine humaine, parfois pathogènes opportunistes (*S. Epidermidis*, *S. Saprophyticus*,...). Il s'agit des infections cutanées, infections septicémiques redoutables et infections liés à la consommation d'eau et d'aliments contaminés (DELARRAS, 2003), (ANNEXE 3).

### **8.1.4. Salmonelles**

Ce sont des coccobacilles appartenant à la famille des Enterobacteraceae, généralement considérés comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénicité varient énormément : fièvre typhoïde, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires, humains et animaux peuvent éliminer dans les selles des salmonelles non seulement en cas de maladies mais aussi en tant que porteurs asymptomatiques. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans l'eau des égouts, agricoles et domestiques, les eaux douces, y compris les eaux potables et les nappes phréatiques ainsi que l'eau de mer (BOURGEOIS et LEVEAU, 1980 ; RODIER et *al.*, 2005), (ANNEXE 3).

### **8.1.5. Vibrions**

Les vibrions font partie de la famille de Vibrionaceae. Dans les pays où le choléra a pratiquement disparu, il est rare que la recherche du vibron cholérique dans les eaux d'alimentation présente un intérêt. Leur recherche se fait uniquement en cas de présence d'un cas suspect (DELARRAS, 2003), (ANNEXE 3).

### 9. Quelques résultats obtenus au laboratoire

D'après les travaux effectués au laboratoire de microbiologie de l'Université de Mostaganem et au laboratoire des analyses d'ADE par MERAH (2019), consiste à déterminer la qualité de l'eau (eau de source et eau de robinet de la région de Ben yahi et eau de puits de la région Kouara) par la réalisation des analyses physico-chimiques et bactériologiques pour déterminer leurs qualités (leurs potabilités), les résultats suivants ont été observés :

#### 9.1. Résultats des analyses physico-chimiques

**Tableau 6 :** Valeurs du potentiel d'Hydrogène (pH) des eaux étudiées (MERAH, 2019).

Paramètre	Eau de source région Ben Yahi	Eau de puits région Kouara	Eau de robinet région Ben Yahi	Normes Algérienne
pH (moyenne)	7.79	7.91	7.91	6.5 à 8.5

#### ✓ Interprétation des résultats

D'après MERAH (2019), le pH des eaux échantillonnées au niveau des sites d'études est compris entre 7,79 (puits de la région de Ben Yahi) et 7,91 (puits de la région de Kouara et eau du robinet de la région Ben Yahi). Le pH neutre est conforme à la norme selon la réglementation algérienne qui indique un pH dans l'intervalle de 6.5 à 8.5 (Tab. 6).

**Tableau 7 :** Dureté des eaux étudiées (MERAH, 2019).

Paramètres	Eau de source région Ben Yahi	Eau de puits région Kouara	Eau de robinet région Ben Yahi	Normes Algérienne
Titre Hydrotimétrique (TH) mg/l	270	350	180	< 500

D'après les résultats enregistrés par MERAH (2019), la dureté totale des échantillons ne dépasse pas 500 mg/l. Les eaux étudiées sont de la catégorie d'une eau douce (Tab. 7).

**Tableau 8 :** Teneur en Nitrites des eaux étudiées (MERAH, 2019).

Paramètres	Eau de source région Ben Yahi	Eau de puits région Kouara	Eau de robinet région Ben Yahi	Normes Algérienne
Nitrite (moyenne) (mg/L)	0.000	0.005	00	<0.1

D'après les résultats enregistrés selon MERAH (2019), les teneurs en nitrites sont conformes aux normes algériennes. Les nitrites sont faiblement présents dans les différentes sources d'eau.

### ✓ Discussion générale

Selon MERAH (2019), les résultats des paramètres physico-chimiques analysés de différentes sources d'eaux étudiés ne présentent aucun risque et révèlent de bonnes qualités physicochimiques selon les normes de potabilités.

### 9.2. Résultats des analyses bactériologiques

Les résultats des analyses bactériologiques sont présentés dans le tableau 9 :

**Tableau 9 :** Résultats bactériologiques des différentes sources d'eau analysées (MERAH, 2019).

Echantillons	Eau de source région Ben Yahi	Eau de puits région Kouara	Eau de robinet région Ben Yahi	Normes Algérienne	Unité
Bactéries					
Escherichia – coli à 44°C	00	00	00	00	UFC/100 ml
Streptocoques fecaux à 37°C	00	00	00	00	UFC/100 ml
Coliformes totaux à 37°C	00	61	00	00	UFC/100 ml

UFC : Unité Formant Colonie par 100ml.

### ✓ Interprétations des résultats

D'après MERAH (2019), les résultats des analyses bactériologiques effectuées sur l'eau de source de la région Ben Yahi (eau de puits de la région Kouara et eau de robinet et de source de la région Ben Yahi) montrent une charge microbienne pathogène nulle. Cet auteur a conclu que ces eaux sont de bonne qualité microbienne. Par contre, l'eau de puits de la région de Kouara montre une charge élevée (61 UFC/100ml) des germes coliformes totaux par rapport à la réglementation algérienne.

**10. Quelques résultats obtenus au laboratoire de l'unité d'eau minérale « lala khedidja »** par ISSAOUN et TAIBI (2016), ont focalisé sur la comparaison de la qualité physico-chimique et bactériologique de trois eaux différentes, dont deux eaux embouteillées commercialisées sous la dénomination d'eau minérale naturelle «Lalla Khedidja» et l'eau de source «Sidi-Rached», ainsi qu'une eau de robinet qui alimente la région de Boghni.

#### 10.1. Interprétation des résultats physico-chimiques

Ce tableau 10 apporte les valeurs de la conductivité des eaux étudiées.

**Tableau 10 :** Valeurs en conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) des différentes eaux étudiées (ISSAOUN et TAIBI, 2016).

Echantillons	Valeur expérimentale	OMS
Eau de consommation de la région de Boghni	1181	2800
Lalla Khedidja	525	
Sidi-Rached	693	

### ✓ Discussions

D'après les résultats enregistrés par ISSAOUN et TAIBI (2016), la conductivité des eaux analysées varie entre 525 et 1181  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Les valeurs obtenues ne dépassent pas les normes fixées par l'OMS.

Une importante élévation de la conductivité est enregistrée dans l'eau de consommation de la région de Boghni par rapport au deux autres eaux analysées, qui pourrait s'expliquer par la

présence d'ions libérés par la corrosion des conduites ou à l'élévation de la teneur de quelques ions tels que les chlorures provenant du traitement par le chlore.

Ce tableau 11 résume le dosage du magnésium des différentes eaux étudiées.

**Tableau 11** : Résultats du dosage du magnésium exprimés en mg/l (ISSAOUN et TAIBI, 2016).

Echantillons	Valeur expérimentale	OMS
Eau de consommation de la région de Boghni	28,87	NG = 30
Lalla Khedidja	8,4	
Sidi-Rached	5,35	

### ✓ Discussions

D'après les résultats de ISSAOUN et TAIBI (2016), les teneurs en magnésium répondent aux normes requises pour les eaux de consommation. Une augmentation de la teneur en magnésium est constatée dans l'eau de la région de Boghni. Ceci serait dû aux précipitations qui entraînent le lessivage des terrains traversés qui sont de nature calcaire.

Concernant l'eau minérale «Lalla Khedidja» et l'eau de source «Sidi-Rached», les valeurs indiquées sur l'étiquette présentent de légères différences par rapport à celles retrouvées. Ce qui pourrait être due aux erreurs de manipulation. Sachant que le magnésium est calculé à partir de la dureté totale et de la dureté calcique lesquelles sont dosées par la méthode volumétrique ce qui accumule le taux d'erreur de la dureté totale (TH) et du calcium.

### 10.2. Interprétation des résultats microbiologiques

**Tableau 12** : Tableau récapitulatif de la qualité bactériologique des différentes eaux analysées (ISSAOUN et TAIBI, 2016).

Origine des eaux	Contrôle
Eau de consommation de la région de Boghni	Acceptable
Lalla Khedidja	Satisfaisante
Sidi-Rached	Satisfaisante

D'après les résultats enregistrés par ISSAOUN et TAIBI (2016), les analyses effectuées sur les trois types d'eaux (de consommation, minérale, de source) répondent aux normes, car tous les contrôles sont satisfaisants. Ce qui signifie que la qualité bactériologique de ces eaux est bonne.

Les résultats des analyses bactériologiques sont présentés dans le (Tab. 13).

**Tableau 13 :** Récapitulatif des résultats des analyses microbiologiques (ISSAOUN et TAIBI, 2016).

<b>Germes recherchés</b>	<b>Eau de consommation de la région de Boghni</b>	<b>Lalla Khedidja</b>	<b>Sidi-Rached</b>	<b>Normes Algérienne</b>	<b>OMS</b>
Coliformes totaux/100 ml	Absence	Absence	Absence	CMA : 0	<10
Germes totaux (c/ml) 22°C	35	Absence	Absence	NG : 100	/
Streptocoques fécaux/ 100 ml	Absence	Absence	Absence	CMA : 0	Absence
Clostridium sulfito-réducteur/25 ml	Absence	Absence	Absence	CMA : 0	Absence

**CMA :** Concentration Maximale Admissible.

✓ **Interprétations des résultats**

ISSAOUN et TAIBI (2016), ont constaté d'après le tableau (13), l'absence de toutes formes bactériennes de contamination fécale pour les trois eaux analysées. En effet, toutes les analyses montrent l'absence totale coliformes totaux, streptocoques fécaux et de Clostridium sulfito réducteur. Ceci démontre que ces eaux semblent être à l'abri de toute pollution fécale. Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau de consommation de la région de Boghni ont mis en évidence la présence de germes totaux, ce qui supposerait que cette eau est initialement plus chargée.

Malheureusement, les conséquences de la prolifération de la flore totale du point de vue de la santé publique sont encore mal connues, en particulier pour les personnes vulnérables comme les bébés et les enfants, les femmes enceintes, les personnes dont le système immunitaire est affaibli et les personnes âgées. En ce qui concerne les bébés, l'eau de consommation n'étant pas stérile, il est nécessaire de la désinfecter et par exemple en la faisant bouillir pendant une minute avant de l'utiliser et pour les préparations des nourrissons (OMS, 2000).

En conclusion, du point de vue bactériologique, les eaux embouteillées commercialisées sont de meilleure qualité que les eaux du robinet.

# **Chapitre III**

## Pollution de l'eau

**Introduction**

L'eau douce est nécessaire à notre vie. Or, aujourd'hui, la moitié des fleuves serait polluée. Beaucoup de personnes n'ont pas accès à l'eau potable. Ils doivent donc boire de l'eau douce qui est parfois polluée. Les eaux polluées qui sont ensuite consommées peuvent rendre malade ; il y aurait 2 millions de personnes qui meurent à cause des maladies survenues suite à la consommation de l'eau polluée (SELHI et SMAIL, 2004).

**1. Définition de la pollution de l'eau**

Une eau est dite polluée lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement dégradé. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution (KENNETH, 1976).

**2. Origines de la pollution de l'eau**

Selon l'origine des substances polluantes, on a quatre catégories de pollution à distinguer (GAUJOUS, 1995).

**2.1. Pollution domestique**

La pollution domestique provient des habitations et elle est, en général, véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par la présence de germes fécaux, de fortes teneurs en matière organique, des sels minéraux et des détergents (GAUJOUS, 1995), (ANNEXE 4).

**2.2. Pollution industrielle**

La pollution industrielle est provoquée par les rejets d'eau résiduaire d'origine industrielle susceptibles de contenir une infinité de substances plus ou moins biodégradables (GAUJOUS, 1995). Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activités : substances organiques banales ou de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds, etc. Ces produits sont exceptionnels mais trop souvent chroniques dans le cas des fuites de réservoir ou de canalisation (BEAUCHAMPS, 2006), (ANNEXE 4).

### **2.3. Pollution agricole**

Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. On peut citer :

- ❖ Les fertilisants : telle que les engrais minéraux du commerce ou les déjections animales;
- ❖ Les produits phytosanitaires telle que les herbicides, les fongicides et les insecticides (GRASCLAUD ,1999), (ANNEXE 4).

### **2.4. Pollution naturelle**

Certains phénomènes naturels sont à l'origine de la pollution des eaux tel qu'une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, un contact avec des filons géologiques et les pluies acides (GAUJOURS, 1995).

## **3. Différentes formes de la pollution de l'eau**

On distingue quatre formes de pollution des eaux qui sont ;

### **3.1. Pollution ponctuelle**

La pollution naturelle provient des ressources bien définies et qui peuvent être contrôlées par les stations d'épuration (rejets domestiques ou industriels) (LEVEQUE, 1996).

### **3.2. Pollution diffuse**

La pollution diffuse est due principalement aux pratique agricoles, les engrais gagnent les milieux aquatiques par lessivage des sols en surface et après infiltration dans le sol (LEVEQUE, 1996).

### **3.3. Pollution chronique**

La pollution chronique correspond aux rejets domestiques des villes.

### **3.4. Pollution accidentelle ou aigue**

La pollution accidentelle résulte du déversement accidentel de produits toxiques dans le milieu naturel.

#### 4. Différents types de la pollution de l'eau

Il existe trois types de pollution de l'eau :

##### 4.1. Pollution physique

Ce type de pollution est causé par les rejets d'eau chaude provenant de refroidissement des centrales électriques classiques ou nucléaires (PESSON, 1976).

RAMADE (2000) rappelle les principaux agents de pollution physique que sont la chaleur, les matières en suspension (MES) et la radioactivité.

- ❖ L'élévation de la température de l'eau de surface diminue la solubilité des gaz dans l'eau, en particulier l'oxygène. Il en résulte une diminution du pouvoir auto-épurateur des eaux de surface, donc une augmentation de la matière organique.
- ❖ Les particules en suspension de nature organique ou minérale sont introduites dans l'eau de surface par les eaux de ruissellement, elles proviennent essentiellement d'effluents industriels et urbains.
- ❖ La radioactivité est potentiellement la plus dangereuse des polluants physiques, elle met en jeu les rayonnements  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$ , de puissances diverses. Certaines roches et minerais contiennent des éléments instables et radioactifs, comme l'uranium, le radium et thorium. Leur accumulation dans l'organisme provoque des toxicités (RAMADE, 2000), (ANNEXE 4).

##### 4.2. Pollution chimique

Selon RAMADE (2000), la pollution chimique est due aux sels minéraux dissous et aux micropolluants :

- Les sels minéraux dissous sont nombreux, ils comprennent les chlorures et les sulfates qui se combinent au sodium, magnésium,
- Les micropolluants sont des corps chimiques à l'origine de multiples nuisances. Ils sont de nature minérale et organique (pesticides, détergents et hydrocarbures).
- Les métaux lourds (tel que le plomb et le chrome), affectent les propriétés organoleptiques de l'eau. Ils sont dangereux même à l'état de traces car ils s'accumulent dans la chaîne alimentaire par leur ingestion répétée et provoquent de graves altérations chez l'organisme humain.
- Les pesticides (insecticides, herbicides, fongicides) regroupent un ensemble de substances chimiques destinées à protéger les végétaux contre les organismes nuisibles. Leur présence dans l'eau peut être liée à leur emploi dans l'agriculture.

-Les détergents sont des tensioactifs utilisés en pratique pour le dégraissage, le nettoyage, etc. Leurs présences dans les eaux sont dues aux rejets urbains et industriels. Ils inhibent le processus d'autoépuration, limitent le développement des micro-organismes et bloquent la ré-oxygénation du milieu hydrique.

-La pollution par les hydrocarbures est liée aux rejets d'activités diverses (stations – services, les huiles industrielles, carburants et machines agricoles motorisées), (ANNEXE 4).

#### **4.3. Pollution microbiologique**

La pollution microbiologique peut être de nature virale, parasitaire ou bactérienne.

Les polluants microbiologiques entraînent un déficit en oxygène dissous et une apparition des odeurs désagréables. Les polluants bactériologiques et viraux sont les plus dangereux, ils provoquent des maladies mortelles comme la typhoïde et le cholera (RAMADE, 1998 et 2005), (ANNEXE 4).

### **6. Impact de la pollution**

#### **6.1. Sur la santé humaine**

Le risque hydrique survient de manière directe ou indirecte. Dans le premier cas, il résulte d'un contact avec l'eau contaminée elle-même (eau usée, eau de loisirs ou de boisson). Dans le second cas, il survient d'aliments ou d'air contaminé par des aérosols, d'eau chaude sanitaire, de stations de traitement des eaux (DEFRANSECHI, 1996). Selon l'OMS(2006), les contaminations hydriques sont essentiellement de nature biologique ou chimique. Les contaminants biologiques sont des bactéries (saprophytes, opportunistes), des virus, des parasites et des algues. Le risque microbien est, de loin, le plus évident à l'échelle mondiale (DEGREMONT, 1989). Le tableau (10) ci-dessous représente les effets des polluants de l'eau sur la santé humaine.

**Le tableau 14 :** Effets des polluants de l'eau sur la santé humaine (OMS, 2004).

<b>Polluants</b>	<b>Leurs effets sur la santé</b>
Matières en suspensions	Transportent des polluants et augmente donc le risque de contamination de l'homme.
Pollution organique	Favorise le développement d'organismes pathogènes.
Azote (nitrate, phosphore)	Maladie bleue chez les enfants.
Métaux	Troubles respiratoires, digestifs, nerveux ou cutanés arsenic, nickel et chrome considérés comme cancérigènes.
Pesticides	Effets neurotoxiques (troubles de la reproduction), mutagènes et cancérigènes.

### 6.2. Sur la nature

La pollution des eaux conduit à des altérations physico-chimiques des biotopes. Il en résulte des bouleversements biocénétiques qui transforment entièrement la structure de la communauté vivante. Selon RAMADE (2000), l'impact des eaux usées sur la faune se manifeste par la diminution de la diversité spécifique, le polluant élimine un nombre important d'espèces, tandis que les espèces tolérantes à la pollution se mettent à pulluler. L'impact des polluants hydriques sur la flore est différent d'une espèce à une autre. Les espèces végétales les plus sensibles sont caractérisées par un taux de mortalité très élevé dès le contact avec des polluants (il s'agit surtout d'espèces bio-indicatrices de pollution) (RAMADE, 1992).

**Chapitre IV**  
**Maladies**  
**transmissibles par**  
**l'eau**

**Introduction**

Les maladies transmissibles par l'eau apparaissent lors de la dégradation des conditions d'hygiène et des contrôles sanitaires. Ces maladies peuvent être causées par un nombre important de micro-organismes : les bactéries, les virus et les parasites (ROLAND, 2003 in CHOUGAR, 2015).

Elles peuvent être réparties en trois catégories :

- Les maladies à transmission hydrique causées par les micro-organismes fécaux-oraux et les substances toxiques ;
- Les maladies à support hydrique dues aux organismes aquatiques.
- Les maladies transmises par de nombreux vecteurs vivants dans l'eau (moustiques, mouches), dont les plus graves affections sont représentés par le paludisme et la fièvre jaune (BOUZIANI, 2000).

**1. Principaux facteurs générateurs des maladies transmissibles**

Plusieurs facteurs favorisent l'apparition, le développement et la diffusion des maladies transmissibles. Ces facteurs sont très nombreux et agissent à différents niveaux de la chaîne épidémiologique :

- Hygiène des populations : un état d'hygiène défectueux (collective, individuelle) des milieux défavorisés.
- Niveau socio-économique des populations : problème d'habitat et de promiscuité,
- Vie collective (école, entreprise,...) (BENHALIMA, 2019).
- Absence de conformité du réseau d'alimentation en eau potable favorisée par l'insuffisance des contrôles techniques des services de l'hydraulique,
- Approvisionnement en eau potable insuffisant ;
- Traitement et surveillance de l'eau destinée à la consommation humaine peu ou mal connus (ASHBOLT, 2004).

**2. Maladies à transmission hydrique(MTH)**

La transmission d'une maladie fait intervenir un agent infectieux, une voie d'introduction et un sujet réceptif (HASLAY et LECLERC, 1993).

2.1. Maladies d'origines bactériennes

Les eaux polluées peuvent contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes qui transmettent plusieurs types d'affections dites maladies à « transmission hydrique » ou « maladies des mains sales ».

La plupart de ces germes pathogènes ont une origine fécale et leur transmission est dite Oro-fécale (BOUZIANI, 2000).

Le tableau ci- dessous représente les principales maladies d'origines bactériennes et leurs agents.

**Tableau 15** : Principales bactéries pathogènes responsables d'infections bactériennes. (VILLAGINES, 2003)

Maladies	Agents responsables	Manifestations	Contaminations
Fièvre Typhoïde et Paratyphoïde	<i>Salmonella typhi</i> et <i>Salmonella paratyphi</i> de type A	-Fièvre -Céphalées -Diarrhée -Douleurs abdominales -Hémorragies intestinales -Atteintes hépatiques respiratoires et neurologique.	Voie digestive à partir d'eau contaminée par des matières fécale.
Gastro-entérites	<i>Escherichia coli</i>	-Vomissement -Diarrhée -Crampes musculaires -Fièvre, nausée et maux de tête.	
Choléra	<i>Vibrio cholerae</i>	-Diarrhée -Vomissement -Fièvre, nausée -Douleurs abdominales.	

### 2.2. Maladies d'origine parasitaire

Les parasites sont généralement véhiculés dans l'eau sous forme d'œufs, de kystes ou de vers. Ils ne sont pas détruits par la chloration et par les autres méthodes de désinfection chimique. Ils sont éliminés mécaniquement à l'aide d'une bonne filtration de l'eau de boisson (Bouziani, 2000).

Parmi les parasites pathogènes les plus fréquents dans l'eau, on distingue (Tab. 16) :

**Tableau 16** : Principaux parasites responsables d'infections parasitaires.

Maladies	Agents responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Gastro-entérites	<i>Cryptosporidium parvum</i>	-Diarrhée profuse aqueuse avec crampes abdominales et nausée.	Voie digestive	VILLAGINES (2003)
Giardiase	<i>Giardiase lamblia</i>	-Crampes abdominales, nausée -Diarrhée aqueuse.	Ingestion des Kystes	HASLAY et LECLERC (1993)

### 2.3. Maladies d'origine virale

Les virus sont des micro-organismes infiniment plus petits et plus résistants dans l'eau. Ce sont des micro-organismes qui ont un métabolisme spécifique ; ils ne peuvent se multiplier qu'à l'intérieur d'une cellule vivante. Leur présence dans l'eau est liée à une élimination humaine, par les selles, plus rarement par les urines ou l'excrétions nasopharyngée (BOUZIANI, 2000).

Parmi les virus responsables de maladies hydriques, nous distinguons (Tab. 17) :

**Tableau 17** : Principaux virus responsables d'infections virales.

Maladies	Agents responsables	Manifestations	Contaminations	Références
Gastro-entérites virales	Rotavirus Virus de Norwalk	-Diarrhées et fièvres -Nausée et vomissements	Voie digestive	HASLAY et LECLERC (1993)
Hépatite infectieuse	Virus de l'hépatite A Virus de l'hépatite E	-Perte d'appétit -Urines foncées, diarrhées, nausées et fièvres. -Trouble digestifs -Urines foncées, diarrhées, nausées et fièvres		OMS (2008)

### 3. Solutions à mettre en œuvre

- Promotion de l'hygiène et la salubrité publique par amélioration des conditions de vie du citoyen (promotion de l'habitat, alimentation en eau potable et assainissement du milieu.) ;
- Collaboration intersectorielle permanente concernant, en particulier, les secteurs de l'habitant, de l'hydraulique et de la santé. La participation des collectivités locales demeure fondamentale aux prioritaires.
- Lutte contre l'habitat précaire,
- Unification des méthodes de contrôle techniques des services de l'hydraulique (Site internet).

**4. Programme national de lutte contre les MTH**

Durant les années 1980, il a été enregistré de graves dégradations de l'environnement et de très fréquentes ruptures d'approvisionnement en eau potable dans la plupart des villes du pays. Ces conditions particulières ont permis l'éclosion de nombreux foyers endémo-épidémiques de maladies hydriques et la multiplication de nombreux processus épidémiques de typhoïde et de choléra durant les saisons estivales. Devant cette grave situation épidémiologique, le gouvernement a mis en place en 1987 un programme national de lutte contre les maladies hydriques. Ce programme qui a introduit pour la première fois la notion de la multisectorialité de la prise en charge des maladies hydriques est basé sur plusieurs actions relevant de différents secteurs :

- Les actions menées par le service de santé : surveillance épidémiologique des MTH et contrôle systématique des points de vente des aliments et de l'eau de boisson.
- Des actions menées par les communes : entretien et protection des ouvrages d'adduction d'eau, l'assainissement et le contrôle des puits.
- Des actions du secteur de l'hydraulique : prisent en charge des réseaux de distribution d'eau, l'assainissement (l'évacuation et le traitement des eaux usées) (TALEB, 2006).

# **Conclusion et perspectives**

L'eau est une ressource naturelle précieuse indispensable à la vie humaine. Elle entre dans la composition du corps humain et la plupart des aliments. Elle est utilisée en alimentation humaine et animale, en industrie, en agriculture et autres secteurs.

L'eau de source étant une eau issue des nappes phréatiques souterraines, ayant bénéficié d'une protection contre la pollution, donc une eau pure et naturelle dont la composition s'avère bénéfique pour la santé humaine

Sans cette matière, la vie sur terre n'aurait jamais existé. C'est donc un élément noble qu'on doit protéger pour les générations futures.

Les propriétés physico-chimiques de l'eau doivent être conformes aux normes de potabilité pour assurer certaines fonctions naturelles (potentialités biologiques) et usages humains (eau potable, irrigation...).

L'étude microbiologique de l'eau distribuée à la consommation est basée sur la recherche des microorganismes indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes fécaux et streptocoques fécaux. Ces indicateurs sont spécifiques de la flore intestinale, leur présence en grand nombre dans un milieu aquatique indique l'existence d'une contamination fécale, et donc un risque épidémiologique potentiel.

La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscule organismes extérieurs, de produits chimiques ou de déchets industriels. Elle est due principalement aux activités humaines, entraîne une dégradation de la qualité de l'eau et perturbe le milieu aquatique. On distingue plusieurs sources de pollution : domestique, agricole, industrielle et naturelle, dont l'eau est le véhicule de transport et de dissémination idéal.

Les maladies d'origine hydrique constituent un problème majeur de santé publique, aussi bien dans les pays en voie de développement que dans les pays industrialisés. Leur importance se chiffre en termes d'incidence annuelle, de nombre d'hospitalisations et malheureusement de décès, essentiellement dans les pays en voie de développement ;

- ❖ Il apparaît clairement que les responsables des maladies hydriques sont essentiellement des bactéries, des virus et des parasites ;
- ❖ La voie de contamination majeure est la voie oro-fécale ;
- ❖ En termes de prophylaxie (ensembles des mesures à prendre pour prévenir les malades), l'hygiène individuelle et collective est la mesure la plus efficace pour lutter contre les MTH.

### **D'après les résultats obtenus :**

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que les caractéristiques physico-chimiques de l'eau sont dans les intervalles des normes national et internationales retenues pour l'eau.

Les analyses microbiologiques effectuées sur les prélèvements ont révélé une absence totale des germes de contamination fécale dans l'eau de puits et l'eau de robinet de la région de Ben Yahi. Par contre l'eau de puits de la région de Kouara montre une charge élevée des germes coliformes totaux donc il a conclu que cette eau n'est pas potable.

L'examen analytique de l'eau minérale naturelle et de l'eau de source à montrer qu'elles sont de bonne qualité physico-chimique et bactériologique.

Par ailleurs, l'eau de robinet présente une qualité bactériologique médiocre. En effet, les résultats d'analyse indiquent qu'elle renferme une certaine charge en germes totaux, mais qui restent toujours inférieur aux valeurs fixés par l'OMS. Ceci peut être dû à la pratique des élevages d'animaux qui vivent et qui pâturent à proximité du barrage.

Enfin, nous pouvons faire quelques perspectives utiles pour la préservation des ressources naturelle:

- ❖ Mener une large campagne de sensibilisation.
- ❖ Un contrôle permanent des sources et des puits.
- ❖ Mettre en place un système d'évacuation correcte des eaux usées.
- ❖ Eviter les infiltrations des rejets domestiques et industriels vers les aquifères et faire recours à des transferts par canalisations vers les stations d'épuration, ou vers des lagunes pour un traitement microbiologique.
- ❖ Surveiller et contrôler l'utilisation des fertilisants et des pesticides afin de minimiser ou éviter la migration des excès vers les eaux souterraines.

# **Références bibliographiques**

### « A »

**ALIAN M. (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autres procédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. 2ème Ed Tec et Doc, Paris.286p.

**AIT ABDELAZIZ F. et BEN HAMLAT F. (2016).** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de trois sources d'eau. Mémoire de master protection de l'environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 70p.

**ABDESSELEM A. (1999).** Suivi de la qualité microbiologique et physico-chimique de Trois Serres Alimentant de la région de Tlemcen. Mémoire. Université de Tlemcen. 2-18p.

**ASHBOLT S. (2004).** Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. Toxicol. 229-238p.

**ATTEIA O. (2005).** Chimie et pollution des eaux souterraines. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris. 398p.

### « B »

**BENHALIMA L. (2009).** Cours de Master Microbiologie Appliquée .Maladies à Transmission Hydriques. Université 8 Mai 1945 Guelma Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la terre et de l'Univers. 117p.

**BERNARD C. (2007).** Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Edition Bibliobazaar. 316p.

**BERTRAND G. (2008).** Utiliser L'eau De Pluie, Editions Eyrolles, 130 p.

**BEAUCHAMP J. (2006).** Qualité et pollution des eaux souterraines. Université de Picardie Jules Vème Thèse de doctorat. 335p.

**BOUAROURENE M. et SADI M. (2016).** Caractérisation et valorisation de quatre sources de la région de Toudja Wilaya de Bejaia. Mémoire de Master en Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 65p.

**BOURGROIS C.M. et LEVEAU J.Y. (1991).** Technique d'analyse et de contrôle dans l'industrie agroalimentaire. Volume 3 ; Edition Lavoisier, Paris. 3351p.

**BOUZIANI M. (2000).** L'eau, de la pénurie à la maladie. Ed. Ibn Khaldoun. Algérie. 195p.

### « C »

**CARDOT C. (1999).** Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus : génie de l'environnement. Ed Ellipses. 247p.

**CHERY L. (2006).** La qualité des eaux souterraines : Méthodes de caractérisation des états de référence des aquifères français. Ed. brgm, Paris. 238p.

**CHOUGAR L. (2015).** Traitement physique chimique et bactériologique de l'eau d'alimentation de la commune de Béni Douala. (Tizi-Ouzou). Mémoire de Master protection de l'environnement. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. 60p.

**COURT L. (1986).** Le coût économique et social de la pollution de l'eau. Tome I : les micropolluants et la législation. Ed. Lavoisier - Tec et Doc. Paris. 22p.

**CHOUTI W.K. (2006).** Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo. Mémoire d'études supérieures spécialités (DESS), option : Décentralisation et Gestion des Eaux (DGE). Université d'Abomey-Calavi (uac) the Abdu Salam international centre for theoretical physics (ictp), institut de mathématique et de sciences physiques (imsp) Porto-Novo, facultés universitaires notre dame de la paix e Namur (FUNDP) Belgique. 50p.

**C.I.E. (2005).** Centre d'information sur l'eau disponible sur internet [www.Cieau.com](http://www.Cieau.com). 89p.

**COLLIN J.J. (2004).** Les eaux souterraines. Edition Belin. 56 -59p.

### « D »

**DEFRANCESCHI M. (1996).** L'eau dans tous ses états. Edition Marketing S.A, Paris.128p.

**DEGREMONT. (2005).** Mémento technique de l'eau. Tome I. 10<sup>eme</sup> édition. Lavoisier, Tec et Doc, Paris. 859 p.

**DEGREMONT. (2005) :** Mémento technique de l'eau. Tome II. 10<sup>eme</sup> édition. Ed. Lavoisier, Tec et Doc, Paris. 859 p.

**DEGREMONT. (1989).** Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome I. 2503p.

**DELARRAS C. (2003).** Surveillance sanitaire et Microbiologique des Eaux : Réglementation .Prélèvement, Analyse. 103.215.97.98p.

**DESJARDINS R. (1997).** Le traitement des eaux. 2<sup>eme</sup> Edition de l'école Polytechnique de Montréal. 190p.

### « G »

**GAUJOUS D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques, Aide-mémoire. 2<sup>eme</sup> Ed. Tech et Doc. Lavoisier, Paris. 49 P.

**GALZY P. et GUIRAUD J.P. (1998).** L'analyse Microbiologique dans les industries Alimentaires. Ed. L'usine. 236p.

**GIL M. (2002).** Chimie des eaux naturelles. Principes de Géochimie des Eaux. Ed. Publisud. 461p.

**GRASCLAUD G. (1999).** L'eau. Tome 1. Milieu naturel et maîtrise. Edition INTRA. Paris. 204p.

### « H »

**HADEF D. et HASNI M. (2017).** Mémoire de fin d'étude En vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Chimie Spécialité : Chimie Pharmaceutique et Substances Naturelles Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'Oued de Boutane région de Khemis-Miliana. 43p.

**HASLAY. C et LECLERC. H. (1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris. 496p.

**HILLET D. (1988).** L'eau et le sol. Principe et processus physiques. 2ème Edition ACADIMIA Louvain -la-Neuve. 237p.

**HOUMEL T. (2017).** Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau. Mémoire de Master en Biologie. Spécialité: Protection de l'environnement. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 74p.

### « I »

**ISSAOUN. M et TAIBI. M. (2016).** Etude comparative de la qualité microbiologique et physico-chimique de trois eaux (eau minérale naturelle, eau de source et eau de robinet). Mémoire de Master en Sciences Agronomiques. Option : Management de la qualité totale et sécurité des aliments. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 70p.

### « K »

**KENNETH M. (1976).** Biologie de la pollution. Edition Librairie Vuibert. Paris. Lavoisier 2006. 71p.

### « L »

**LEDLER. (1986). et HAOUSSA N. (2013).** Etude de la qualité des eaux des mélanges eau d'oued Biskra – Eau de Droh. Mémoire de master 2. Hydraulique urbaine, Université Mohamed Khider –Biskra : Faculté des sciences et de technologie. 25 p.

**LEVEQUE C. (1996).** Ecosystème aquatique, Edition Hachette livre. Paris. 160p.

**LUNC J. et LAGARDETTE M. (2004).** L'eau potable et l'assainissement. Edition Johannes. Paris. 154p.

**LOUNNAS A. (2009).** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister Présenté à l'université du 20 Août 1955 Skikda. Spécialité : Chimie Option : Pollutions Chimiques & Environnement. 90p.

### « M »

**MABILOT A. (1986).** Le forage de l'eau. Guide pratique .Edition . Johnson .Filtration systèmés. 237p.

**MEGHZILI B. (2003).** Suivi de la qualité des eaux de la station de traitement Hamdi Krouma (Skikda). Essais d'optimisation .Thèse de magister Université de Biskra. 77- 89 p.

**MERAH A. (2019).** Etude de la qualite physico-chimique et microbiologique de l'eau des différentes sources (w. Mostaganem). Mémoire de Master en biologie. Spécialité : Microbiologie Fondamentale. 59p.

**MELGHIT M. (2013).** Qualité physico-chimique, pollution organique et métallique des compartiments Eau / Sédiments de l'Oued Rhumel, et des barrages Hammam Grouz et Beni Haroun. Thèse Magistère en Ecologie. Option: Gestion des déchets. Université Mentouri de Constantine. 80p.

**MORLOT M. (1996).** Aspects analytique du plomb dans l'environnement. Ed. Lavoisier. Tec et Doc. 484p.

**MONIQUE T.H, JEAN P.B (1984).** Chimie des eaux. Editeur. Le Griffon d'argile. 340p.

**MOUFFOK F. (2008).** Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson, manuel des travaux pratiquent des eaux. Institut Pasteur d'Algérie 2008. 53p.

### « O »

**O.M.S. (1986).** OMS. Directives de la qualité pour l'eau de boisson. (1986).

**O.M.S. (2004).** OMS. Directives de la qualité pour l'eau de boisson. (2004).

**O.M.S. (2006).** OMS. Directives de la qualité pour l'eau de boisson. (2006).

**O.M.S. (2008).** OMS. Directives de la qualité pour l'eau de boisson. (2008).

**OBSERVATION REGIONAL DE L'ENVIRONNEMENT. (2014).** Répartition de l'eau sur Poitou-Charentes. France.

### « P »

**PERRY J. (1984).** Microbiologie. Cours et question de révision. Ed. Dunod. Paris. 916p.

**PESSON P. (1976).** La pollution des eaux continentales. Incidences sur les biocénoses aquatiques Ed. Gauthier-Villars. 285p.

**POTELON J. et ZYSMAN K. (1998).** Le guide des analyses d'eau potables. Ed. La lettre du cadre territoriale, paris France. 120p.

**RAMADE F. (1992).** Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson, Paris. 378 p.

**RAMADE F. (1994).** Elément d'écologie. Écologie fondamentale. Ed. Science internationale, Paris. 245p.

**RAMADE F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Dunod, Paris. 370p.

**RAMADE F. (2005).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Science internationale, Paris. 528 p.

**RAMADE F. (1998).** Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Ed. Science international, Paris. 487p.

**RAMBAUD A. et DELATTRE J.M. (1992).** In. Les Eaux Conditionnées (Déborah Tampon). Ed. Lavoisier APRIA- Tec & Doc. 08-26-35p.

**REJSEK F. (2002).** Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. Série science et techniques de l'environnement. Ed. Scérén. France. 138-142p.

**RODIER J. (1984).** L'analyse de l'eau, eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer, Ed. Bordas, Paris. 228p.

**RODIER J. (2005).** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8eme Edition Dunod, Paris. 1381p.

**RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. et BRUNET R. (2009).** L'analyse de l'eau. 9eme edition, Ed. Dunod, Paris. 1526p.

**ROLAND V. (2003).** Eau, environnement et santé publique introduction à l'hydrologie 2eme édition, Lavoisier, Paris. 198p.

**ROUX M. (1987).** L'analyse biologique de l'eau. Edition Technique et documentation, Lavoisier, Paris. 230p.

**ROUX J.C. (1989).** Analyse biologique de l'eau. Etude de synthèse. Office national de l'eau édition du BRGM, n° 23. 113p.

« S »

**SAMAKE H. (2002).** Thèse de doctorat analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000-2001 faculté de médecine. 58p.

**SAIDI S. (2014).** La qualité des eaux du sous bassin versant de l'oued aissi. Mémoire d'ingénieur. Spécialité Protection de l'environnement. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 92p.

**SELHI S. et SMAIL T. (2004).** Analyse physico-chimique des eaux de consommation de la ville de Bejaia. Mémoire d'ingénieur. Université Abderrahmane Mira Bejaia. Spécialité Génie des procédés. 93p.

« T »

**TARDAT. HENRY M. (1992).** Chimie des eaux .Edition Québec : Griffon d'argile. 560p.

**TALEB M. (2006).** État de l'assainissement d'une zone côtière Analyses et perspectives d'aménagement. Mémoire de Magister. Université d'Oran. 158p.

« V »

**VILAGINES R. (2003).** Eau, environnement et santé publique 2ème édition Technique et Documentation, paris. 20-21-34p.

« Y »

**YVELINE L. (1990).** L'univers sonore animal : rôle et évolution de la communication acoustique. Ed. Gauthier-Villars. 8792p.

« Site internet »

(<http://univ.encyeducation.com/uploads/1/3/1/0/13102001/epidemio6a22-maladies-transmission-hydrique.pdf>).

# **ANNEXES**

**Annexe 1 : Paramètres avec valeurs indicatives (Normes algériennes du ministre des ressources en eau depuis 22 mars 2011)**

<b>Groupe de paramètres</b>	<b>Paramètres</b>	<b>Unités</b>	<b>Valeurs indicatives</b>
Paramètres physico-chimiques en relation avec la structure naturelle des eaux	PH	Unité pH	$\geq 6.5$ et $\leq 9$
	Conductivité	$\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C	2800
	Température	°C	25
	Dureté	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	Alcalinité	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	500
	Calcium	mg/l en CaCO <sub>3</sub>	200
	DBO <sub>5</sub>		<3
	DCO	mg/l	30
	Potassium	mg/l	12
	Résidu sec	mg/l	1500
	Sodium	mg/l	200
	Sulfates	mg/l	400
Paramètres organoleptiques	Couleur	mg/l Platine	15
	Turbidité	NTU	5
	Odeur 12°C	Taux dilution	4
	Saveur 25°C	Taux dilution	4
Paramètres chimiques	Aluminium	mg/l	0,2
	Ammonium	mg/l	0,5
	Baryum	mg/l	0,7
	Bore	mg/l	1
	Fer total	mg/l	0,3
	Fluorures	mg/l	1,5
	Manganèse	$\mu\text{g}/\text{l}$	50
	Nitrates	mg/l	50
Nitrites	mg/l	0,2	

## ANNEXES

	Oxydabilité	mg/l O <sub>2</sub>	5
	Phosphore	mg/l	5
	Acrylamide	µg/l	0,5
	Antimoine	µg/l	20
	Argent	µg/l	100
	Arsenic	µg/l	10
	Cadmium	µg/l	3
	Chrome total	µg/l	50
	Cyanure	µg/l	70
	Mercure	µg/l	6
	Plomb	µg/l	10
	Sélénium	µg/l	10
	Zinc	mg/l	5
	Phénols	µg/l	0,5
	Bromates	µg/l	10
	Chlore	mg/l	5
	Chlorite	mg/l	0,07
	Trihalométhanes (THM) (Total)	µg/l	100
Radionucléides	Particules alpha	Picocurie/l	15
	Particules bêta	Millirems/an	4
	Tritium	Bequerel/l	100
	Uranium	µg/l	15
	Dose totale indicative (DTI)	(mSv/an)	0,1
Paramètres microbiologiques	Escherichia Coli	nb /100ml	0
	Entérocoques	nb /100ml	0

	Bactéries sulfito-réductrices y compris les spores	nb/20ml	0
--	--	---------	---

**Annexe 2 : Les normes de l’OMS de qualité des eaux potables 2006.**

Elément/ substance	Lignes directrices fixées par l'OMS
Aluminium	0,2 mg/l
Ammonium	Pas de contraintes
Antimoine	0.02 mg/l
Arsenic	0,01 mg/l
Amiante	Pas de valeur guide
Baryum	0,7 mg/l
Béryllium	Pas de valeur guide
Bore	0.5mg/l
Cadmium	0,003 mg/l
Chlore	Pas de valeur mais on peut noter un goût à partir de 250 mg/l
Couleur	Pas de valeur guide
Cyanure	0,07 mg/l
Oxygène dissous	Pas de valeur guide
Fluorure	1,5 mg/l
Dureté	200 ppm
Sulfure d'hydrogène	0.05 à 1 mg/L
Fer	Pas de valeur guide
Manganèse	0,4 mg/l

Molybdène	0,07 mg/l
Nitrate et nitrite	50 et 3 mg/l (exposition à court terme) 0.2 mg/l (exposition à long terme)
Turbidité	Non mentionnée
pH	Pas de valeur guide mais un optimum entre 6.5 et 9.5
Argent	Pas de valeur guide
Sodium	Pas de valeur guide
Sulfate	500 mg/l
Etain inorganique	Pas de valeur guide : peu toxique
TDS	Pas de valeur guide mais optimum en dessous de 1000 mg/l
Uranium	0.015 mg/l
Zinc	3 mg/l

**Annexe 3 : Les normes de l’OMS de qualité des eaux potables 2006.**

<b>Paramètres microbiologiques</b>	<b>Unité</b>	<b>Normes OMS</b>
Streptocoques fécaux	nb/100ml	0
Clostridium Sulfito-Réducteurs	nb/100ml	0
Staphylocoques pathogènes	nb/100ml	0
Spores des bactéries	nb/20ml	0
Salmonella	nb/5l	Absence
Vibrions cholériques	nb/10	Absence

**Annexe 4 : Les normes de l’OMS et Algériennes de la qualité des eaux potables.**

<b>Types de pollution</b>	<b>Les polluants</b>	<b>Normes OMS (2006) mg/l</b>	<b>Normes Algériennes (2011) µg/l</b>
<b>Pollution industriel</b>	Détergents	100	2
	Cuivre	2	2
	Plomb	0,01	10
	Nickel	0,07	70
	Sélénium	0,01	10
<b>Pollution agricole</b>	Pesticides totaux		0,5
<b>Pollution physique</b>	MES	<20	25
	Particules alpha		15 Picocurie/l
	Particules bêta		4 Millirems/an
<b>Pollution chimique</b>	Hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A) totaux		0,2
	Sulfate	500	400
	Chlorures	250	500
	Chrome	0,05	0,1
	Mercure	0,006	0,01
	Huiles et graisses		20
<b>Pollution microbiologique</b>	Coliformes totaux	0 nb/100ml	0 nb/100ml
	Escherichia Coli	0 nb/100ml	0 nb/100ml

### Résumé

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages. Son utilisation dans le domaine alimentaire ou d'hygiène nécessite une excellente qualité physico-chimique et bactériologique. L'eau potable est l'un des produits alimentaires les plus contrôlés. Elle doit être conforme aux normes de la qualité. Ainsi, elle ne doit contenir aucun micro-organisme, aucun parasite ni aucune substance susceptible de nuire à la santé humaine.

Les paramètres physico-chimiques des eaux naturelles ne doivent pas être supérieurs aux normes de potabilité.

La qualité bactériologique d'une eau est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche des bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource.

**Mots clés :** eau de source, eau potable, paramètres physico-chimiques et bactériologiques, pollution, ressource.

### Abstract

Water is a natural and essential resource for multiple uses. Its use in food or hygiene sector requires an excellent bacteriological and physico-chemical quality. Drinking water is one of the most controlled food products. It must comply with standard quality. Thus, it must not contain any micro-organism, parasite or substance likely to harm human health. It must be on the standards of potability.

The physico-chemical parameters of natural water must not exceed the drinking standards.

The bacteriological quality of water is evaluated during regulatory analytical controls by bacteria detection tests. This is mainly to control germs fecal contamination. The presence of bacteria in water means has been polluted.

**Keywords:** Spring water, potable water, physico-chemical and bacteriologica, parameters pollution, resource.