

## Licence Sciences et Techniques (LST)

GENIE CHIMIQUE

### PROJET DE FIN D'ETUDES

#### Analyses et contrôle de qualité des eaux potables

Présenté par:

◆ Hmamba Manal

Encadré par:

◆ Pr **ZEROUALE Abdelaziz**

**Soutenu Le 04 Juillet 2022 devant le jury composé de:**

- Pr **ZEROUALE Abdelaziz**
- Pr **EL GHAZOUALI Ahmad**
- Pr **IDRISSI Kandri Nourine**

**Année Universitaire 2021 / 2022**

# Dédicaces

**Je dédie ce modeste travail  
avec toute mon affection aux  
êtres qui me sont très chers  
au monde mes parents**

**Fatiha et Zakaria**

**A mon cher frère Nizar**

**A mon amie Kenza et toute la  
promotion 2022 du génie  
chimique à la FSTF**

**A toute personne ayant  
contribué de près ou de loin  
à la réalisation de ce  
modeste travail, je leur  
exprime toute ma gratitude  
et mon profond respect pour  
les efforts qu'ils ont déployé  
afin de me soutenir**



## Remercîments:

Louange à notre Seigneur « الله » qui nous a donné la force d'achever ce projet de fin d'étude. Louange à notre Créateur qui nous a incités à acquérir le savoir.

C'est à lui que j'adresse toute ma gratitude en premier lieu.

J'exprime mes sincères remerciements à monsieur **ZEROUALE Abdelaziz** enseignant à la faculté des sciences et techniques de Fès, d'accepter de diriger ce travail et de faire partie du jury.

Son attention, sa bienveillance et son appui sans faille ont été des encouragements décisifs pour mener à terme cette étude. Ses suggestions, et son soutien m'ont été très précieux. Je lui exprime ma vive et respectueuse gratitude.

Je remercie les membres du jury Mr **IDRISSI Kandri Nourine** et Mr **EL GHAZOUALI Ahmad** pour avoir accepté la présidence du jury de soutenance. Remerciements spéciaux à tout le corps professoral de la faculté des sciences et techniques de Fès, qui m'a accompagné tout au long de ma formation. Que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail trouvent l'expression de mes remerciements les plus chaleureux.

# Tableau

**Tableau 1** composition chimique de l'eau.

**Tableau 2** : classification des eaux d'après leur pH.

**Tableau 3** : Concentration des bases  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  dans l'eau analysée.

**Tableau 4** : les micro-organismes pathogènes à chercher dans l'eau.

## Abréviation

**HSN**: mélange d'acide calcique carboxylique ( $\text{C}_{21}\text{H}_{14}\text{N}_2\text{O}_7\text{S}, 3\text{H}_2\text{O}$ ) et 100 g de chlorure de sodium

**TA**: titre alcalimétrique

**TAC**: titre alcalimétrique complet

**TH**: titre hydrotimétrique

**EDTA**: acide éthylène diamine tétra-acétique

**NTU**: nephelometric turbidity unit (unité standard de mesure de la turbidité)

**IP**: l'indice permanganate

**NED**: n-1 naphthyle diamine 1,2 éthane

# Sommaire

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre 1 : EAU POTABLE.....</b>	<b>3</b>
Définition.....	3
Composition chimique.....	3
Propriétés de l'eau.....	4
Ressources hydriques au Maroc.....	4
<b>Chapitre 2 : ANALYSES PHYSICO-CHYMIQUES.....</b>	<b>6</b>
1) Turbidité.....	6
2) Conductivité.....	7
3) Potentiel hydrogène pH.....	9
4) Dureté ou hydrotimétrie.....	12
-Détermination TH.....	12
-Détermination $Ca_2^+$ .....	13
5) Détermination de l'alcalinité.....	14
- Détermination TA.....	15
- Détermination TAC.....	16
6) Détermination de l'oxydabilité par le permanganate de potassium.....	16
7) Détermination des chlorures.....	18
8) Détermination des sulfates par turbidimètre.....	20
9) Dosage des ions nitrates.....	21
<b>Chapitre 3 : ANALYSES BACTERIOLOGIQUES.....</b>	<b>23</b>
1) Introduction.....	23
2) Méthode d'incorporation sur gélose.....	25
- Prélèvement d'échantillon.....	25
-Milieu de culture.....	26
-Mode opératoire.....	26
<b>Chapitre 4 : NORMES.....</b>	<b>28</b>
Définition.....	28
1-norme physico-chimique.....	28
2-Norme bactériologique.....	29
3-Substance minéral.....	29
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>31</b>
<b>Référence .....</b>	<b>32</b>

# Introduction général

Disposer d'une eau de boisson salubre est un besoin et un droit pour chaque personne. Les gens ont besoin d'eau propre pour rester en bonne santé et garder leur dignité. Une meilleure eau est essentielle pour briser le cycle de la pauvreté, car elle améliore la santé des gens et leur force pour produire.

Cependant une baisse de la qualité de l'eau menace les avancées faites au cours de 20 dernières années dans l'amélioration de l'accès à l'eau potable. Entre 1990 et 2011, les efforts mondiaux ont aidé 2,1 milliards de personnes à avoir accès à une eau de boisson améliorée, mais toutes ces nouvelles sources ne sont pas nécessairement salubres (OMS/UNICEF, 2013).

La qualité de nos réserves d'eau douce mondiales est de plus en plus menacée par la contamination. Bien que l'eau contienne des contaminants naturels, elle est de plus en plus polluée par les activités humaines comme la défécation en plein air, un traitement incorrect des eaux usées, les décharges sauvages, de mauvaises pratiques agricoles et les déversements de produits chimiques depuis les sites industriels.

La contamination chimique de l'eau de boisson qu'elle soit naturelle ou due à une pollution est un problème très sérieux. L'arsenic et le fluorure menacent à eux seuls la santé de centaines de millions de personnes dans le monde.

La contamination microbiologique est cependant encore plus grave, notamment lorsqu'elle est liée aux excréments humains. La contamination fécale de l'eau de boisson est une des causes principales de maladies diarrhéiques. On estime que 2000 enfants de moins de 5 ans meurent chaque jour dans le monde de maladie diarrhéique. Près de 90% des morts d'enfants de maladies diarrhéiques sont directement liées à une eau contaminée, un manque d'assainissement ou une mauvaise hygiène (UNICEF Canada, 2013) [1]. Pour chaque enfant qui meurt, d'innombrables autres personnes, y compris des enfants plus âgés et des adultes, souffrent d'une mauvaise santé et manquent des opportunités d'emploi et d'éducation.

Le contrôle de la qualité de l'eau est un outil qui peut être utilisé pour identifier une eau de boisson salubre que ce soit à la source, dans un système de distribution par canalisations, ou dans la maison. L'analyse de l'eau joue un rôle important dans le contrôle du fonctionnement correct des systèmes d'approvisionnement en eau, la vérification de la salubrité de l'eau de boisson, les investigations sur les épidémies et la validation des processus et mesures préventives.

Ce rapport est subdivisé en quatre chapitres :

- Eau potable
- Analyses physico-chimiques
- Analyses bactériologiques
- Normes

# Chapitre 1

## D Eau potable

### 1. Définition

L'eau potable est une eau destinée à l'alimentation humaine y compris l'eau à boire et l'eau utilisée à la préparation des denrées alimentaires.

L'eau pour qu'elle soit potable doit passer par une variété d'étapes de traitement.

Avant la distribution d'eau traitée, il faut s'assurer de :

- sa qualité organoleptique
- ses propriétés physico-chimiques
- Absence de substances toxiques,
- Ses paramètres microbiologiques

### 2. Composition chimique

La composition chimique des eaux dépend :

- en premier lieu, de la nature des terrains qu'elles traversent,
- en deuxième lieu, des rejets des activités industrielles et domestiques.

Sur le tableau 1, on représente la composition chimique de l'eau

**Tableau 1 composition chimique de l'eau**

Composition minérale :	Composition organique :
<ul style="list-style-type: none"><li>• Les ions calciums</li><li>• Magnésium</li><li>• Sodium</li><li>• Potassium</li><li>• Les carbonates</li><li>• Les bicarbonates</li><li>• Les chlorures</li><li>• Les nitrates</li><li>• Les sulfates</li><li>• Les oligo-éléments :</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Les pesticides.</li><li>• Les déchets issus de la décomposition des végétaux.</li><li>• Matières issus de la décomposition des animaux.</li><li>• Les déchets humains.</li></ul>

l'arsenic	
le cuivre	
le cadmium	
le manganèse	
le fer	
le zinc	
le cobalt	
le plomb.....	

### 3. Propriétés de l'eau

**-Fluidité :** L'eau est un corps continu, sans rigidité, qui coule facilement, remplit tous les interstices puis s'étale en surface.

**-Solvatation :** L'eau est un solvant naturel capable de dissoudre quasiment n'importe quel substrat, au point que l'on peut affirmer que l'eau pure n'existe pas puisque le flacon qui pourrait la contenir, sans être un peu dissous par elle, n'a pas encore été inventé.

**-Chaleur spécifique :** L'eau est l'élément naturel (à part l'ammoniaque  $\text{NH}_4^+$ ) dont la chaleur spécifique est la plus élevée. La chaleur spécifique étant la quantité d'énergie qu'il faut fournir à une masse d'eau donnée pour élever sa température de  $1^\circ \text{C}$ , cela revient à dire que l'eau est difficile à chauffer, tout autant qu'elle est difficile à refroidir. La chaleur spécifique de l'eau est  $C_{p\text{eau}} = 4186 \text{ Joule/kg K}$  (à  $0^\circ \text{C}$  et à pression atmosphérique).

**-Acidité-basité :** Il arrive qu'un atome d'hydrogène d'une molécule d'eau soit capté par un atome d'oxygène d'une autre molécule. Deux molécules d'eau vont donc donner naissance à un ion  $\text{OH}^-$  et à un autre  $\text{H}_3\text{O}^+$  (hydronium). Dans l'eau pure, il y a le même nombre d'ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Mais quand une substance dissoute apporte un excès d'ions  $\text{OH}^-$ , la solution devient basique tandis qu'une autre substance apporte un excès d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$ , la solution devient acide.

### 4. Ressources hydriques au Maroc

Le potentiel des ressources en eaux naturelles au Maroc est estimé en année moyenne à près de 22 Milliards de mètres cubes (18 Milliards de mètres cubes par an d'eau de surface et 4 Milliards de mètres cubes par an d'eau souterrain).

Ce potentiel est caractérisé par une grande disparité territoriale : plus de 70 % des eaux de surface sont concentrées sur moins de 15 % du territoire national.

Le Maroc dispose actuellement d'un patrimoine de 140 grands barrages d'une capacité globale de 17,3 milliards de mètres cubes.

## Chapitre 2

### I) Analyses physico-chimiques

#### 1. Turbidité

- Définition

La turbidité est la mesure de l'aspect plus ou moins trouble de l'eau; c'est l'inverse de la limpidité. Techniquement, la turbidité correspond à la propriété optique de l'eau permettant à une lumière incidente d'être déviée (diffraction) ou absorbée par des particules plutôt que transmise en ligne droite. Elle est causée par diverses matières particulaires ou colloïdales composées de limon, d'argile, de composés organiques ou inorganiques ainsi que du plancton et d'autres micro-organismes. Les sources de matières particulaires peuvent être d'origine naturelle (acides humiques, particules provenant de la dégradation des végétaux ou de l'érosion du sol) ou anthropique (rejets industriels, agricoles et urbains) Dans le réseau de distribution, après traitement de l'eau, la turbidité peut s'accroître par la post-floculation de coagulants résiduels dissous, la recroissance de micro-organismes, la remise en suspension de la matière déposée dans les canalisations ainsi que par la corrosion de la tuyauterie.

- Turbidimètre optique



Il comprend principalement :

- Une lampe avec un filament de tungstène : source de radiation.
- Un détecteur de longueur d'onde.

Il mesure la diminution, due à l'absorbance, de l'intensité d'un rayon lumineux de longueur d'onde connue traversant la suspension.

- **Mesure de la turbidité**

### **Matériel utilisé**

- Cuvette.
- Turbidimètre.
- Eau ultra pure.
- Solutions d'étalons (800NTU .100NTU. 20NTU. 0,02NTU).

### **Mode opératoire**

A l'aide d'un turbidimètre, la mesure de la turbidité est effectuée selon les étapes suivantes :

- Calibrer le turbidimètre avec les solutions d'étalons (800NTU. 100NTU. 20NTU. 0,02NTU).
- Vérifier la fiabilité d'étalonnage avec la mesure de la turbidité de l'un des solutions d'étalons.
- Agiter doucement le flacon contenant de l'eau à analyser.
- Rincer la cuvette avec l'eau ultra pure et la remplir avec 10 ml de l'eau à analyser.
- Nettoyer la cuvette et s'assurer que la surface de la cuvette est sèche et qu'elle ne contient aucune tâche.
- Placer la cuvette dans le turbidimètre et appuyer sur READ.
- La mesure est affichée sur l'écran en NTU de l'instrument.
- Rincer la cuvette.

## **2. Conductivité**

- **Définition**

La conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en ions.

Un ion est un atome ou un groupe d'atomes qui possède une charge électrique positive ou négative. Ainsi, plus que l'eau contient des ions comme le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ), le sodium ( $\text{Na}^+$ ), le potassium ( $\text{K}^+$ ), le bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ), le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et le chlorure ( $\text{Cl}^-$ ), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée.

Ce paramètre nous renseigne sur la salinité de l'eau ou autrement dit la présence des sels minéraux provenant essentiellement de l'érosion des roches de la lithosphère (concernant les eaux de ruissellement et les eaux souterraines).

Donc plus l'eau est riche en sels minéraux, plus l'eau est salée.

Pour l'eau potable la conductivité ne doit pas dépasser  $2700 \mu\text{s}/\text{cm}^2$ .

### • Mesure de la conductivité



Cette mesure se fait à l'aide d'un conductimètre de la manière suivante :

- Allumer l'appareil ;
- Rincer l'électrode avec l'eau à analyser et la tremper dans un bêcher de 100ml rempli d'eau à analyser.
- Noter la valeur de la conductivité en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).
- Pour la maintenance de l'appareil rincer l'électrode après chaque mesure avec de l'eau ultra pure de  $0.05 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 3. Potentiel hydrogène pH

- Définition

Le potentiel hydrogène (pH) est un paramètre essentiel qui a le rôle d'indicateur d'acidité ou d'alcalinité d'une eau, on peut le déterminer à partir de la quantité d'hydrogène libre contenu dans l'eau.

$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}_3\text{O}^+]$$

Il mesure la concentration en ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre ou par colorimétrie.

Tableau 2 : classification des eaux d'après leur pH

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

- Mesure de PH

#### Méthode colorimétrique

À l'aide d'un indicateur coloré valable pour la mesure du pH sur terrain en faisant une comparaison avec une échelle de teintes préparées à partir de solution de pH connu.

L'appareil utilisé dans ce cas est un comparateur à disque.

#### ® Inconvénients de cette méthode

-L'intensité de la coloration de certains indicateurs varie avec le temps à cause des réactions chimiques qui se produisent au sein de la solution, la rapidité de ce changement étant elle-même fonction du pH.

La netteté du virage dépend de la nature de l'indicateur, le coefficient d'extinction variant lui-même avec la longueur d'onde de la lumière utilisée pour l'observation.

- La plupart des indicateurs sont inutilisables en présence de protéines, certains donnent même des erreurs en présence de produits de décomposition des protéines.

- Si l'eau contient des matières en suspension, procéder à une décantation, à l'abri de l'air et mesurer le pH sur le liquide clair, une filtration modifiant la valeur du pH.

- Il peut exister une erreur due à la salinité. En effet, la teinte de l'indicateur ne dépend pas seulement du pH, mais aussi de la nature du sel dissous et de sa concentration; l'erreur croît avec une augmentation de cette dernière.

- Les dérivés chlorés peuvent détruire partiellement les indicateurs ou renforcer la teinte. Dans le premier cas, le pH est diminué, dans le second il est élevé.

## Méthode potentiométrique

Cette méthode plus précise est celle couramment utilisée.

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Selon l'expression de NERNST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions  $H^+$  présents par la relation

$$E = E^\circ + 2,3026 \frac{RT}{F} \log a [H_3O^{+}]$$

-E : force électromotrice mesurée en volts.

- $E^\circ$  : potentiel standard en volts.

-T : température absolue en degrés K.

-F : constante de faraday (96 500 coulombs/mol)

-R : constante des gaz parfaits.

## Mode opératoire



- **Etalonnage de l'appareil**

Dans ce cas des appareils ne donnant pas des mesures directes, introduire successivement dans deux solutions étalons l'ensemble constitué par l'électrode de verre et l'électrode de calomel. Les valeurs correspondantes en millivolts lues sur l'appareil permettent de déterminer la droite liant le pH et la différence de potentiel.

Beaucoup d'appareils sont maintenant étalonnés directement en unités de pH. Ils comportent aussi un régulateur ou compensateur de température pour les mesures effectuées en dehors de 20 °C. Le réglage initial de ces appareils comporte un certain nombre d'opérations indiquées dans leur notice d'utilisation.

- **Mesure**

Pour les eaux non tamponnées ou susceptibles de se modifier au contact de l'air, les mesures s'effectuent à l'abri de l'air en utilisant un dispositif isolant l'électrode de verre de l'atmosphère ambiante. L'eau à examiner sera amenée alors au contact de l'électrode par circulation.

- **Faire la lecture après stabilisation du pH**

- Pour les eaux suffisamment tamponnées, le pH peut être mesuré au contact de l'air. Il est nécessaire d'effectuer un certain nombre de mesures pour être assuré de la constance de la valeur obtenue.

D'une façon générale si l'appareil ne comporte pas de correcteur de pente ; effectué l'étalonnage avec une seule solution tampon d'un pH aussi voisin que celui de l'eau à analyser. Dans le cas contraire, utiliser une solution tampon de pH=7 pour le réglage de normalisation puis une solution tampon d'un pH aussi voisin que celui de l'eau à analyser pour le réglage du

correcteur de pente. Pratiquement, il y a toujours lieu de se reporter aux notices des appareils utilisés.

## 4. Dureté de l'eau ou hydrotimétrie

### • Définition

La **dureté de l'eau** ou teneur de l'eau en **calcaire**, correspond à la teneur en sels de calcium et de magnésium dissous dans l'eau. Plus cette quantité est faible, plus l'eau est dite "douce"; plus cette quantité est élevée, plus l'eau est dite "dure"

La dureté de l'eau s'exprime généralement en **degrés français (°f)** :

- 0 à 6 °f : eau très douce
- 6 à 15 °f : eau douce
- 15 à 30 °f : eau moyennement dure
- 30 à 40 °f : eau dure
- > 40 °f : eau très dure

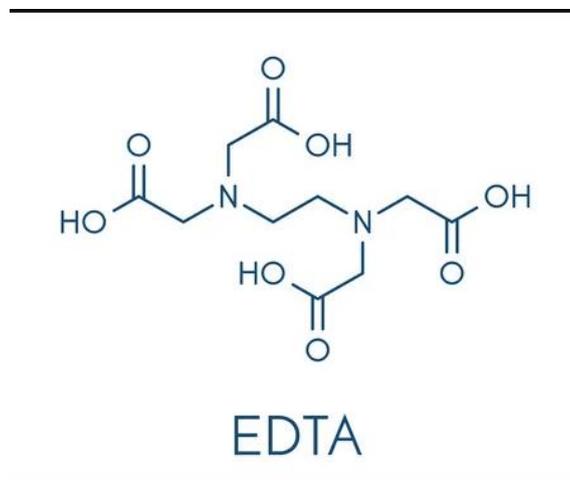
### • Détermination de TH

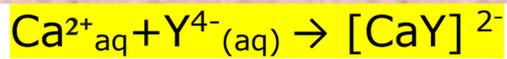
#### Principe

La détermination de la dureté totale s'effectue par titrage. A température voisine de 40°C et à pH compris entre 9 et 10, on complexe les alcalinoterreux à l'aide d'une solution titrée d'un sel disodique de l'acide éthylène diaminetetracétique (EDTA) en présence de noir érichrome comme indicateur

Avec l'EDTA et le noir érichrome on a la formation de complexes calciques et magnésiens solubles et stables.

#### Formule chimique de l'EDTA





### Mode opératoire

Dans un bécher introduire 50ml d'eau à analyser, ajouter 5 ml d'acide chloridrique 0.02N.

Porter à l'ébullition et laisser refroidir jusqu'à 50C environ

Effectuer le dosage, pour cela ajouter 5ml de solution tampon et une dizaine de gouttes de noir d'éricrome T et doser avec l'EDTA N/25 jusqu'au virage de 'indicateur du rouge au bleu.

### Expression des résultats :

$$TH = 1000 \times C \times \frac{V1}{V2}. \text{ En mmoles par litre.}$$

-TH : le titre hydrotimétrique.

-C : concentration en mol/l de la solution de complexon

- V1 : Volume en ml de la solution complexon utilisée pour le titrage.

-V2 : volume en ml d'échantillon

### ● Analyse $\text{Ca}^{2+}$

#### Principe

Le principe est le même que pour la détermination de la dureté totale. Le dosage s'effectue a un pH élevé (12), le magnésium est alors précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas.

L'indicateur spécifique du calcium est la calceine qui en milieu basique en présence de calcium est fluorescente.

## Mode opératoire

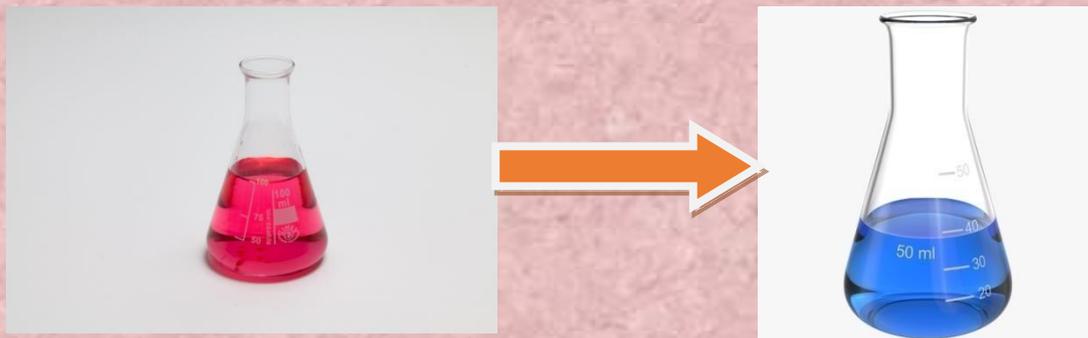
Mettre 100 ml de l'échantillon d'eau dans un erlenmeyer.

Ajouter 5ml de NaOH

Ajouter l'indicateur HSN.

Introduire un barreau aimanté et mettre en marche l'agitateur

Titrer à l'aide de la solution d'EDTA 0.02 mol/l, jusqu'au virage de la coloration rose au bleu royale.



## Expression des résultats

La teneur en calcium T :  $T = 8 \times T_b \text{ mg/l}$

- $T_b$  : le volume d'EDTA versé en ml

## 5. Détermination de l'alcalinité

### • Définition :

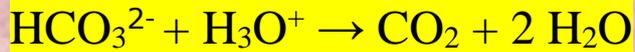
L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bases et de sels d'acides faibles. Dans les eaux naturelles, l'alcalinité résulte généralement à la présence d'hydrogencarbonates, carbonate et hydroxydes.

D'autres sels d'acides faibles peuvent être aussi dosés et interfèrent dans la mesure acide humique, phosphates, citrates, tartrates....

On distingue comme pour la mesure de l'acidité deux titres qui sont :

**Le titre alcalimétrique ou T.A** correspond à la neutralisation des ions hydroxydes et à la transformation des ions carbonates en hydrogencarbonates par un acide fort.

**Le titre alcalimétrique** complet ou T.A.C correspond à la neutralisation totale des ions hydroxydes, carbonates et hydrogencarbonates par un acide fort.



- **Pourquoi effectuer un test d'alcalinité?**

Dans une grande variété d'applications l'alcalinité est un facteur important, de l'eau potable aux boissons, en passant par l'eau de chaudière/refroidissement et le traitement des eaux usées, ainsi que dans de nombreux types de fabrication et de production chimique.

→Une alcalinité élevée peut atténuer la toxicité des métaux lourds en utilisant les bicarbonates et des carbonates disponibles pour éliminer les métaux des solutions.

→Lorsqu'elle est consommée, l'eau hautement alcaline a un goût désagréable de « boisson gazeuse » et peut être nocive pour la santé humaine. Dans les équipements industriels et les tuyaux, une forte alcalinité dans l'eau peut provoquer des dépôts de calcaire ou une accumulation de minéraux.

- **Mode opératoire**

### Analyse TA

#### Méthode volumétrique :

- Verser 10 ml d'échantillon d'eau dans l'erenmeyer.
- Ajouter 2 gouttes de phénolphtaléine

On distingue deux cas :

- **pas de coloration** → TA est nul (pH<8.3) → se produit généralement pour les eaux naturelles
- **une coloration rose qui se développe** →on fait un titrage à l'aide de l'acide chloridrique jusqu'à disparition de la couleur et on note le volume V1

#### Méthode potentiométrique :

- A l'aide d'un pH-mètre on mesure le pH de l'eau à analyser
- Si le pH est supérieur à 8.3 on verse lentement l'acide chloridrique pour amener l'acide à cette valeur

-Noter V1

### Analyse TAC :

Dans le cas ou la solution reste incolore, il faut garder la même solution précédente.

### Méthode volumétrique :

-On ajoute le méthylorange à l'eau a analyser

- puis on dose par l'HCl (0.1N) jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune orangé.

-Noter V2

### Méthode potentiométrique :

De la même manière en utilisant un pH-mètre on verse lentement l'acide chloridrique pour amener l'acide à un pH égale a 4.3

-Noter V2.

### ● Expression des résultats :

Le tableau suivant présente les formules permettant de calculer les concentrations des bases ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ ) dans l'eau analysée, elles dépendent du volume V1 et V2 versé de l'acide chlorhydrique tel que  $V1 = \text{TA}$  et  $V2 = \text{TAC}$ .

Tableau3 : Concentration des bases  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$  dan l'eau a analysée

Ion	$\text{OH}^-$ mg/l	$\text{CO}_3^{2-}$ mg/l	$\text{HCO}_3^-$ mg/l
$\text{TA} = 0$	0	0	$12.2 * \text{TAC}$
$\text{TA} < \text{TAC}/2$	0	$12 * \text{TA}$	$12.2 * (\text{TAC} - 2 * \text{TA})$
$\text{TA} = \text{TAC}/2$	0	$6 * \text{TAC}$	0
$\text{TA} > \text{TAC}/2$	$3.4 * (2 * \text{TA} - \text{TAC})$	$12 * (\text{TAC} - \text{TA})$	0
$\text{TA} = \text{TAC}$	$3.4 * \text{TAC}$	0	0

## 6. Détermination de l'oxydabilité au permanganate de potassium

### ● définition

C'est la quantité d'oxygène libérée par les ions permanganate et consommé par la matière organique et les substances oxydables présentent dans l'eau

Ces substances polluantes peuvent être soit d'origine chimique (rejets agricoles et industriels...) soit d'origine bactériologique

Alors cet indice nous permet de déterminer la pollution organique totale de l'eau et l'appréciation de l'efficacité des traitements.

L'oxydabilité est exprimée en mg/l et selon les normes marocaines cette oxydabilité ne doit pas dépasser 5mg/l.

- **Principe :**

Le test consiste à mesurer en milieu acide la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par la matière oxydable contenue dans l'eau.

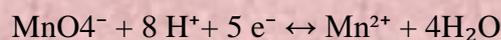
- **Mode opératoire :**

Le protocole se décompose en 4 étapes:

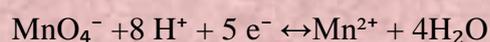
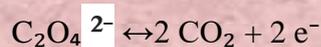
- acidifier l'échantillon et le porter à 98 °C,
- ajouter le permanganate de potassium (solution titrée) et maintenir l'ébullition pendant 10 minutes (+ 15 secondes): au cours de cette phase, le permanganate de potassium sera consommé par les matières oxydables contenues dans l'échantillon,
- après 10 minutes ( $\pm$  15 secondes) d'ébullition, ajouter de l'oxalate de sodium (solution titrée) en excès, pour réduire le permanganate de potassium qui n'a pas été consommé,
- doser l'oxalate de sodium en excès pendant que la solution est encore chaude par une solution titrée de permanganate de potassium.

Il s'agit donc d'un dosage en retour du permanganate de potassium non consommé par les matières oxydables, selon le schéma réactionnel suivant:

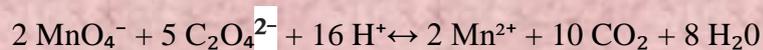
- Réduction du permanganate par les matières oxydables:



- Réduction du permanganate en excès par un excès d'oxalate, puis dosage de l'oxalate en excès par du permanganate, selon les réactions suivantes:



- L'équation globale du dosage étant:



Introduire une prise d'essai de 25 ml de l'eau à analyser dans le flacon d'essai. Ajouter 5 ml d'acide sulfurique à 2mol/l, mélanger avec précaution. Placer le récipient dans le système de chauffage pendant 10 min puis ajouter 5 ml de solution de permanganate de potassium 0.01

N. Noter l'heure. Au bout de 10 min. ajouter 5 ml de solution d'oxalate de sodium 0,01 N et attendre la décoloration de la solution. Titrer la solution encore chaude avec la solution de permanganate de potassium 0,01 N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle persistante environ 30 s. Noter le volume de solution de permanganate consommé, soit V1.

Parallèlement à l'essai, procéder à un essai à blanc dans les mêmes conditions mais sur 25 ml d'eau déionisée; soit V0 le volume de permanganate de potassium utilisé, V0 doit être inférieur à 0,3 ml.

- **Expression des résultats**

L'indice permanganate (IP), exprimé en milligrammes d'oxygène par litre d'échantillon, peut alors se calculer comme suit:

$$IP (mg/l O_2) = (V_1 - V_0) \cdot t \cdot 8 \cdot \frac{1000}{V \text{ échantillon}}$$

-t: normalité de la solution de permanganate de potassium utilisée (0,01 N).

-V<sub>1</sub>: volume en ml de la solution de permanganate de potassium consommé pour l'échantillon.

-V<sub>0</sub>: volume en ml de la solution de permanganate de potassium consommé pour l'essai à blanc.

-V échantillon: volume en ml d'échantillon utilisé pour le dosage (ici 25 ml).

## 7. Dosage des chlorures

- **Définition**

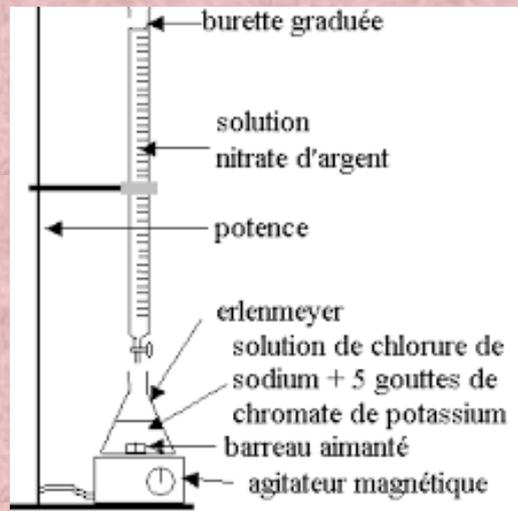
Généralement les chlorures présents dans l'eau potable ne provoquent pas d'effet toxique pour l'homme même à concentration forte (1000 mg/l), mais peuvent être nuisibles au goût de l'eau en lui donnant une saveur salée.

Les chlorures participent aussi à l'augmentation de la conductivité électrique par conséquent une concentration de ce dernier supérieur à 250 mg/L dans l'eau potable peut provoquer la corrosion du système de distribution.

La norme marocaine impose que la concentration maximale en chlorure dans l'eau potable doit être inférieure à 750 mg/l.

- **Principe**

La méthode de Mohr est une méthode de titrage des chlorures. Elle est effectuée grâce à un dosage argentimétrique des ions chlorures par le nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la couleur rouge caractéristique du chromate d'argent.



### • Réactif

Acide nitrique  $\text{HNO}_3$

Carbonates de calcium  $\text{CaCO}_3$  pur

Solution de chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  à 10%

Solution de nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3$  0.1 N

### • Mode opératoire

Dans un erlenmeyer verser 100 ml de l'échantillon d'eau à analyser

Ajouter 2 gouttes d'acide nitrique ensuite une pincée de carbonate de calcium et 3 gouttes de chromate de potassium

Verser à l'aide d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition de la couleur rouge qui persistera quelque minute.

V1 le volume en ml du nitrate d'argent utilisé.

### • Expression des résultats :

Sachant que :  $C_1.V_1 = C_2.V_2$

$C_1$  : concentration en chlorure.

$V_1$  : volume de l'échantillon d'eau 100ml.

$C_2$  : concentration du nitrate d'argent 0.1N

V2: volume versé du nitrate d'argent.

DONC  $[Cl^-] = 35.5 V2 \text{ mg/l.}$

## 8. Dosage des sulfates par turbidimètre

### • Définition

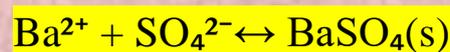
Les ions sulfates sont peu toxiques. Par contre des concentrations inférieures peuvent affecter les enfants et les nouveaux consommateurs d'eau qui n'y sont pas habitués (troubles gastro-intestinaux et diarrhéiques). La consommation régulière d'eau chargée en sulfates fait disparaître ces effets laxatifs.

Le sulfate donne un goût médical à l'eau si sa concentration est supérieure à 250 mg/l. en rendant la consommation de l'eau désagréable.

Des importantes concentrations en sulfates peuvent être corrosives pour les tuyauteries en particulier les tuyauteries en cuivre.

### • Principe :

On précipite les ions sulfate en présence du chlorure de baryum dans un milieu chloridrique à l'état de sulfate de baryum à l'aide d'un agent stabilisateur. Les solutions homogènes obtenues sont mesurées au spectromètre.



### • Réactifs :

- 100ml de l'échantillon d'eau à analyser.
- 5ml d'acide chlorhydrique.
- Spatule de chlorure de baryum.
- Solution mère de sulfate de sodium 0.1 g/l.
- Solution étalon de sulfate de sodium de 100 mg/l.
- Eau distillée.

### • Mode opératoire :

-A l'aide de la solution mère de  $Na_2SO_4$ , on prépare des étalons de concentrations suivantes : 0, 0.2, 0.5, 1 mg/l. ces étalons sont utiles pour tracer la courbe d'étalonnage

- Préparer le matériel de référence ainsi que l'ajout dosé en utilisant la solution étalon de sulfate de sodium de 100 mg/l.
- Verser 10ml de l'échantillon d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- Ensuite, ajouter 5ml d'acide chlorhydrique
- Puis, ajouter une spatule de chlorure de baryum
- Mettre l'erlenmeyer sur l'agitateur et maintenir l'agitation pendant 5 min
- Remplir la cellule du turbidimètre.
- Noter la valeur de la turbidité affichée.

## 9. Dosage des ions nitrates

### • Définition

Le nitrite est nocif pour la santé humaine sa présence dans l'eau est due :

- A une présence naturelle dans l'environnement.
- A une contamination des ressources en eau a cause des activités humaines.

Dans l'organisme humain les nitrates se transforment en nitrites. Ces derniers peuvent présenter un risque sur la santé.

### • principe:

La réduction des nitrates par le cadmium Cd en nitrites recouvert d'une couche de cuivre après traitement au sulfate de cuivre CuSO<sub>4</sub>, se fait selon les réactions suivantes :

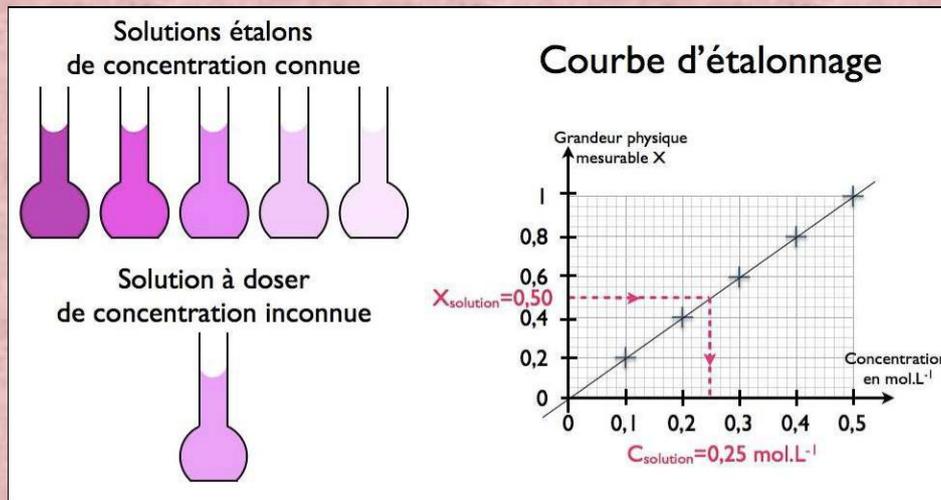


après, les nitrites reagit avec l'acide sulfanilique est forment un composé diazoïque. Ce dernier s'associe avec le NED (n-1 naphthyle diamine 1,2 éthane) pour donner une coloration rose dont l'intensité est mesurée au spectrophotomètre à la longueur d'onde  $\lambda=540\text{nm}$ .

### • Mode opératoire :

A l'aide d'une solution mère de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> on prépare les solutions étalons de concentration en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : 0,00 -0,20-0.40-0.80-1.00-2.00 mg/l.

A l'aide d'une solution étalon de  $\text{NO}_3^-$  on prépare les solutions de référence. Ces étalons sont utiles pour tracer la courbe d'étalonnage.



- Verser 50 ml de l'échantillon d'eau dans un erlenmeyer.
- Ajouter 1.25 ml de la solution tampon.
- Faire passer cette solution dans la colonne de réduction
- Laisser couler les premiers 25 ml et garder les derniers 25ml.
- Ensuite ajouter 1ml de l'acide sulfanilique sur les 25ml gardés.
- Pour finir ajouter 1ml de la solution NED.

# Chapitre 3 :

## I) Analyse bactériologiques

### 1-Introduction

De nombreux micro-organismes pathogènes peuvent être présents dans l'eau :

- des bactéries (Salmonella, Escherichia coli, Shigelle, Campylobacter, Yersinia enterolitica...)
- des virus (virus de l'hépatite, rotavirus, adenovirus...)
- des protozoaires (Cryptosporidium, Giardia lamblia, Entamoeba histolytica...)

Ces germes pathogènes sont dus aux rejets de matières fécales humaines, aux pluies de ruissellement, aux fosses septiques, au dysfonctionnement des stations d'épuration et en cas de gros orages au débordement des stations d'épuration. Plusieurs facteurs peuvent favoriser la croissance de certains germes dont les matières en suspension qui réduisent l'autoépuration et l'action des UV, l'apport de nutriments et la température.

La contamination microbiologique des eaux peut causer des maladies graves en particulier dans les pays en voie de développement : méningites, infections hépatiques, typhoïdes, choléra, troubles respiratoires, dysenterie...

Afin de déterminer la qualité microbiologique de l'eau, on utilise des « micro-organismes indicateurs » de la contamination fécale, généralement non pathogènes, mais indiquant la présence de pathogènes issus des matières fécales. Deux indicateurs sont appropriés : Escherichia coli et entérocoques intestinaux bien corrélés aux maladies gastro-intestinales. Escherichia coli est une bactérie présente dans les matières fécales humaines et animales indicatrice entre autres des salmonelles et des streptocoques. Sa durée de vie dans les eaux naturelles et dans les sédiments peut varier de quelques heures à plusieurs jours selon les conditions environnementales.

La majorité des microorganismes pathogènes (virus, bactéries ou protozoaires pouvant causer des maladies) susceptibles de se trouver dans l'eau qui provient des déjections humaines et animales. Comme il est impossible de faire l'analyse de tous les micro-

organismes pathogènes, on utilise plutôt des indicateurs microbiologiques qui sont sans danger : les bactéries E. coli, les bactéries entérocoques et les bactéries coliformes totales.

-Les bactéries **E. coli** sont très abondantes dans la flore intestinale humaine et animale, et c'est aussi la seule espèce qui soit strictement d'origine fécale. Les bactéries E. coli sont considérées comme un indicateur de contamination fécale. Leur présence dans l'eau signifie l'existence d'une contamination par une pollution d'origine fécale et qu'elle peut donc contenir des microorganismes nocifs pour la santé.

La gastro-entérite est la maladie la plus fréquente associée à l'ingestion d'eau contaminée par des matières fécales. Bien que cette maladie soit souvent bénigne, elle peut parfois avoir des conséquences très graves sur la santé. D'autres maladies plus rares comme les hépatites ou les méningites peuvent aussi être provoquées par l'ingestion d'eau contaminée.

-Les **streptocoques fécaux ou entérocoques** sont essentiellement des bactéries intestinales, mais, comme il a été indiqué précédemment, ils sont moins nombreux dans les matières fécales que les colibacilles, bien que, pratiquement, tous les membres du groupe Entérocooccus s'y rencontrent.

Dans l'eau, les entérocoques ne se multiplient pas mais ils disparaissent plus rapidement que E. coli, plus vite que les autres coliformes ; par conséquent, la présence de l'entérocoque dans un échantillon d'eau est un signe fiable d'une pollution fécale récente. Quand l'entérocoque est rencontré, il est très rare que E. coli ne soit pas présent en même temps ; généralement, le rapport des entérocoques présents aux coliformes est de 1 à 2 de germes entérocoque dans 1 à 10 de germe de coliformes .

On admet qu'une eau potable ne doit contenir aucun entérocoque dans 100 millilitres. En fait, l'entérocoque est un témoin peu sensible et sa recherche ne peut en aucun cas remplacer celle d'E. Coli. Par contre, la caractérisation de l'entérocoque constitue une excellente confirmation d'une souillure fécale.

-Les **coliformes totaux constituent** un groupe hétérogène de bactéries d'origines fécale et environnementale. En effet, la plupart des espèces de coliformes totaux peuvent se trouver naturellement dans le sol et dans la végétation. Leur présence dans l'eau n'indique pas une contamination fécale ni un risque sanitaire, mais plutôt une dégradation de la qualité bactérienne de l'eau. Cette dégradation peut être attribuée, entre autres, à une infiltration d'eau de surface dans le puits, ou au développement progressif d'une couche de bactéries sur les parois appelée « biofilm ». L'analyse des coliformes totaux permet notamment d'obtenir de l'information sur la vulnérabilité possible d'un puits à la pollution de surface.

L'eau potable ne doit contenir aucune trace de bactéries E. coli ou entérocoques. Si c'est le cas, il est essentiel de maintenir cette eau en ébullition durant au moins une minute avant de la consommer, ou de se procurer de l'eau potable provenant d'un réseau de distribution ou de l'eau embouteillée.

## • Méthode d'incorporation en gélose pour les eaux à analyser

La méthode d'incorporation en gélose consiste à dénombrer les microorganismes viables présents dans une portion d'échantillon à analyser.

### Prélèvement d'échantillon :

L'analyse bactériologique ne peut être valable que si elle est effectuée :

- Sur un échantillon correctement prélevé
- Dans un flacon stérilisé
- Selon un mode opératoire bien précis en évitant les contaminations accidentelles et correctement transportée au laboratoire d'analyses.

Le prélèvement doit être accompagné d'une fiche de renseignement qui indique les informations suivantes :

- Lieu où le prélèvement est effectué.
- Le point spécifique du prélèvement.
- Nature de l'eau.
- Date et heure du prélèvement
- Nom indicateur du préleveur,
- Tous les résultats des paramètres mesurés sur place.

Le prélèvement est effectué soit sur :

#### – UNE EAU TRAITÉE

- s'assurer de la propreté du robinet
- éventuellement le nettoyer et le flamber
- laisser couler l'eau 30 sec à 1 mn
- remplir le flacon stérile

#### – une EAU BRUTE

Le prélèvement d'eau brute se fait sur terrain à partir d'un forage, d'un puits ou d'une source donc ;

-Si le niveau d'eau le permet plonger le flacon à 10-15 cm de profondeur, l'ouvrir, le reboucher une fois rempli.

-Sinon plonger le flacon ouvert dans le puits à l'aide d'un fil à plomb puis le remonter une fois rempli.

## Milieux de culture

Les milieux de culture doivent être toujours préparés à l'avance puis stérilisé à laide d'un autoclave ensuite conservés à froid.

On distingue plusieurs types de milieux de culture sachant que chaque type de bactérie nécessite un milieu convenable a leur multiplication.

Pour s'assurer de l'absence des bactéries (Les coliformes totaux, Escherichia coli, Entérocoques) dans l'eau a analyser on procède en un test sur milieu de culture favorable a leur multiplication

**Tableau4 : les micro-organismes pathogènes à chercher dans l'eau**

Type de bactérie	Coliformes totaux	Escherichia coli	entérocoques
Température optimale	37	44	37
Temps en heures	48	48	48
Milieu de culture	Tergitol-7-agar	Tergitol-7-agar	Slanetz

## Mode opératoire (Technique compact dry) :

Il s'agit de milieux déshydratés prêts à l'emploi.

### 1- Recherche de la flore totale :

Milieu PCA + indicateurs Redox TTC → les colonies sont colorées en rouge.

### 2- Recherche de coliformes :

Milieu chromogénique avec mise en évidence d'une activité enzymatique X-GAL → les colonies sont colorées en bleu / bleu vert.

### 3- Recherche d'E. coli et de coliformes :

Milieu chromogénique avec mise en évidence de 2 activités enzymatiques X Glu et Magenta-Gal.

- Les E. coli sont colorés en bleu / bleu pourpre
- Les coliformes sont colorés en rose / rouge



### ❖ utilisation

- A l'aide d'une pipette, déposer 1 ml de l'échantillon à analyser au centre du **compact dry** contenant un milieu de culture déshydraté.
- La diffusion de cet échantillon se fait d'elle-même, sur la totalité de la surface de la boîte, sans aucune autre manipulation ou applicateur... ce qui optimise la répétabilité et la reproductibilité.
- Le milieu réhydraté par l'échantillon se gélifie et le **compact dry** est alors retourné pour incubation.
- Après incubation, si l'eau est affecter les colonies apparaissent colorées et donc faciles à compter
  - **Pour dire que l'eau est consommable d'un point de vue bactériologique, il faut avoir 0 colonie de bactéries citées au dessus ; de ce fait on déduit que le test est négatif.**

## Chapitre 4

### III Normes

#### ➤ Définition :

Les normes sont des documents écrits qui définissent les dispositions ou règles à respecter dans l'organisation des services afin d'assurer une couverture satisfaisante du groupe cible et une qualité désirée de prestations qui lui sont offertes.

L'eau d'alimentation humaine ne doit contenir en quantités dangereuses ni microorganismes, ni substances chimiques nocifs pour la santé ; en outre elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent. Les eaux d'alimentation humaine doivent satisfaire aux exigences de qualité spécifiées dans les tableaux suivant.

#### 1. Normes physico-chimique

#### ➤ Turbidité, Conductivité et potentiel d'hydrogène

##### • NORME NM 03.7.001

##### **Turbidité**

La norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine exige que la valeur maximale admissible soit 5 NTU.

##### **Conductivité**

la norme marocaine exige une valeur inférieure à 2700  $\mu\text{s}/\text{cm}^2$ .

##### **Potentiel Hydrogène**

La valeur maximale admissible du pH est entre 6,5 et 8,5 et pour que la désinfection de l'eau par le chlore soit efficace, le pH doit être de préférence inférieur à 8.

PARAMETRES	VMA
Chlorures	750 mg/l
Sulfates	400 mg/l
Oxydabilité au KMNO4	5 mg/l

## 2. Normes bactériologique

La contamination de l'eau du robinet par les microorganismes constitue la principale cause de non-conformité des eaux distribuées. C'est pourquoi la qualité microbiologique de l'eau est très surveillée. L'eau ne doit contenir ni microbes, ni bactéries pathogènes, ni virus qui pourraient entraîner une contamination biologique

PARAMETRES	VMA/100 ml	Commentaire
Coliformes	0	- Pas de coliformes dans 95% des échantillons prélevés sur une période de 12 mois - Pas de résultats positifs dans deux échantillons consécutifs

Escherichia coli	0	Les teneurs en chlore résiduel doivent être comprises entre : 0,1 et 1 mg/l à la distribution 0,5 à 1,0 mg/l à la production
Entérocoques	0	

## 1. Substances minérales

PARAMETRES	VMA	commentaire
Nitrites	0,5 mg/l	Somme des

Nitrates	50 mg/l	rappports : (NO <sub>3</sub> )/50 + (NO <sub>2</sub> )/3 ne doit pas dépasser 1. 0,1mg/l de NO <sub>2</sub> doit être respectée au départ des installations de traitement
Baryum	0.7 mg/l	
Cadmium	<b>3 µg/l</b>	
Cyanures	70 µg/l	
Chrome	50 µg/l	
Cuivre	2 mg/l	Plaintes du consommateur à partir de 1 mg/l
Fluorures	1.5 mg/l	
Mercure	1 µg/l	
Plomb	10 µg/l	
Sélénium	10 µg/l	

Bore	0.3 mg/l	
Nickel	20 mg/l	
Arsenic	10 mg/l	

# Conclusion

Pour obtenir le titre « d'eau potable » et ainsi pouvoir être consommée sans risque pour la santé, l'eau brute puisée dans les rivières, fleuves, lacs et nappes phréatiques ou récoltée grâce à l'eau de pluie doit subir de nombreux traitements. Ces opérations peuvent se faire à l'échelle d'une agglomération, dans des usines privées ou publiques, mais aussi dans une simple maison, pour sa consommation personnelle.

Cette eau, déjà au préalable contrôlée, va passer par 3 types de traitements différents afin de respecter les normes de potabilité précises. Ces opérations, qu'elles soient réalisées de manière complète en usine de traitement des eaux ou simplifiées pour pouvoir être effectuées chez soi, produisent des résultats semblables bien que l'on ne réalise pas exactement les mêmes actions. En effet, le traitement en usine emploie beaucoup plus de traitements physico-chimiques. En revanche les traitements biologiques sont presque tous conservés à petite échelle comme le prouvent les filtrations sur lit de sable ou avec charbon actif.

Partout dans le monde, la consommation en eau ne cesse de croître. Cette augmentation est liée en partie à la hausse de la population mais aussi au changement climatique qui cause des étés de plus en plus secs.

## Référence :

<https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/turbidite>

<file:///C:/Users/acer/Desktop/Analyse-physico-chimique-et-bacteriologique-et-parasitologique-de-leau-de-mer-traitee-par-la-station-de-dessalement-de-Souk-Tleta-Tlemcen.PDF>

<file:///C:/Users/acer/Desktop/analyse%20de%20l'eau%20et%20carte%20de%20contr%C3%B4le%20d'un%20spectrophotom%C3%A8tre%20UV-VISIBLE%20-%20BOUTGUELMOUST%20Jihane.pdf>

[https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico\\_chimie\\_PresGen.htm#:~:text=Le%20pH%20\(potentiel%20Hydrog%C3%A8ne\)%20mesure,'origine%20de%20l'eau.](https://www.oieau.fr/ReFEA/fiches/AnalyseEau/Physico_chimie_PresGen.htm#:~:text=Le%20pH%20(potentiel%20Hydrog%C3%A8ne)%20mesure,'origine%20de%20l'eau.)

<https://www.biotechno.fr/IMG/pdf/4986249-Manuel-de-travaux-pratiques-de-microbiologie.pdf>

[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/tregor\\_solidarite\\_niger\\_controle\\_bacteriologique\\_de\\_l\\_a\\_potabilite\\_des\\_eaux\\_2016.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/tregor_solidarite_niger_controle_bacteriologique_de_l_a_potabilite_des_eaux_2016.pdf)

[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst\\_introduction\\_a\\_l\\_analyse\\_de\\_qualite\\_de\\_l\\_eau\\_de\\_boisson\\_2013.pdf](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst_introduction_a_l_analyse_de_qualite_de_l_eau_de_boisson_2013.pdf)

[file:///C:/Users/acer/Downloads/document%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/acer/Downloads/document%20(2).pdf)

Jean Rodier l'analyse de l'eau 9eme édition.



