



Université 08 Mai 1945-Guelma

Faculté des sciences et de la technologie
Département de Génie des Procédés

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes
2^{ème} Année Master

La problématique de l'eau potable : Analyses, Traitements et Recommandations

Filière : Génie des Procédés

Option : Matériaux et Génie des Procédés : Matériaux et traitements de surfaces

Présenté par :

Benfettoume Fakia

Sous la direction de :

Pr. Nemamcha A.Rafik

Juin 2015

Dédicaces



A la mémoire de mon père

A la mémoire de mon frère

A

Ma famille,

mes amies, mes collègues de travail

Remerciements

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à tous
ceux qui m'ont aidé de près ou de loin...*

SOMMAIRE

Introduction.....	1
Chapitre I : GENERALITES SUR LES EAUX	
I-1. Histoire d'eau.....	3
I-2. Composition et structure d'une molécule d'eau.....	3
I-3. Les propriétés de l'eau.....	4
❖ Propriétés physiques.....	4
❖ Propriétés chimiques.....	4
❖ Propriétés biologiques.....	4
I-4. Les trois états de l'eau.....	9
a) L'état de vapeur (état gazeux).....	9
b) L'état liquide.....	10
c) L'état solide.....	11
I-5 Cycle d'eau.....	13
a) Cycle de l'eau.....	13
I-6 Classification des eaux.....	14
I-6-1 Eaux naturelles.....	14
I-6-2 Eaux de consommations.....	16
I-6-3 Eaux industrielles.....	16
I-6-4 Eaux usées.....	17
I-7 Domaines d'utilisation de l'eau.....	18
Chapitre II : AGENTS POLLUANTS & PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU	
II-1 Pollution des eaux.....	18
II-2 Origines de la pollution des eaux.....	18
II-2-1 Pollutions organiques.....	18
II-2-2 Pollutions chimiques.....	18
II-3 Les principaux polluants des eaux naturelles.....	19
II-3-1 Polluants physiques.....	19
II-3-2 Polluants chimiques.....	20
II-3-3 Polluants biologiques.....	21
II-4 Paramètres liés à la qualité de l'eau.....	22
II-4-1 Qualité de l'eau.....	22
II-4-2 Paramètres physiques liés à la qualité de l'eau.....	23

II-4-3 Paramètres microbiologiques.....	28
---	----

Chapitre III : ETUDE DE LA POTABILITE DE L'EAU

III-1 Traitement de l'eau.....	30
III-2 Quelle eau buvons-nous?.....	32
III-2-1 Réalisation des analyses.....	32
III-2-1-1 Analyses physico-chimique.....	32
III-2-1-2 Analyses Bactériologiques.....	61
III-2-1-3 Interprétation des résultats.....	63

Chapitre IV : DEVELOPPEMENT D'UNE METHODE DE CALCUL POUR CARACTERISER LA QUALITE DE L'EAU DE CONSOMMATION HUMAINE

IV-1 Paramètres étudiés.....	64
IV-2 Influence de l'indice de " Ryznar" pour la détection de la qualité de l'eau	
IV-2-1.Elaboration d'une méthode de calcul.....	65
IV-2-2 Réalisation d'un programme informatique utilisant l'environnement.....	66
IV-3-I Impact de la qualité de l'eau que nous buvons sur notre environnement et notre santé	
Conclusion.....	69
Références bibliographiques.....	70
Annexes	

Introduction

INTRODUCTION

L'eau est essentielle à la survie et au bien-être de l'homme, ainsi qu'au fonctionnement de nombreux secteurs de l'économie.

L'eau est parfois si discrète que c'est à peine que l'on soupçonne sa présence ; elle se dissimule parfois sous terre dans les roches poreuses des aquifères, après les glaciers cette eau souterraine constitue une seconde réserve d'eau douce de notre planète. Il y'a plus d'eau sous nos pieds, que dans les lacs et les rivières de la terre réunis.

Entre cette eau invisible et l'humanité, les échanges existent depuis la plus lointaine antiquité. C'est une question de nécessité de survie de l'espèce. Les nappes peuvent s'étendre sur des millions de kilomètres carrés, jouant un rôle fondamental dans le développement de la vie sur terre, même si cette eau se déroche à notre vue, ses effets sont souvent bien visibles, c'est elle qui imprègne la terre de l'intérieur et qui la rend meuble et fertile.

C'est cette eau qui abreuve les plantes ; elle est l'allier indispensable depuis des millénaires de la vie des agriculteurs, Hélas ce sang qui irrigue notre planète subit une dégradation des caractères physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques causées par la pollution, qui peut être d'origine domestique, industrielle ou issues des phénomènes naturels, c'est pour toutes ces raisons, que l'eau fait toujours l'objet d'innombrables recherches, de traitements et beaucoup d'analyses ; physico-chimiques et bactériologiques.

Toutes fois, les eaux de surfaces sont affectées par des pratiques agricoles, industrielles et domestiques ; (polluants chimiques, physiques, organiques...). Dans ce contexte, notre travail qui a été effectuée aux laboratoires physico-chimiques et bactériologiques de la station de traitement et de pompage Hammam Debagh ADE Guelma est basé sur les étapes suivantes :

- ✓ Un traitement de potabilisation de l'eau : dégrillage, Coagulation et Flocculation, décantation, flottation, filtration.
- ✓ un contrôle hebdomadaire de l'eau à des heures fixes et a tous les niveaux :Analyses physico-chimiques et bactériologiques.
- ✓ Modélisation d'une méthode de calcul des caractéristiques de la qualité de l'eau potable

Ce mémoire comprend quatre chapitres. Le premier est consacré des rappels théoriques des généralités sur les eaux (composition, propriétés, classification etc..). Dans le deuxième chapitre sont regroupés les agents polluants et les paramètres de qualité. Le troisième chapitre est réservé au traitement et analyses des eaux potables. Le dernier chapitre est consacré au développement d'une méthode de calcul pour caractériser la qualité de l'eau de consommation humaine. Le manuscrit se termine par une conclusion qui regroupe l'ensemble des résultats obtenus et les recommandations issues des analyses effectuées.

Chapitre I
Généralités sur les eaux

I-1. Histoire d'eau

Notre planète bleue doit son appellation au fait que 52% de sa surface est constitué d'eau. On considère que la vie sur terre date de 3 milliards et 700 millions d'années. C'est grâce à l'eau que la terre est unique dans l'univers commun.

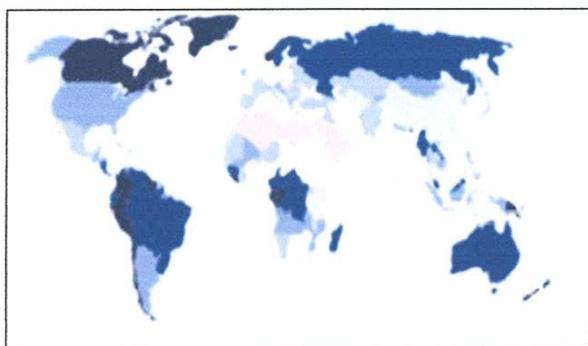


Figure 1 : La terre et l'eau

L'eau, comme l'air et l'énergie, est un bien commun, elle est essentielle et insubstituable ; Puisque l'accès à l'eau potable est un droit humain fondamental, elle devrait être acquise pour toutes les personnes à travers le monde, pourtant, certaines populations, manquent encore de nos jours d'eau potable.

Le traitement de l'eau est un enjeu majeur pour la santé d'une grande partie de la population mondiale, afin de lui permettre un accès à une eau pure et potable. En Algérie, la problématique de l'eau sera sans doute une préoccupation primordiale durant ce siècle. Il devient prioritaire d'établir une stratégie pour localiser, quantifier et protéger les ressources en eau de façon à pouvoir les exploiter d'une manière rationnelle et convenable.

I-2 Composition et structure d'une molécule d'eau

La molécule d'eau¹⁶, de formule H_2O , est le constituant essentiel de l'eau pure. Celle-ci contient également des ions résultant de l'autoprotolyse de l'eau selon l'équation d'équilibre : $H_2O = H^+ + OH^-$ (ou encore $2H_2O = H_3O^+ + OH^-$). L'eau pure n'est pas présente dans la nature et doit être obtenue par des processus physiques.

Cette molécule a des propriétés complexes à cause de sa polarisation, l'eau, que l'on peut aussi appeler (oxyde dihydrogène hydroxyde d'hydrogène ou acide hydroxyque) à

pression ambiante (environ un bar) est gazeuse au-dessus de 100°C , solide en dessous de 0°C , et principalement liquide entre les deux. C'est là sa particularité essentielle.[1]

La molécule d'eau est constituée d'un édifice électronique stable, qualitativement semblable au néon, qui cependant ne réalise pas un équilibre électrique parfait.

L'atome oxygène est placé au centre tandis que les atomes hydrogène sont placés aux deux autres sommets, les charges positives sont portées par les sommets hydrogène et les charges négatives par les sommets opposés, l'établissement des liaisons hydrogène entre molécules d'eau est favorisé par cette disposition, cette molécule a une forme, tétraédrique légèrement déformée.

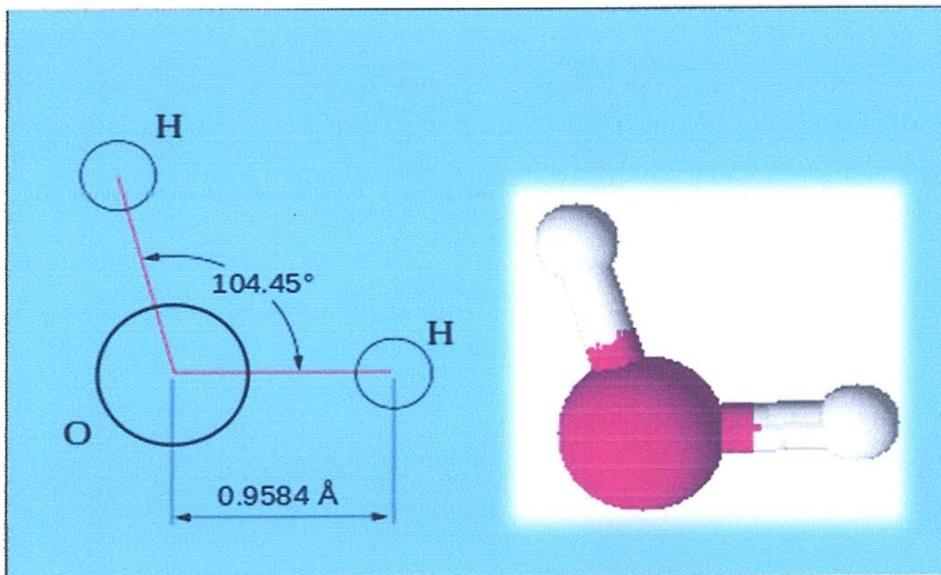


Figure 2 : Géométrie de la molécule d'eau H_2O . [2]

I-3. Les propriétés de l'eau

❖ Propriétés physiques

1) La température de vaporisation

La température de vaporisation de l'eau dépend directement de la pression atmosphérique comme le montrent ces formules empiriques suivantes :

2) La Pression :

La Pression normalisée dans la troposphère varie entre (0–11 km) :

3) Le Point d'ébullition

$$\text{Point d'ébullition}[K] \approx 26,307 \times \ln(\text{Pression}[Pa]) + 69,771$$

Son point d'ébullition est élevé par rapport à un liquide de poids moléculaire égal. Ceci est dû au fait qu'il faut rompre jusqu'à 3 liaisons hydrogène avant que la molécule d'eau puisse s'évaporer. Par exemple, au sommet de l'Everest, l'eau bout à environ 68 °C, à comparer aux 100 °C au niveau de la mer. Réciproquement, les eaux profondes de l'océan près des courants géothermiques (volcans sous-marins par exemple) peuvent atteindre des températures de centaines de degrés et rester liquides.

4) La Radioactivité

Elle dépend des métaux et minéraux et de leurs isotopes présent dans l'eau, et peut avoir une origine naturelle ou artificielle (retombées des essais nucléaires, pollution radioactive, fuites)

5) La thermodynamique de l'eau

L'eau est un fluide thermodynamique d'usage courant, efficace et économique ;

- ✓ L'eau a une densité maximale de 1 000 kg/m³ (soit 1 kg/l à l'origine la définition du kilogramme; exactement 999,975 kg/m³ à 3,98 °C).
- ✓ L'eau a la capacité calorifique à pression constante la plus élevée de tous les liquides (75,711 J.mol⁻¹K⁻¹ soit 4,202 6 kJkg⁻¹K⁻¹ à 20 °C).
- ✓ Les océans sont de bons accumulateurs de la chaleur.
- ✓ L'eau est stable en température jusqu'à une valeur élevée.
- ✓ L'eau est stable sous rayonnement dont le rayonnement neutronique.
- ✓ L'eau a la tension superficielle la plus élevée de tous les liquides (72 mN/m à 20 °C) à l'exception du mercure ; dans l'air humide la formation des gouttelettes sont facilitées ; dans un tube capillaire l'eau monte ainsi que la sève dans les arbres.
- ✓ L'eau a la chaleur latente d'évaporation la plus élevée de tous les liquides (44,22 kJ/mol soit 2 454,3 kJ/kg à 20 °C) ; donc l'effet réfrigérant de la transpiration est efficace.
- ✓ L'eau a une chaleur latente de fusion élevée (6,00 kJ/mol soit 333,0 kJ/kg).
- ✓ L'eau a une très faible conductivité de la chaleur (0,604 W/(mK) à 20 °C).
- ✓ L'eau et la glace ont une couleur bleutée sous forte épaisseur.

- ✓ L'eau est transparente à la lumière visible ainsi les organismes aquatiques peuvent vivre car la lumière du soleil peut les atteindre ; elle est cependant opaque au rayonnement infra-rouge absorbé par l'hydrogène, l'oxygène et leur liaison.
- ✓ La chaleur massique de l'eau est de $4\,185\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, à pression normale. Elle est largement constante aux basses températures.

6) La Radiolyse

La radiolyse de l'eau est la dissociation, par décomposition chimique de l'eau (H_2O) (liquide ou de vapeur d'eau) en hydrogène et hydroxyde respectivement sous forme de radicaux libres H^+ et OH^- , sous l'effet d'un rayonnement énergétique intense (rayonnement ionisant dont notamment le rayonnement neutronique par exemple).

L'eau est sensible aux fortes différences de potentiel électrique. Il est ainsi possible de créer un pont d'eau liquide de quelques centimètres entre deux béchers d'eau distillée soumis à une forte différence de potentiel.

Les deux tableaux ci-dessous représentent les propriétés physiques de l'eau en variant la température.

Tableau 1 : Propriétés physiques de l'eau

Temps.(°C)	Masse volumique (g/cm ³)	Capacité thermique massique (J/(g·K))	Viscosité (μPa·s)	Pression saturante (bar)	Enthalpie de vaporisation (kJ/kg)	Conductivité (W/(m·K))
0	0,999 84	4,217 6	1793	0,006 11	2 500,5	0,569
10	0,999 70	4,192 1	1307	0,012 28	2 467,9	0,587
20	0,998 21	4,181 8	1002	0,023 38	2 453,4	0,604
30	0,995 65	4,178 4	797,7	0,042 45	2 429,6	0,618
40	0,992 22	4,178 5	653,2	0,073 82	2 405,9	0,632
50	0,988 03	4,180 6	547,0	0,123 46	2 309,9	0,643
60	0,983 20	4,184 3	466,5	0,199 36	2 357,7	0,654
70	0,977 78	4,189 5	404,0	0,311 81	2 333,1	0,662
80	0,971 82	4,196 3	354,4	0,473 79	2 308,2	0,670
90	0,965 35	4,205 0	314,5	0,701 23	2 282,7	0,676
100	0,958 40	4,215 9	281,8	1,013 25	2 256,6	0,681

Tableau2-Température d'ébullition de l'eau en fonction de l'altitude

Altitude (m)	Pression (atm) ¹⁵	Temp. (°C)
0	1,00	100
4 810 (Mont Blanc)	0,547	83,9
8 848 (Everest)	0,311	70,2
19 200	0,063	36,8

À 20 000 m environ, l'eau entre en ébullition à la température du corps humain; c'est donc une barrière infranchissable pour l'homme sans dispositif de pressurisation.

7) Conductivité et résistivité

La conductivité de l'eau, exprimée en micro-Siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$), traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant électrique, la résistivité est l'inverse mathématique de la conductivité et traduit le même phénomène.

Elle est exprimée en Méga Ohmcentimètre ($\text{M}\Omega.\text{cm}$) elle est proportionnellement liée au type d'ions présents : à leur concentration, à leur mobilité, à leur valence et à la température. Une eau à température élevée chargée d'ions ayant une grande mobilité présentera une grande conductivité.

❖ Propriétés Chimiques

1) La structure

La molécule d'eau possède une forme coudée qui est due à ses orbitales non-liantes (doublets non-liants) qui créent des interactions avec les atomes d'hydrogène et les poussent vers le bas. Elle possède donc une structure tétraédrique (type AX_2E_2 en méthode VSEPR), l'angle H-O-H est de $104,5^\circ$ et la distance interatomique $d_{\text{O-H}} = 95,7 \text{ pm}$ soit $9,57 \times 10^{-11} \text{ m}$.

2) La polarité

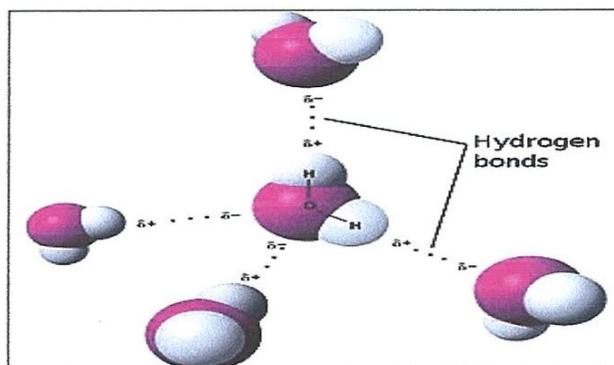


Figure 3 : La polarité de la molécule d'eau.[3]

- L'électronégativité de l'atome O étant plus haute que celle de H, il y a une polarisation de cette molécule, ce qui en fait un bon solvant. Elle possède un dipôle électrique permanent. La polarité de la molécule rend possible pour la molécule d'eau de réaliser des liaisons hydrogène intermoléculaires (+ 20-25 kJ/mol).
- On observe donc 2 charges partielles négatives (δ^-), sur les doublets non liants de l'oxygène qui forment chacune une liaison hydrogène avec un atome d'hydrogène d'une autre molécule portant charge partielle positive (δ^+).

- Et une charge partielle positive (δ^+), sur chaque atome d'hydrogène ce qui permet des liaisons hydrogène avec un oxygène d'une autre molécule portant une charge (δ^-).
- Pour exemple les cristaux de glace ont cette forme (Figure 4) à cause de cela; la glace flotte sur l'eau (sa densité solide est plus faible que celle liquide) et c'est dû à ces liaisons hydrogène.

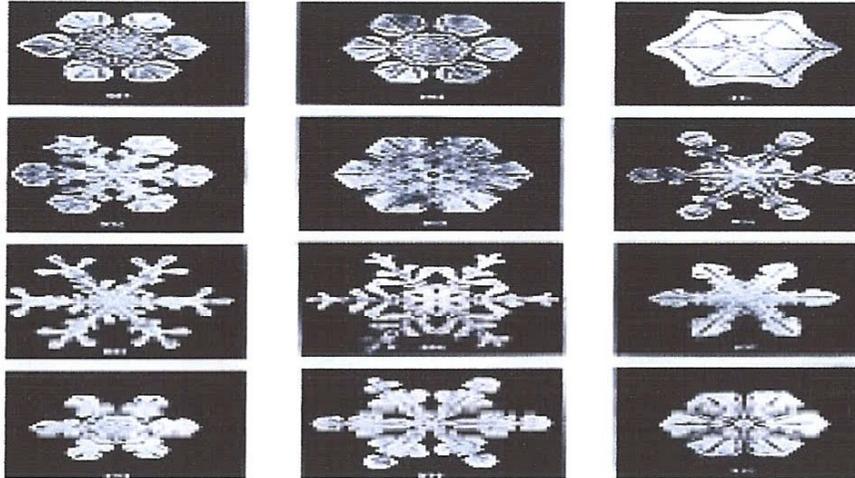


Figure 4: Exemples de type de cristaux de neige

3/ Solvabilité

L'eau est un composé amphotère, c'est-à-dire qu'elle peut être une base ou un acide, l'eau peut être protonée, c'est-à-dire capter un ion H^+ (autrement dit un proton, d'où le terme protonée) et devenir un ion H_3O^+ . À l'inverse, elle peut être déprotonée, c'est-à-dire qu'une autre molécule d'eau peut céder un ion H^+ et la transformer en ion OH^- . Cependant, ces réactions se produisent très rapidement et sont minimes. $2H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^-$.

Les solvants aprotiques ou polaires y sont solubles (grâce aux liaisons hydrogène)

❖ Propriétés biologiques

L'eau, l'oxygène et le dioxyde de carbone contribuent à créer des conditions favorables au développement des êtres vivants.

Il existe un cycle biologique, cycle au cours duquel s'effectue une série d'échanges. L'eau entre pour une grande part dans la constitution des êtres vivants, pour l'homme on cite les pourcentages suivants :

- ✓ Nouveau-né.....66 à 74 %

- ✓ Adulte.....58à 67%
- ✓ L'eau compose la plus grande partie de nos aliments :
- ✓ Laitue.....92%
- ✓ Pomme de terre.....78%
- ✓ Poulet.....72%

I-4. Les trois états de l'eau

L'eau, sous l'action conjuguée de la chaleur et de la pression atmosphérique, change d'état, passant de celui de vapeur à l'état solide ou liquide

a) *L'état de vapeur (état gazeux)*



Figure 5 : La vapeur d'eau

💧 Le phénomène d'évaporation de l'eau, c'est à dire le passage de l'eau de l'état liquide à l'état de vapeur est très important.

💧 L'eau, en se transformant en vapeur, passe à l'état gazeux qui est celui du désordre maximal des molécules. Ces dernières ont une vitesse plus élevée qu'à l'état liquide, ainsi, les forces d'attraction terrestre s'exercent moins sur leur mouvement.

💧 Ce phénomène se produit à partir des plans d'eau, des sols humides, mais aussi dans ce qu'on appelle l'évapotranspiration, par l'intermédiaire de l'extraction racinaire de l'eau du sol et ensuite par la transpiration de cette eau par les feuilles des plantes.

💧 L'eau évaporée va transiter dans l'atmosphère sous forme de vapeur invisible où elle reste pendant huit jours en moyenne. Puis l'eau va former des nuages qui vont retomber en pluie sur les continents et les océans. Le cycle de l'eau dans l'atmosphère sous forme de vapeur est assez court mais cependant vital car c'est la vapeur d'eau qui est à l'origine des 520 000 Km³

annuels de précipitations qui alimentent les réserves d'eau douce, que ce soit sous la forme de pluie, de neige ou de grêle, Par rapport à la masse totale de l'hydrosphère, la vapeur d'eau ne représente à la surface du globe qu'une toute petite quantité puisqu'elle est égale à 0,001 % de la totalité de l'eau.

b) L'état liquide

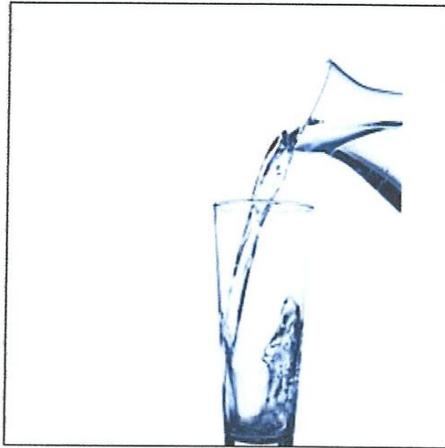


Figure 6 : l'eau à l'état liquide

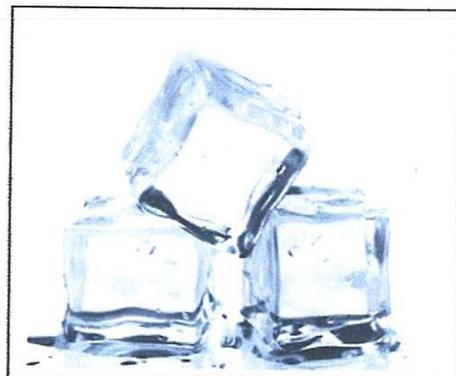
C'est la forme de l'eau la plus répandue sur Terre ; Il y a d'une part l'eau douce qui représente 2,8 % de l'eau totale du globe.

Dans ce faible pourcentage, les glaces polaires représentent 2,15 %, les eaux souterraines 0,63 %, les eaux de surface (lacs, fleuves et rivières) seulement 0,019 %. Reste 0,001 % pour l'atmosphère. L'eau douce contenue dans les glaciers reste très difficilement accessible à l'homme.

Le reste, c'est à dire l'eau salée, est contenu dans les mers et les océans. Ces derniers représentent 90 % de l'hydrosphère et couvrent plus de 71 % de la surface terrestre.

c) L'état solide

Une partie des 2,8 % d'eau douce, soit un volume de 30 100 000 km³, est stockée sous forme de glaciers ou sous forme de neige, soit 2,15 % de l'eau sur terre.



En fonction de l'altitude et de la température,

les précipitations se font sous forme de neige ou de pluie. La neige est un stockage temporaire appelé à disparaître lors du redoux. Lorsque la température remonte, soit la neige retourne directement vers l'atmosphère par évaporation, c'est la sublimation, soit la fonte lente du manteau neigeux permet à l'eau de s'infiltrer dans le sol ou de ruisseler vers les rivières.

Les glaciers représentent actuellement 10 % des terres émergées. Ils sont surtout présents aux pôles. Les calottes glaciaires des pôles Nord et Sud sont les plus grands réservoirs d'eau douce de la planète.

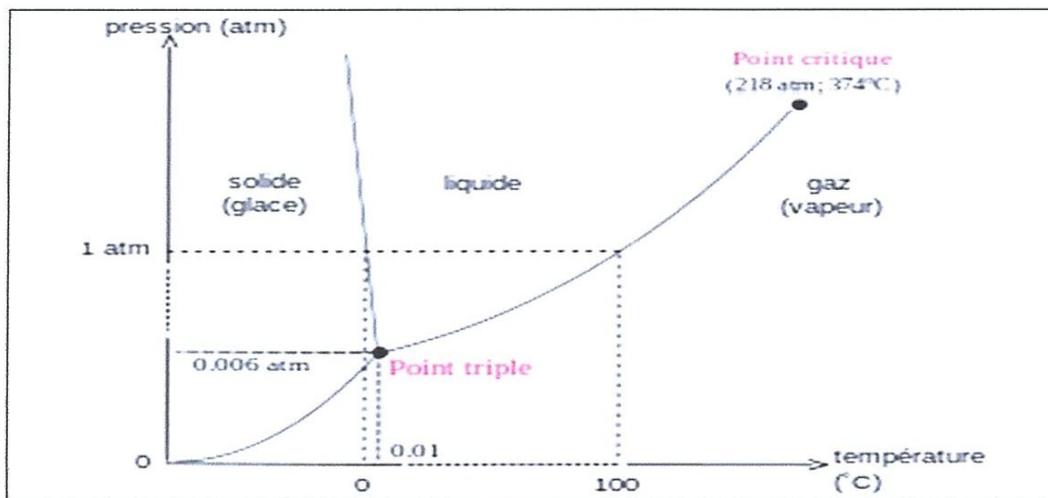


Figure 8 : Diagramme de phase de l'eau

Le diagramme de phase de l'eau, montrant l'état de l'eau pure en fonction de la température et de la pression.

L'état solide de l'eau est la glace ; l'état gazeux est la vapeur d'eau.

L'état de l'eau dépend des conditions de pression et de température; il existe une situation unique (P, T) dans laquelle l'eau coexiste sous les trois formes solide, liquide, et gazeux ; cette situation est appelée « point triple de l'eau », elle a lieu à une température de 273,16 K (0,01 °C) et une pression de 611,2 Pa.

Les unités de température (degrés Celsius, kelvin) sont définies en prenant ce point triple de l'eau comme référence.

La vitesse du son dans l'eau est de $1\,500\text{ ms}^{-1}$ dans les conditions normales de température et de pression.

La conductivité électrique de l'eau pure à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ est très faible : $5,5 \times 10^{-6}\text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$. L'eau pure est donc considérée comme un isolant électrique.

La masse d'un litre d'eau à la température de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ était la première définition du kilogramme. Par approximation, on prend pour masse volumique de l'eau dans les conditions normales la valeur de $1\,000\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, une tonne par mètre cube ou encore un kilogramme par litre ($1\text{ kg}\cdot\text{l}^{-1}$).

La capacité thermique massique de l'eau est de $4\,186\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ dans les conditions normales de température et de pression. L'eau était utilisée comme étalon de chaleur dans d'anciens systèmes d'unités : la calorie (et la frigorie) quantifiait la chaleur à apporter pour augmenter d'un degré Celsius la température d'un gramme d'eau : soit 4,185

I 5 .Cycle de l'eau

Le cycle de l'eau c'est le passage de l'eau entre les trois éléments ; la terre, les cours d'eau et le ciel, l'eau qui s'évapore depuis la surface jusque dans le ciel se retrouve par la suite sur le sol sous forme de précipitations.

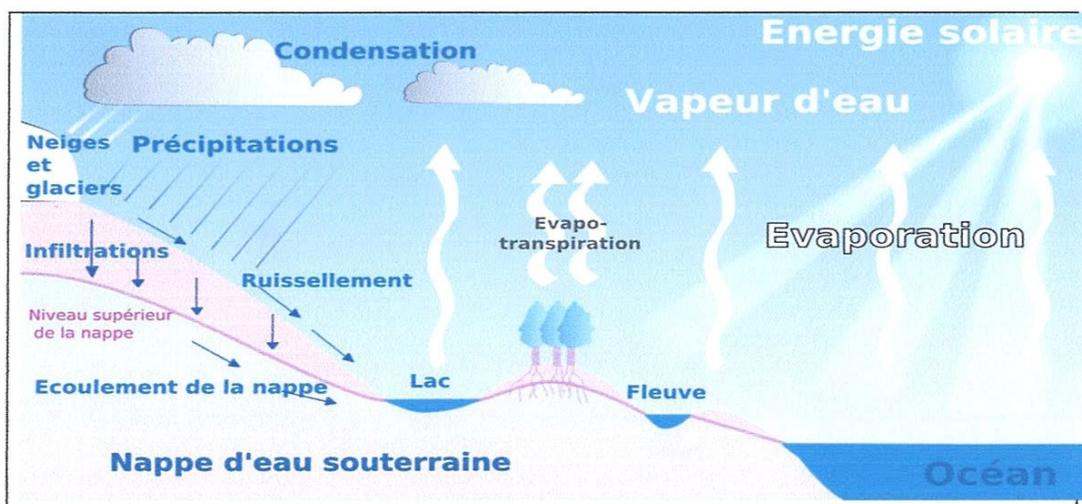


Figure 9 : Illustration du cycle de l'eau

A la surface, l'eau peut rester sous forme de glace, de neige ou s'infiltrer directement dans le sol et ainsi venir recharger la nappe phréatique qui alimente les sources d'eau potable.

En moyenne sur l'année et sur l'ensemble du globe terrestre 65% des précipitations qui arrivent à la terre s'évaporent, 24% ruissellent et 11% s'infiltrent.

a) Choix de la source

Les critères de choix d'une source sont :

- Le rendement
- La qualité d'eau (relativement aux besoins actuels et futurs).
- La qualité de l'eau (incluant les variations dans le temps).
- Les besoins pour la collecte
- Les besoins pour le traitement(en considérant l'opération et les rejets)
- Les besoin pour la distribution.

La qualité de la source dépend en grande partie de son type : Eau de surface, Eau souterraine

I-6. Classification des eaux

La classification des eaux varient selon l'origine et l'utilisation

I-6-1. Eaux naturelles

A. Eau de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées d'oxygène et d'azote et ne contiennent aucun sel dissous (elles sont très douces).

Dans des régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par les poussières atmosphériques, la distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau.

B. Eau souterraine

(Puits, galeries, collecteurs, source naturelle) : elles ont une qualité très constante quel que soit la saison ou la météo mais peuvent être très différentes d'une source à l'autre, elles nécessitent de faire une étude hydrogéologique incluant des tests de pompage, elles contiennent moins de particules, de matière organique et de bactéries que les eaux de surface.

La nature du terrain sous lequel se trouvent ses eaux est un déterminant de leurs compositions chimiques, cependant elles sont appelées aussi les eaux propres car ils

répondent en générale aux normes de potabilité, pourtant ces eaux sont moins sensible aux pollutions accidentelles, elles perdent totalement leur pureté originale dans le cas de contamination par des polluants.

Une eau souterraine non polluée peut présenter une odeur ou un goût désagréable, de venir trouble, contenir des particules filamenteuses, et si elle contient une concentration en certains minéraux dépassant les normes de potabilité, mais elle représente les propriétés thérapeutiques on la distribue en bouteilles avec parfois en traitement bien défini, ces eaux sont dites eaux minérales.

C. Eau de surface

Ce type d'eau englobe toutes les eaux circulantes ou stockées à la surface des continents (cours d'eau, rivières, lacs, étangs, barrages....).

La composition chimique dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versant.

Dans une eau superficielle, sous l'effet de la chaleur et de la lumière du soleil d'une part et de l'oxygène d'autre part, les bactéries peuvent se développer.

C'est pourquoi ces eaux sont le siège dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés dedans et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement.

L'eau souterraine et de surface ont des caractéristiques propres présentées sur le tableau3.

Tableau3-Principales différences entre eaux de surfaces et eaux souterraines

<i>Caractéristique</i>	<i>Eaux de surface</i>	<i>Eaux souterraines</i>
<i>Température</i>	<i>Variable suivant saison</i>	<i>Relativement constante</i>
<i>Turbidité. MES</i>	<i>Variable, parfois élevée</i>	<i>Faible ou nulle(sauf pour terrains Karstiques)</i>
<i>Couleur</i>	<i>Surtout liée aux MES ou à la matière organique</i>	<i>Surtout liée aux matières organiques en suspension ou à une précipitation (Fer-Manganèse)</i>
<i>Gouts et odeurs</i>	<i>Fréquents</i>	<i>Rares sauf si présent H₂S</i>
<i>Minéralisation</i>	<i>Variable en fonction des terrains, précipitation, rejets,..</i>	<i>Constante et plus élevée que les eaux de surface</i>
<i>Fe et Mn dissous</i>	<i>Généralement absents</i>	<i>Généralement présents</i>
<i>CO₂agressif</i>	<i>Généralement absents</i>	<i>Présent en grande quantité</i>

<i>O₂ dissous</i>	<i>Le plus souvent du voisinage de la saturation et absent dans les eaux polluées</i>	<i>Absent le plus souvent</i>
<i>NH₄</i>	<i>Seulement dans les eaux polluées</i>	<i>Fréquemment présent</i>
<i>Nitrates</i>	<i>Peu abondants en général</i>	<i>Teneur parfois élevée</i>
<i>Silice</i>	<i>Teneur généralement modérée</i>	<i>Teneur souvent élevée</i>
<i>Micropolluants minéraux et organiques</i>	<i>Présent dans les zones industrialisées</i>	<i>Généralement absents</i>
<i>Solvants chlorés</i>	<i>Rarement présents</i>	<i>Présents si pollution de la nappe</i>
<i>Éléments vivants</i>	<i>Bactéries dont certaines pathogènes, virus, planchon</i>	<i>Férobactéries et sulfatoréductrices</i>
<i>Caractère eutrophe</i>	<i>Possible surtout lors des fortes températures</i>	<i>Non</i>

D. Eau souterraine sous l'influence des eaux de surfaces

Elles sont difficiles à identifier mais doivent être considérées comme des eaux de surface en termes de performance de traitement.

E. Eau de mer et océan

Les mers et les océans constituent des énormes réservoirs d'eau, elles représentent près de 97,4/ du volume d'eau existant actuellement sur notre planète,

Les eaux de mers sont caractérisées par une grande salinité, elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres » ce qui rend leur utilisation difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement.

I-6-2. Eaux de consommation

Ce sont des eaux destinées à la consommation domestique, elles sont connues une énorme croissance suite au développement démographique et à l'amélioration des conditions de vie des populations.

La consommation en eau varie de quelques litres dans les pays à faible confort ménager jusqu'à plusieurs centaines de litres dans les pays développés.

Ces eaux ne sont jamais distribuées sans avoir été traitées ; les facteurs déterminant le choix du traitement sont :

La qualité : C'est la qualité de l'eau brute disponible et qui doit être compatible avec la législation en vigueur.

La quantité : La source doit couvrir la demande

L'économie : Le coût d'investissement et de fonctionnement du procédé de traitement relatif à chacune des ressources disponibles est déterminant lors de la prise d'une décision.

Les établissements distributeurs des eaux de consommation sont responsables de la conformité de ces eaux aux normes jusqu'à leurs arrivées au consommateur.

I-6-3. Eaux industrielles

La qualité des eaux utilisées dans l'industrie sont très variables. Elles dépendent du type de l'entreprise productrice et de sa taille ; une eau qui va entrer dans un cycle de refroidissement d'une chaudière est moins exigeante que l'eau utilisée dans l'industrie électronique. (Voir tableau4).

Tableau 4-Principales utilisation industrielles de l'eau et sources d'eau possibles

<i>Utilisation</i>		<i>Sources d'eau acceptables (Souvent après un traitement adéquat)</i>
Eau de fabrications Nobles	<ul style="list-style-type: none"> • Agroalimentaire • Pharmacie • Papiers blancs • Textiles • Teintureries • Chimie 	<ul style="list-style-type: none"> • Eau moyennement minéralisée • Eau potable • Eau de forage • Eaux des surfaces peu polluées
Eau déminéralisée	<ul style="list-style-type: none"> • Pharmacie • Chaudières • Préparation des bains divers • rinçages en galvanoplastie. • Eau ultra pure • Dessalement • par osmose inverse 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux de forage • Eaux de surface peu polluées
Eau de refroidissement en circuit semi-ouvert	<ul style="list-style-type: none"> • Réfrigération atmosphérique 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux de surface pauvres en CT • Effluents après traitement tertiaire
Eau de refroidissement en circuit ouvert	<ul style="list-style-type: none"> • Condenseurs et échangeurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Eaux de surface • Eaux de mer • Effluents après traitement
Eau de lavage de gaz ou produit de transport	<ul style="list-style-type: none"> • Lavage gaz métallurgique et incinération • Lavage charbon 	<ul style="list-style-type: none"> • Eau de surface tamisées et prédécantées • Effluents secondaires

I-6-4. Eaux usées

L'utilisation des eaux engendre un nouveau produit appelé effluent ou eau usée, ces eaux sont généralement formées du sous-produit d'une utilisation humaine, soit domestique, soit industrielle, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être traitées. Il existe deux grandes catégories d'eaux usées :

a) Eaux résiduaires urbaines (ERU)

Les eaux résiduaires urbaines regroupent les eaux ménagères ; les eaux vannes et les eaux ruissellement. La composition et les caractéristiques d'une eau résiduaire urbaine sont peu variables par rapport aux eaux usées industrielles.

Chaque habitation doit être raccordé à un réseau d'assainissement collectif ou être doté d'un système d'assainissement autonome. Tout système d'assainissement qu'il soit collectif ou non, a pour but de regrouper les eaux usées (la collecte), puis de les dépolluer (l'épuration) en les traitant avant leur rejet dans le milieu naturel, la complexité des traitements mis en œuvre varie en fonction de la nature des eaux usées.

b) Eaux résiduaires industrielles (FRI)

Les caractéristiques des eaux usées industrielles subissent des grandes variations elles dépendent d'une multitude de paramètres types de l'industrie, production, nettoyage, etc...

I-7. Domaine d'utilisation de l'eau

1) En Agriculture

L'agriculture est le premier secteur de consommation d'eau, notamment pour l'irrigation.

2) En industrie

L'eau est aussi utilisée dans beaucoup de processus industriels et de machines, tels que la turbine à vapeur ou l'échangeur de chaleur : on peut ajouter à cela son utilisation comme solvant chimique.

L'eau est une source d'énergie ; l'hydroélectricité représente 16 % de la production mondiale d'électricité et possède de nombreux atouts. Elle est renouvelable, bon marché et émet peu de gaz à effet de serre.

3) Pour l'alimentation humaine

L'accès à l'eau potable est un besoin vital pour toutes les espèces.

Chapitre II

Agents polluants

&

Paramètres de qualité de l'eau

II-1 Pollution des eaux

La pollution de l'eau se traduit par une dégradation des caractères physiques, chimiques, biologiques ou bactériologiques.

L'origine des substances polluantes est diverse, ainsi on distingue la pollution d'origine domestique, industrielle, issues des phénomènes naturels, la pollution par les eaux pluviales, la pollution agricole et la pollution par les substances associées aux traitements des eaux.

II-2. Les origines de la pollution des eaux

La pollution de l'eau vient essentiellement des activités humaines.

II-2-1. Pollutions organiques

Les agriculteurs, particuliers et industriels rejettent des matières organiques (excréments, ordures ménagères animales ou végétales pour les particuliers ; déjections animales pour les exploitations agricoles ; déchets végétaux ou animaux pour les industries comme la papeterie, la tannerie ou les industries agroalimentaires). Or ces déchets, notamment les excréments, contiennent des microbes : bactéries, virus... : cette pollution peut donc entraîner des maladies (pollution microbiologique).



Figure 10 : Pollution organique

II-2-2 Pollutions chimiques

L'agriculture (culture et élevage) est une cause majeure de pollution des eaux souterraines, et importante pour les eaux de surface. Les engrais (nitrates, phosphates, mais aussi parfois cadmium) et pesticides utilisés pénètrent dans le sol, puis dans l'eau. Les médicaments et compléments alimentaires (par exemple, zinc) donnés aux animaux d'élevage

également être source de pollution (des études doivent être menées sur l'impact sur le milieu, par exemple le développement de bactéries résistantes aux antibiotiques)



Figure :11*Pollution chimique*

- ✓ Les particuliers, commerçants et artisans (eaux usées gérées par les villes) sont également à l'origine de pollutions des eaux. Les produits chimiques utilisés (produits de nettoyage, pesticides, peinture...) sont le plus souvent rejetés dans les canalisations (selon l'organisation des égouts dans la ville, ils sont alors soit directement rejetés dans le milieu naturel, soit envoyés en station de traitement des eaux usées).
- ✓ Les résidus de médicaments (absorbés puis rejetés dans les eaux usées) constituent également une source de pollution, mais des études pour améliorer les connaissances sur leur impact sur le milieu naturel sont nécessaires : par exemple, déterminer si certains produits (hormones contenues notamment dans les pilules contraceptives...) peuvent perturber le fonctionnement du système hormonal des animaux et contribuer à la féminisation des poissons. D'autres risques, moins connus, pourraient exister.
- ✓ Les activités industrielles, autre source de pollution, rejettent des métaux, des hydrocarbures, des acides, et peuvent provoquer le réchauffement des eaux.

II-3 Les principaux polluants des eaux naturelles

II-3-1 Polluants physiques

Les polluants physiques sont les éléments solides entraînés par l'eau, on parle de ce type de pollution quand l'eau est modifiée dans sa structure physique, c'est une pollution due aux décharges des déchets et des particules solides apportés par les eaux de ruissellement, elle provient aussi des opérations de dragage et de l'érosion.

Les polluants solides rejetés dans le milieu aquatique peuvent être classés selon leur nature et leur taille.

Les polluants solides rejetés dans le milieu aquatique peuvent être réparti en :

- ***Eléments grossiers :***

Leur taille est suffisamment importante pour qu'ils soient retenus par une simple grille

- ***sables :***

Sont des particules minérales d'une certaine taille ils sont à base de silice ou de composition minérale équivalente.

- ***Matières en suspension (MES)***

Ce sont des impuretés à cause de leur taille (supérieur à 10 µm)

On les trouve essentiellement dans les eaux superficielles ;

-Elles contribuent à la turbidité de l'eau et à sa couleur.

-Elles peuvent être d'origine minérale (Quartz, sels minéraux insolubles, limons, argile...) ou organique (produits de la décomposition des matières végétales ou animales, acides humiques).

A ces composés s'ajoutent les micro-organismes tels que bactéries, Plancton, algues et virus.

- ***Matières colloïdales***

C'est des matières en suspension de même origine que les précédentes mais de plus petites tailles (moins de 1 micron).

Elles sont également génératrices de turbidité et de couleur. Aussi, leur élimination dans l'eau à traiter est difficile car elles ne se décantent pas de manière spontanée et sont peu retenues par filtres, on devra utiliser la coagulation –floculation suivie par une décantation pour éliminer les colloïdes.

II 3-2 Polluants chimiques

Ces polluants sont des rejets de produits chimiques la fois d'origine industrielle et domestique.

Le danger de ces polluants dépend de leur nature biochimique, certains sont hydrosolubles, facilement dilués et donc leur action est minime, d'autres sont liposolubles avec un pouvoir de se concentrer au niveau des lipides et par conséquent, ils vont emprunter la chaîne trophique.

Ces polluants sont divisés en deux catégories :

III-3-2-1 Polluants chimiques organiques

Les matières organiques dans les eaux sont de la dégradation des matières animales ou végétales par les micro-organismes.

Les activités humaines constituent une source de pollution organique importante.

On y associe les rejets domestiques, les rejets industrielles et les activités agricoles (épandage, pesticides). Par voie biologique, la matière organiques naturelle et de synthèse peut être dégradée. Certains produits peuvent être toxiques.

Au stade ultime de la minéralisation la matière organique est transformée en azote.

1) Métaux lourds

Ce sont les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas metalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieur à 5 grammes par cm³.

Les métaux lourds sont des micropolluants de nature à entraîner les nuisances même quand ils sont rejetés en quantités très faibles (leur toxicité se développe par bioaccumulation). Le plomb, le cadmium et le mercure, sont les plus redoutable lorsqu'ils sont métabolisés dans l'organisme humain.

2) Substances désirables

Il s'agit des substances qui sont normalement dans l'eau à des concentrations très faibles, tel que le fer, le zinc, le manganèse, le cuivre, etc., Elles sont aussi appelées « oligo-éléments »

3) Substances à concentration excessive

Ce sont des substances qui deviennent polluantes lorsque leurs concentrations dans l'eau varient, certaines quand leur concentration augmente et d'autres quand elle diminue tel que les nitrates, les sulfates.

II -3-3 Polluants biologiques

L'eau dans la nature véhicule un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et protozoaires en tout genre, qui y vivent et s'y développent ainsi que d'un nombre de parasites dont les hôtes ont besoin d'eau pour vivre et se reproduire.

Ces organismes peuvent engendrer des maladies très graves lorsqu'ils pénètrent dans le corps humains.

II-4 Paramètres liées à la qualité de l'eau

II-4-1 Qualité de l'eau

La qualité est la préoccupation première et constante des professionnels de l'eau. La recherche de la qualité préside à l'ensemble du processus de production et de distribution. Elle s'exprime dans la sélection de l'eau brute, dans les traitements destinés à la mettre aux normes et dans les contrôles qui garantissent la qualité de l'eau distribuée :

(Quand on parle de la qualité de l'eau, on se réfère à deux aspects : celui de la santé et de l'hygiène,

La qualité de l'eau varie selon la source. Elle peut ou non contenir des minéraux dissous, des gaz dissous, des matières organiques, des microorganismes ou encore une combinaison de ces différentes impuretés responsables de la détérioration du rendement du fluide.

a) Qualité d'eau de surface

La quantité de minéraux dissous présente dans l'eau de lac ou l'eau de rivière (eau de surface), par exemple, dépend de la proximité de la source avec des gisements minéraux. En règle générale, la qualité de l'eau de lac est constante, tandis que la qualité de l'eau de rivière fluctue selon les conditions atmosphériques.

b) Qualité d'eau souterraine

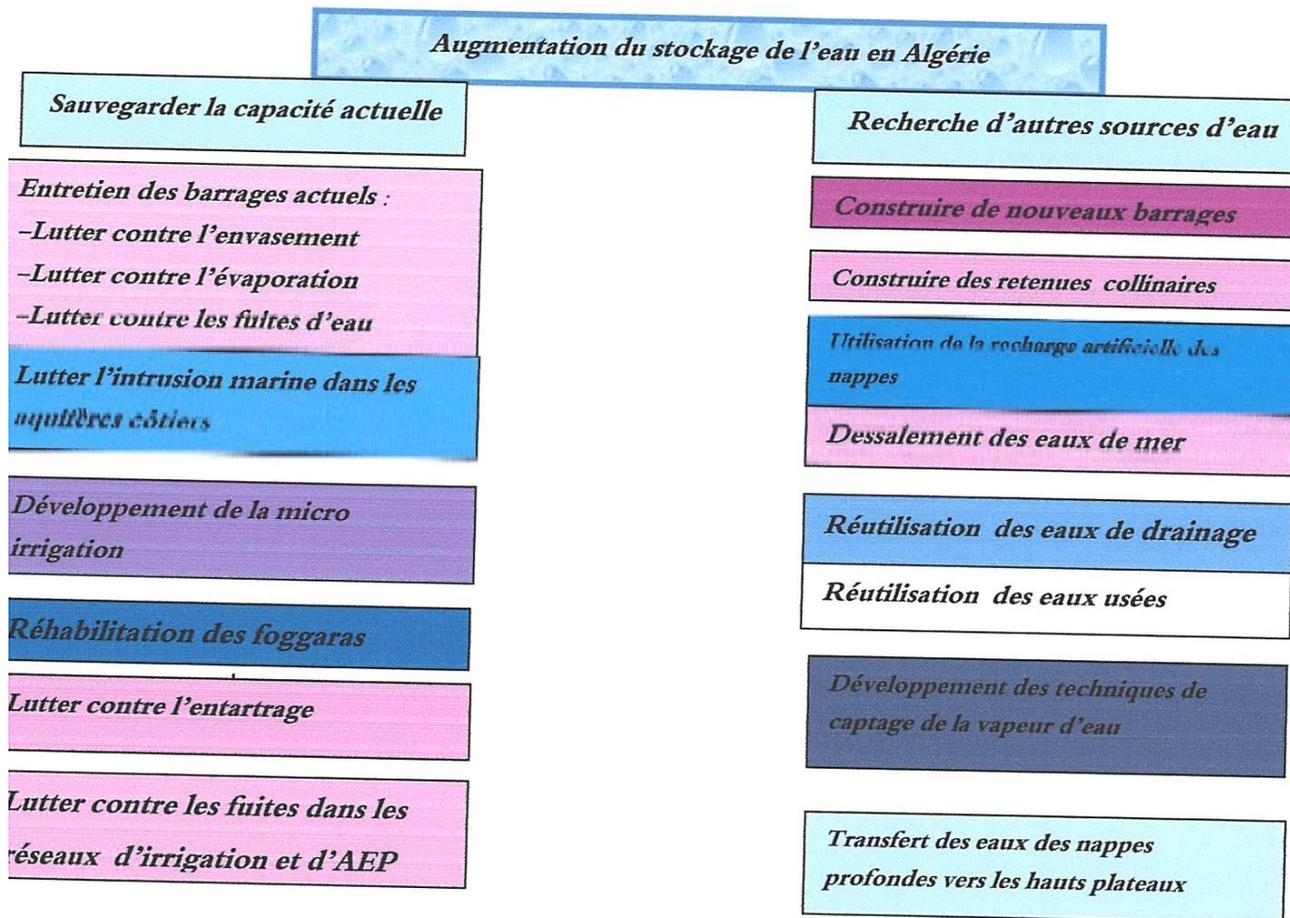
L'eau des puits (eau souterraine), qui s'infiltré dans le sol formé de roches minérales, contient davantage de minéraux dissous que l'eau de lac ou l'eau de rivière. Toutefois, l'eau de surface contient un nombre plus élevé de microorganismes (bactéries et moisissure) ; elle doit donc être traitée.

c) Qualité d'eau de consommation

L'eau du robinet, destinée à la consommation humaine, fait l'objet de contrôles permanents. Ils permettent de garantir une consommation sûre : l'eau distribuée en Algérie est de bonne qualité, conformément aux ^{normes} niveaux définis par l'Union Européenne fondés sur les évaluations menées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

L'eau doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent". Les professionnels de l'eau font donc tout pour répondre à cette attente, l'Algérie adopte sa propre stratégie pour augmenter le stockage et améliorer la qualité de l'eau en éliminant le maximum d'impuretés.

● **Stratégie pour augmenter le stockage de l'eau en Algérie**



II-4-2. Paramètres physiques liés à la qualité de l'eau

II-4-2-1. La turbidité

La turbidité désigne la présence de petites particules de sédiments et de matière organique en suspension dans l'eau d'approvisionnement, entraînant un aspect générale trouble.

Les particules organiques et inorganiques n'ont aucun effet notable sur la santé, mais elles peuvent contribuer à abriter des microorganismes et réduire l'efficacité de la désinfection.

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre qui détecte l'intensité de la lumière diffractée par les particules contenues dans l'eau. Ce critère est utilisé pour évaluer la performance des filtres.

II-4-2-2. Les particules

Les particules peuvent grandement varier de par leur origine et leur taille, on les classe souvent ainsi :

- ✓ Colloïdales : moins de 1 micron
- ✓ En suspension : Supérieur à 1 micron
- ✓ Dissoutes : non retenues sur un filtre 0.45 micron.

On peut les mesurer à l'aide d'un compteur de particules qui détecte le nombre de la taille de celle-ci.

II-4-2-3 La couleur

La couleur de l'eau résulte de la rétrodiffusion de la lumière qui traverse l'eau et elle est influencée par les matières dissoutes ou en suspension dans l'eau.

Elle peut être le résultat de facteurs naturels (dissolution du fer à partir de minéraux riche en fer, et les matières humiques dissoutes) ou de facteurs liés à des activités anthropiques, comme le rejet d'effluents à la suite de procédés industriels.

La couleur est mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre.

II-4-2-4 .Le Gout et l'odeur

Les problèmes de gout et d'odeur liés aux sources d'approvisionnement en eau constituent un problème d'ordre esthétique principalement la géosmine et le 2-méthylisoboméol (MIB), produits par certaines espèces de cyanobactéries et d'actinomycètes, donc la production de ces composés peut être favorisée par les eaux de ruissellement provenant de sources urbaines ponctuelles. Les diatomées sont également responsables de goûts et odeurs indésirables.

II-4-2-5 .Le pH

Est une mesure de concentration d'ions hydrogène dans l'eau, l'eau dans le pH est de 7.0 est neutre tandis qu'un pH inférieur à 7.est acide, et un pH supérieur à 7.0 (jusqu'au maximum 14) est alcalin(ou basique). →

Un pH réduit peut entraîner une mobilisation des métaux lourds, qui passe en solution.

II-4-2-6. La température

A une incidence tant sur les fonctions biologiques que chimiques la constante d'équilibre chimique la solubilité et la vitesse de réaction chimique sont toutes les paramètres dépendants de la température

De plus lorsqu'un procédé biologique est utilisé pour le traitement, la température de l'eau va influencer la vitesse du processus de biodégradation.

II-4-2-7. La matière organique

La matière organique dans l'eau cause des problèmes de couleur de goûts et d'odeurs, de baisse d'oxygène dissous et de formation de sous-produits halogénés.

La plus grande partie des matières organiques sont substances humiques provenant naturellement du sol, ou produites par des procédés chimiques et biologiques dans l'eau lors de la décomposition des végétaux

Les matières organiques sont mesurée par :

- ▲ Demande chimique en oxygène (DCO) : Quantité d'oxygène pour oxyder la matière organique.
- ▲ Carbone organique totale (COT) mesuré par évaporation et oxydation de façon catalytique jusqu'au CO₂
- ▲ Demande totale en oxygène (DTO) obtenue par conversion de la matière organique et de quelques substances inorganiques en CO₂ et H₂O

II-4-2-8. Les contaminants émergents

On appelle contaminant émergent une substance non réglementée à l'heure actuelle mais qui et qui devrait être prise en compte lors de la conception ou la rénovation d'une usine car elle pourrait être réglementaire au cours des prochaines années.

II-4-2-9. Fer et manganèse

Ces deux substances doivent être éliminées par traitement car :

- ▲ Les sels de fer et de manganèse sont instables et réagissent avec l'eau pour former des précipités insolubles qui sédimentent sous forme de limon rouille ou noir.
- ▲ Les précipités donnent un goût désagréable
- ▲ Les précipités peuvent tacher la lessive et les accessoires de plomberie
- ▲ Les précipités peuvent réduire la capacité hydraulique des conduites
- ▲ Les précipités peuvent promouvoir la croissance des ferrobactéries et manganobactéries

II-4-2-10. La dureté

Une eau est dite dure lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium (Ca^{+2}) et magnésium (Mg^{+2}) et par opposition douce lorsqu'elle contient peu de ces ions.

La dureté de l'eau résulte de son contact avec les formations rocheuses lors de son passage dans le sous-sol.

Elle varie donc en fonction de la nature de celui-ci de la région d'où provient l'eau, lorsqu'une eau dure est chauffée (60°C) il se forme un précipité insoluble c'est le tartre ou calcaire, les canalisations et les ustensiles de cuisine peuvent alors être colmatés par l'entartrage.

De plus, la dureté empêche le savon de mousser portant le consommateur à utiliser plus ; La dureté se mesure en degrés français ($^\circ\text{F}$) : Un degré français de dureté correspond à une teneur en calcium et magnésium équivalent à 10 mg de carbonate de calcium (CaCO_3) par litre.

<i>Eau douce</i>	<i>0 à 18 °F</i>
<i>mi-dure</i>	<i>18 à 30°F</i>
<i>dure</i>	<i>+de 30 °F</i>

La dureté n'a pas d'impact sur la santé par contre l'adoucissement des eaux dans une habitation ou subsistent d'anciennes canalisations peut être dangereux.

Les eaux adoucies dissolvent d'abord les anciens dépôts de calcaire, puis le plomb, le zinc et le cuivre des tuyaux

L'eau adoucie est riche en sodium, plus l'eau est dure au départ plus grande sera la concentration en sodium (Na^+) de l'eau adoucie. Cette eau n'est donc pas recommandée pour

l'alimentation des personnes souffrant d'hypertension, des cardiaques, des femmes enceintes et des personnes soumise à un régime de sel.

II-4-2-11. Les Nitrates

Les Nitrates constituent l'un des anions majoritaires dans les eaux naturelles. Néanmoins les concentrations peuvent être grandement augmentées par les fertilisants utilisés en agriculture. Ou par les déjections animales provenant des champs d'élevage ou par des fosses septiques.

Les Nitrates sont convertis en Nitrites dans le corps qui peuvent conduire méthémoglobinémie surtout chez les nourrissons. Ainsi qu'à la formation des nitrosamides et nitrosamines cancérigènes, la teneur en eau potable est limitée à 10mg/l.

II-4-2-12. Le baryum

Le baryum est présent naturellement sous forme de traces dans la plupart des eaux de surface ou des eaux souterraines car c'est un minéral contenu dans les sols. Il peut également provenir de rechargements industriels (charbon, peinture automobile, brique, céramique, etc).

Sur une base continue, l'absorption d'une quantité élevée de baryum peut causer des problèmes circulatoires.

Sa teneur dans l'eau est limitée à 1 mg/l selon la réglementation.

II-4-2-13. Les Sulfures

L'injection des sulfures ne représente pas un danger pour la santé humaine. Néanmoins, au-delà de 0.05 mg/l.

Ils génèrent des goûts et odeurs désagréables, de plus les fluorures peuvent être à l'origine de sévère problème de corrosion dans les réseaux de distribution de plus les fluorures peuvent être à l'origine de sévère problèmes de corrosion dans les réseaux de distribution.

Son objectif de qualité est fixé à un maximum de 05mg/l (Selon les normes européennes de santé.(OMS)).

II-4-2-14. L'arsenic

Se rencontre en trace à l'état naturel dans de nombreux sols mais les activités anthropiques (usage de pesticides, extraction et exploitation de minerais principalement) ont conduit à son

accumulation dans L'environnement, Il est reconnu comme étant cancérigène même si sa teneur est de 25µg/l, il faut viser son élimination complète.

II-4-2-15. Les fluorures

Sont présent naturellement dans les sols et les sources d'eau, certaines usines en ajoute pour même avec la distribution afin de réduire le problème des caries dentaires chez les consommateurs il est recommander de ne pas ajouter plus de 1 mg/l.

II-4-2-16. Les chlorures

Présent dans l'eau peuvent lui donner un mauvais gout à forte concentration et peuvent aussi augmenter la corrosion dans les conduites du réseau de distribution.

En effet ils peuvent réagir avec les métaux en solution, les laissant solubles, ou peuvent interférer avec la formation d la couche d'oxyde protectrice.

II-4-3. Paramètres microbiologique

II-4-3-1 Cryptospridium et Giardia

Cryptospridium et Gardia sont deux micro-organismes de la famille des protozoaires (sont des micro-organismes unicellulaires que l'on retrouve naturellement dans les rivières).

II-4-3-2 Virus

Un virus est une entité biologiques qui nécessite une cellule hôte dont il utilise les constituant pour ce multiplier.

Ils sont les plus petits organismes vivants pouvant causer des infections et des épidémies telles que l'hépatite et le polio virus.

II-4-33 Algues

Ils sont des végétaux qui vivent et se développent naturellement dans l'eau; ils peuvent exagérément se développer en présence abusive de (phosphore, nitrates)

II-4-3-4 Bactéries

Sont des microorganismes unicellulaires microscopiques qui se retrouvent partout dans l'environnement et qui sont parfois vitales certaines peuvent entrainer des infections ; ils sont

utilisés comme indicateur de contamination comme les coliformes fécaux, sous-groupe des coliformes totaux.

Chapitre III

Etude de la potabilité de l'eau

VI-1. Traitement de l'eau

Toutes les eaux de la nature ne sont pas bonnes à boire. Même une eau d'apparence limpide transporte en son sein toutes sortes de substances inertes et vivantes, dont certaines peuvent être nocives pour l'organisme humain. Ces substances proviennent soit du milieu physique dans lequel l'eau a évolué, soit des rejets de certaines activités humaines dont l'eau est devenue le réceptacle.

L'eau est ainsi le vecteur de transmission privilégié de nombreuses maladies. Pour pouvoir être consommée sans danger, l'eau doit donc être traitée. Mais la pollution croissante des réserves rend cette opération de plus en plus délicate, obligeant les traiteurs d'eau à constamment innover. Les techniques ont d'ailleurs beaucoup évolué, faisant aujourd'hui du traitement de l'eau une industrie de pointe.

Puisque L'eau ne se trouve jamais à l'état pur (H_2O). Elle contient toujours des éléments minéraux et organiques ou encore des microorganismes, et Comme les cours d'eau fournissent une eau brute qui contient énormément de polluants qui la rendent non potable ; il faut donc les éliminer. C'est dans ce but que l'eau va subir un certain nombre de traitements nécessaires pour la rendre potable.

VI-1-1. Dégrillage

Le dégrillage est la première étape d'une filière de traitement, qui consiste à retenir tous les gros déchets tels que les morceaux de bois, les bouteilles en plastiques et les canettes. Pour ce faire, on met en place un système de grilles, dont l'espacement est d'environ 50 mm. Dès que les grilles sont encombrées par les déchets, un racleur monte le long des grilles et fait tomber ces déchets dans une benne qui, une fois pleine, va bien évidemment à la décharge.

III-1-2. Coagulation et Flocculation

Après avoir subi le traitement de coagulation, l'eau va être transférée dans un autre bassin, où va commencer véritablement l'accrétion.

En effet, rien ne s'oppose plus alors au rassemblement des colloïdes neutralisés. Il faut donc maintenir une agitation lente pour favoriser les accrétions. Celle-ci est accélérée par l'ajout d'un polymère qui va jouer le rôle de colle entre les colloïdes.

C'est-à-dire d'une grande molécule constituée par la répétition d'un motif de base qui emprisonne les matières colloïdales agglomérées et formant ainsi des flocons volumineux qui se déposent par gravité. C'est le « floc ». Elle est aussi accélérée par une régulation d'un pH optimum pour obtenir la meilleure précipitation possible de l'ensemble des hydroxydes métalliques qui viennent d'apparaître grâce à la réaction de coagulation. On se sert d'hydroxyde de calcium Ca(OH)_2 appelé aussi lait de chaux ou chaux éteinte, et d'acide sulfurique H_2SO_4 pour réguler ce pH optimum qui se situe entre 8,45 et 8,9.

III-1-3. Décantation

Après avoir rassemblé les différentes petites particules en de beaucoup plus grosses, il faut maintenant décanter tout ceci. Dans un corps d'eau immobile, les particules en suspension plus lourdes que l'eau sont soumises à leur poids apparent (poids réel moins la poussée d'Archimède). Elles chutent lentement pour s'accumuler sur le fond : c'est la décantation.

III-1-4 .Flottation

La flottation permet de séparer les matières rassemblées en floc comme pour la décantation, mais s'applique aux matières qui ne décantent pas ou très lentement : graisses, hydrocarbures...

III-1-5 .Filtration

On utilise maintenant des batteries de filtres en fonction du traitement qu'a subi l'eau avant d'arriver à ce stade. Pour une station de traitement d'eau classique, les divers traitements sont : mélange rapide avec un coagulant, floculation, décantation, filtration.

Ainsi la filtration nécessaire après tous ces traitements est un filtrage rapide appelé « filtration conventionnelle mono- ou bicouche ». Les matériaux de filtration doivent présenter les qualités suivantes : être insolubles, non friables, et ne doivent relarguer aucune substance susceptible d'altérer la qualité de l'eau.

Les trois matériaux les plus employés sont :

- ✓ le sable concassé et le sable roulé
- ✓ l'anthracite
- ✓ le charbon actif

III-2. Quelle eau buvons-nous?

Pour déterminer la qualité de l'eau que nous buvons, on a effectué plusieurs Analyses pour différent type d'eau en se référant aux principales normes et indicateurs de potabilité et de qualité d'eau.

III-2-1. Analyses physico-chimiques

*1*Détermination du pH

a) Principe

Le pH (pour potentiel hydrique) mesure la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acidité et basicité de l'eau sur une échelle de 0 à 14. Un pH égal à 7 étant un pH de neutralité.

L'eau à analyser est additionnées d'un indicateur et la coloration obtenue comparée à une échelle de teintes préparées à partir de solutions pH connues.



Figure 12 : pH mètre

b) Matériel

- Comparateur de pH avec tube
- Calorimètre
- pH mètre

c) Résultats

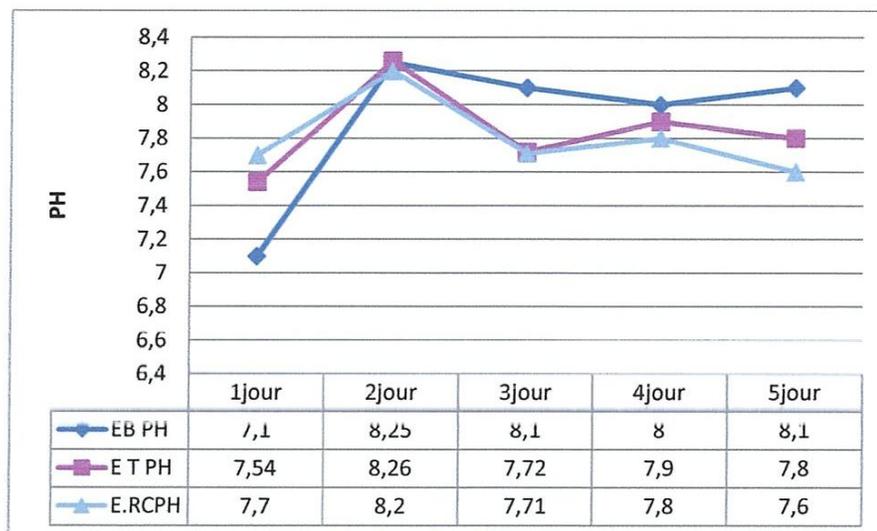


Figure 13 : Evolution temporelle du pH

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	6.5-8.5	-

- Toutes les valeurs du PH sont dans les normes
- Le PH atteint son maximum pendant le 2^{ème} jour du prélèvement des 3 types d'eau (brute, traitée et robinet consommateur).
- Ce paramètre dépend de nombreux facteurs, dont la nature de la roche du sous-sol.

***2*-Détermination de la conductivité**

a) Principe

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. (d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surfaces et séparées l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique.

Un ion est un atome (constituant de base de la matière) ou un groupe d'atomes qui possède une charge électrique positive ou négative. Ainsi, plus l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée.

b) Matériel

Conductimètre



Figure 14 : Conductimètre

c) Préparation des échantillons

- Prélever l'eau dans un flacon en polyéthylène bien rempli et bouché.
- Effectuer la mesure le plus vite possible.

d) Résultats

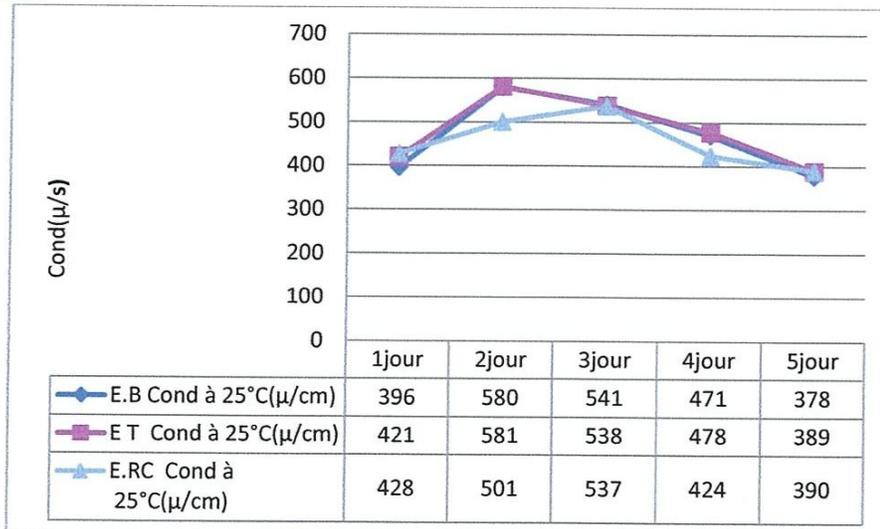


Figure 15 : la conductivité en fonction du temps

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	3125	μ/cm

- ✓ Toutes les valeurs de la conductivité sont dans les normes et presque stable
- ✓ La conductivité atteint son maximum pendant le 2^{ème} jour du prélèvement des 3 types d'eau (brute et traitée).
- ✓ Le courant électrique mesuré est proportionnel à la concentration d'ions dans l'eau comme (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), plus
- ✓ il est élevé, plus il y a d'ions dans l'eau ; le résultat se traduit en micro-Siemens par centimètre ($\mu S/cm$) à une température normalisée de 25°.

3-Détermination de la Température

a) Principe

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre

b) Matériel

Thermomètre

c) Préparation des échantillons

Une mesure directe est effectuée après le prélèvement des échantillons

d) Résultats

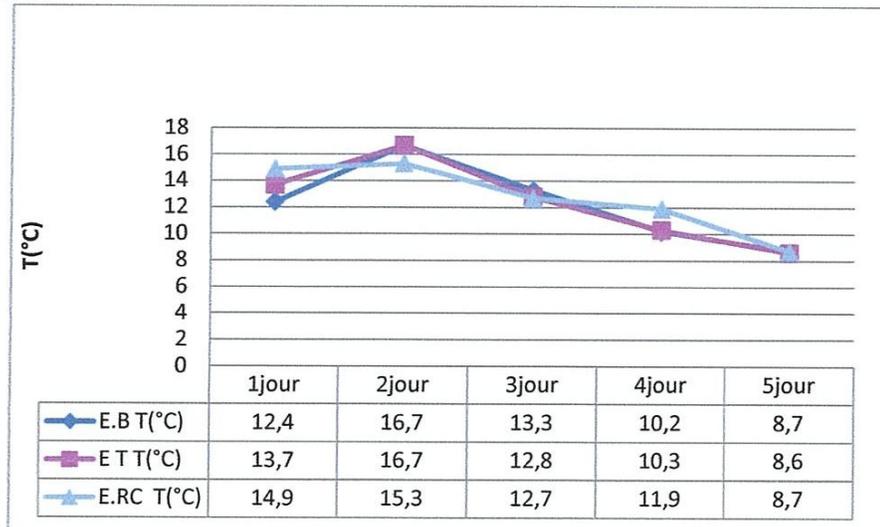


Figure 17 : Evolution temporelle de la température

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	-	-

- ✓ L'intervalle de température est entre 8,6°C et 16,7°C
- ✓ La qualité de l'eau dépend essentiellement de la quantité de dioxygène dissous
- ✓ Celle-ci varie en fonction de la température de l'eau (plus la température est élevée, moins il y a de dioxygène disponible pour les êtres vivants) mais aussi en fonction de la quantité de matières organiques dont la décomposition par les micro-organismes entraîne une diminution de la quantité de dioxygène.

***4*-Détermination de la Turbidité**

a)Principe

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension (colloïdales) ; argiles, grains de Silice, matière organiques. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité.

b)Matériel

Turbidimètre



Figure 18 Turbidimètre

c) Préparation des échantillons

Il est recommandé d'effectuer la mesure aussi rapidement que possible après le prélèvement, Il faut bien agiter les échantillons vigoureusement avant la mesure.

c) Résultats

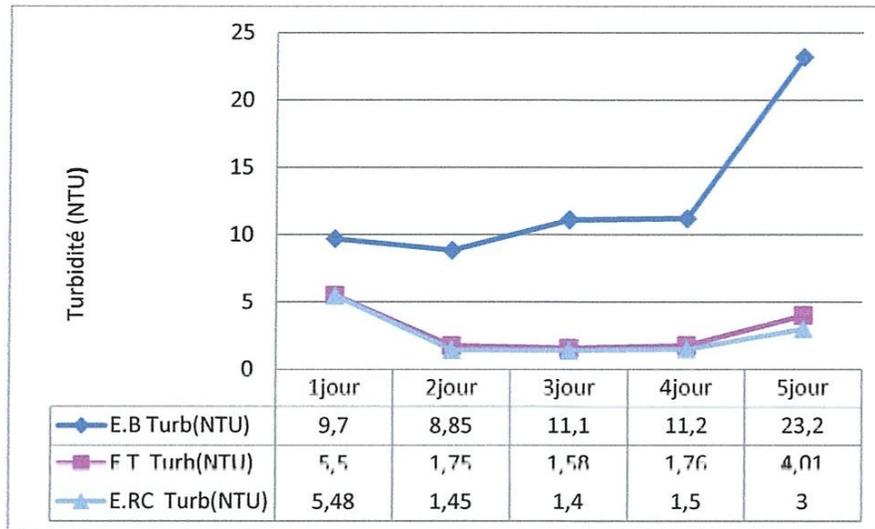


Figure 19 : Evolution temporelle de la turbidité

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	5	NTU

- ✓ Pour le 1^{er} jour du prélèvement la turbidité est au-dessus des normes pour les trois types d'échantillons.
- ✓ Pour le 5^{ème} jour la turbidité est très élevée dans l'eau brute et a baissée après traitement en retrouvant une valeur dans les normes de qualité d'eau potable.
- ✓ La limpidité de l'eau, encore appelée turbidité de l'eau, traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (matières organiques, microorganismes, argiles), autrement dit sa transparence. La turbidité peut s'exprimer en UTN (Unité de Turbidité Néphélométrique). Une forte turbidité peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension et de se développer.

***5*-D détermination de l'Ammonium NH_4^+ (méthode spectrométrique manuelle)**

a) Principe

Mesure spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium (nitroprussiate de sodium).

b) Préparation des Réactifs

- ✓ Eau exempte d'ammonium.
- ✓ Réactif coloré (**Réactif I**): Peser 13g de salicylate de sodium, 13g de citrate trisadiquedihydraté et 0,097g de sodium nitropentacyanoferrate (III) dihydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée . Conserver dans un récipient en verre brun .
- ✓ Cette solution est stable pendant 2 semaines.
- ✓ Dichloroisocyanurate de sodium (**Réactif II**): prendre 3,2g d'hydroxyde de sodium dans 50 ml d'eau distillée, + 0,2g +/- 0,002g de dichloroisocyanuratedihydraté . Dissoudre dans 100 ml d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun.

c) Préparation des échantillons

Prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml(réactif I) ; puis ajouter,4 ml de la solution de réactif II , compléter la fiole jusqu'à la jauge (attendre 1h30min)

L'apparition de la couleur verte indique la présence de l'ammonium

e) Résultats :

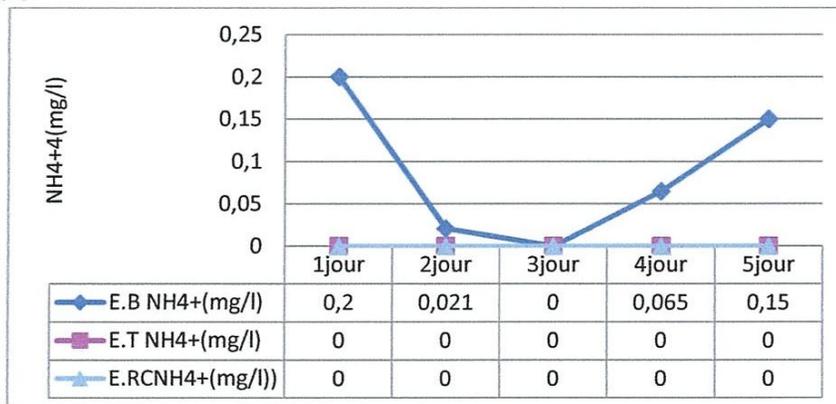


Figure 20 : Evolution temporelle de L'Ammonium

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	0.5	mg/l

f) Interprétation

- Une présence moyennement élevée d'Ammonium (inférieure au nome) dans l'eau brute pour le 1^{er}, 2^{ème}, 4^{ème} et 5^{ème} jour.
- Aucune trace d'Ammonium dans l'eau traitée et l'eau du robinet :
 - ✓ Elimination parfaite des ions ammonium grâce au Traitement d'oxydation chimique : le chlore
 - ✓ Les ions Ammonium réagissent avec le chlore pour donner des chloramines
 - ✓ qui réduisent le pouvoir bactéricide du chlore
 - ✓ qui conduisent à des mauvais goûts
 - ✓ qui peuvent induire la production de nitrite
 - ✓ Les ions ammonium sont des nutriments qui induisent une postprolifération
 - ✓ bactérienne dans le réseau de distribution

***6*-Détermination Des Ions Nitrites NO₂⁻**

a) Principe

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (PH=1,9) avec la sulfanilamide en formant sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge

b) Préparation du Réactif

20g de sulfanilamide, (C₆H₈N₂O₂S) a dissoudre dans un mélange de 50ml d'acide phosphorique (d=1,71g/ml=85% de masse) et 250 ml d'eau distillée.

Dans cette solution dissoudre 1g de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté (C₁₂H₁₆Cl₂N₂). Compléter avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée à un volume de 500ml, cette solution est stable pendant un mois si elle est gardée à l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et au froid (4 ° C.)

- Solution d'acide phosphorique :

Dans une fiole jaugée de 250 ml, dissoudre 25 ml d'acide phosphorique ($d=1,71\text{g/ml}=85\%$ en masse) dans 150ml d'eau distillée. Après refroidissement à la température ambiante, on complète à l'eau distillée à 250ml.

- Solution standard de 100 mg/l

Dissoudre $0,4926\text{g} \pm 0,0002$ de Nitrites de Sodium (NaNO_2), sécher pendant 2 heures à 105°C dans 750 ml d'eau distillée compléter à 1L.

$1\text{ml}=100\text{gr}=0,1\text{mg}$ de NO_2^- . Cette solution est stable pendant 1 mois à l'obscurité et à 4°C .

c) Prélèvement

Conserver l'échantillon à 4°C et effectuer le dosage dans les six heures qui suivent le prélèvement. En cas d'impossibilité, ajouter une goutte de chloroforme à l'échantillon et pour le prélèvement il faut utiliser des bouteilles en verre.

d) Préparation des échantillons

- Prendre 50 ml d'eau à analyser
- Ajouter 1 ml du réactif mixte.
- Attendre 10mn.

L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^-

f) Résultats

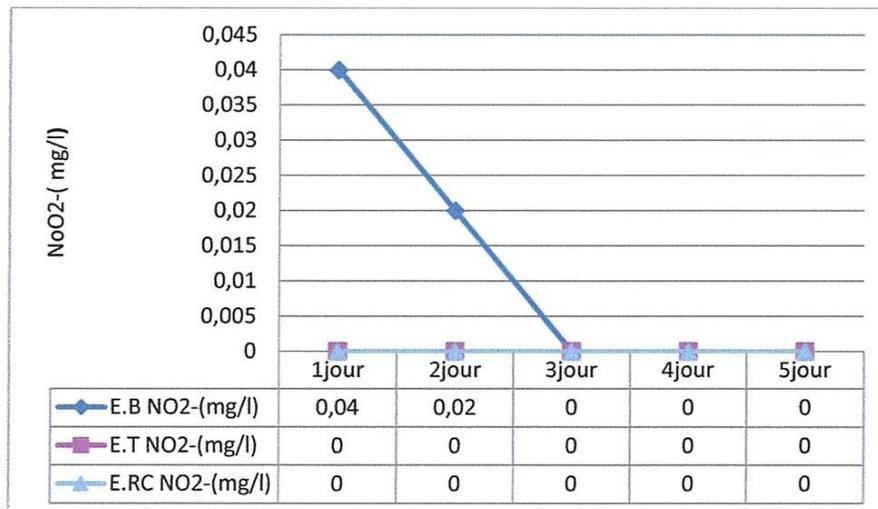


Figure 21 : Evolution temporelle des ions Nitrites

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	0.1	Mg/l

- ✓ Présence de traces de Nitrites dans l'eau brute pour le 1^{er} et 2^{ème} jour
- ✓ Absence des Nitrites dans l'eau traitée et l'eau du robinet
- ✓ L'élimination totale des nitrites dans l'eau traitée et du robinet consommateur (oxyder les nitrites en nitrates) Ceci peut être effectuée par une injection d'ozone dans l'eau. L'ozone est un composant chimique très oxydant qui oxydera tous les nitrites en nitrates, éliminant ainsi la toxicité causée par les nitrites.
- ✓ les ions nitrates (NO₃⁻) et les ions nitrites (NO₂⁻) ont des formules voisines mais des propriétés très différentes ; l'ion nitrate est stable, l'ion nitrite beaucoup moins et cette aptitude à réagir facilement explique sa toxicité.

7-Détermination Des Ions Nitrates NO₃ méthode au salicylate de sodium

a) Principe

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

c) Préparation des échantillons

- Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.
- Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C. (ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.
- Reprenre le résidu avec 2 ml. H₂SO₄ laisser reposer 10 mn.
- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium
- 6-Expression des résultats :Le résultat est donné directement en mg/l à

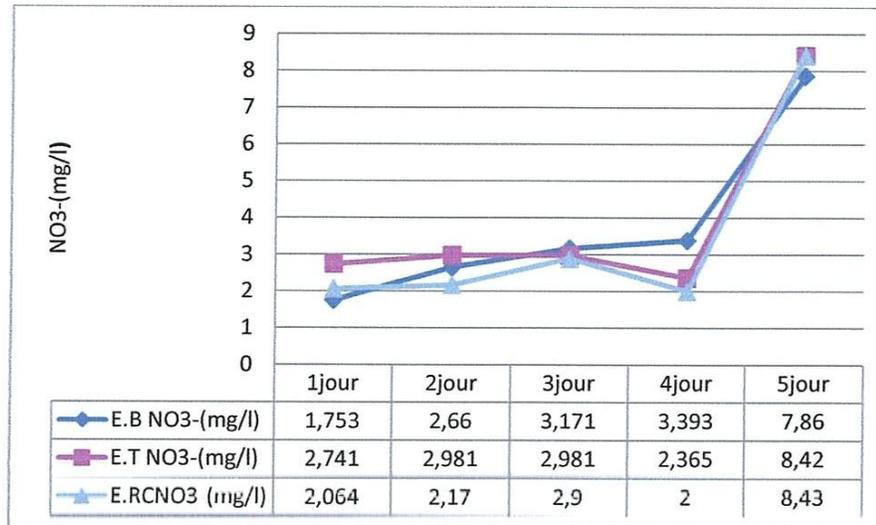


Figure 22 : Evolution temporelle des ions Nitrates

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	50	mg/l

d) *Interprétation*

- ✓ Faible concentration de Nitrates dans les trois type d'eau ; les échantillon du prélèvement du 5^{ème} jour ont une concentration élevé.
- ✓ La concentration en nitrates varie naturellement selon les saisons et elle est de l'ordre de quelques milligrammes par litre. On observe aujourd'hui à une forte augmentation de la concentration liée essentiellement à l'utilisation d'engrais organiques ou minéraux en agriculture.

8-Détermination des phosphates PO_4^{-3}

a) *Principe*

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

b) Réactifs

A- 13 g d'heptamolybdate d'ammonium qsp 100 ml H₂O distillée.

B- 0.35 g de tartrate d'antimoine qsp 100 ml H₂O distillée.

C- 150 ml d'acide sulfurique concentré qsp 300 ml H₂O distillée.

- Mélanger (A + C) + B = 500 ml (Stable pendant deux mois).

c) Préparation des échantillons

-Prendre 40 ml d'eau à analyser

-1 ml d'acide ascorbique

-Ajouter 2 ml du réactif-mélange

- Attendre 10 mn.

**L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO₄³⁻*

e) Résultats

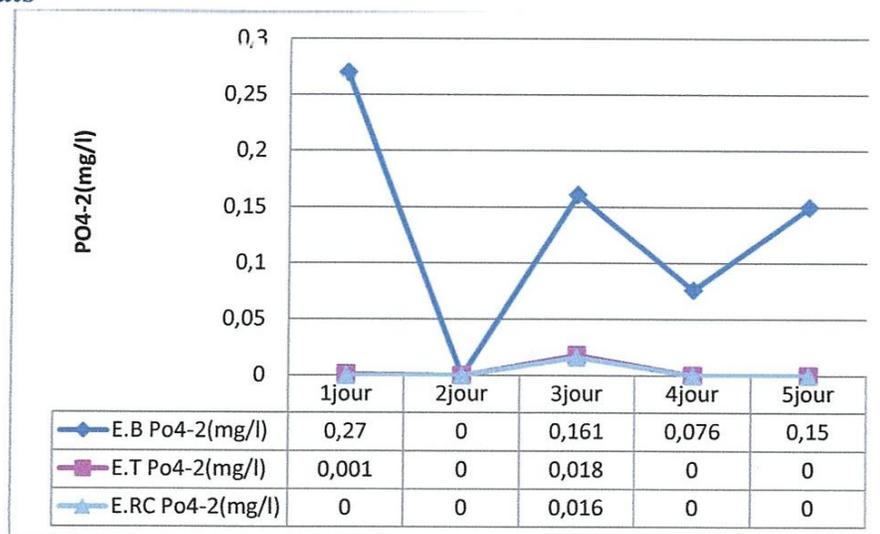


Figure 23 : Evolution temporelle des Phosphates

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	0.5	mg/l

f) Interprétation

- ✓ Aucune trace de phosphate dans les trois types d'eau pour le deuxième jour.
- ✓ Concentration élevée phosphate dans l'eau brute, mais qui ne dépasse pas la norme le premier jour du prélèvement. (Le phosphate provient à la fois de l'utilisation des engrais, des rejets industriels et des rejets domestiques (déjections humaines, détergents, lessives)).

9-Dosage des Sulfates

a) Principe

Les ions sulfates sont précipités et pesés à l'état de sulfate de baryum.

b) Réactifs

Une Solution -mère de sulfates à 1 g/l à partir de Na_2SO_4

-Peser 4.43g de Na_2SO_4 1 000 ml d'eau distillée.

c) Préparation des échantillons

-Prendre 20 ml d'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée

-Ajouter 5 ml de la solution stabilisante

-Ajouter 2 ml de chlorure de baryum

-Agiter énergiquement pendant 1 mn

-Passer au spectrophotomètre à $\lambda = 420 \text{ nm}$

e) Résultats

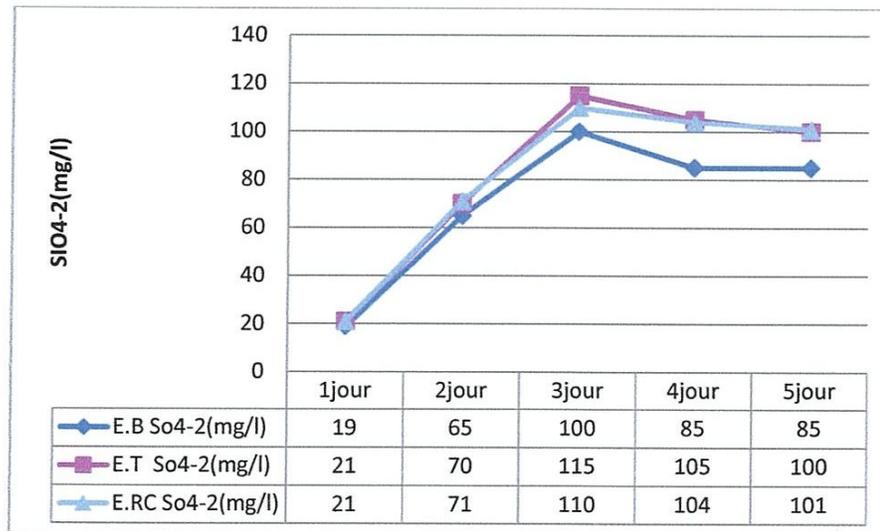


Figure 24 : Evolution temporelle des sulfates

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	400	mg/l

e) Interprétation

- ✓ La présence des sulfates atteint son maximum au 3ème jour pour les trois types d'eau(Le sulfate est un des éléments majeurs des composés dissouts dans l'eau de pluie et souterraines)
- ✓ Pour l'eau du robinet consommateur toutes les valeurs trouvées restent inférieure aux normes.

***10*-Dosage du fer**

a) Principe

Le complexe fer (II) – phénanthroline –1,10 est stable dans l'intervalle de PH de 2,5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de fer (II) présent la relation entre la concentration et l'absorbance est linéaire jusqu'à une concentration de 5 mg de fer par litre ; Le maximum d'absorbance se situe à environ 510nm (coefficient d'absorption $11 \times 10^3 / \text{mol} \cdot \text{cm}$)

b) Préparation des échantillons

- Prendre 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer de 100 ml
- Ajouter au solution transvasées, 1ml de la solution de chlorhydrate d'hydroxylamine et mélanger soigneusement, ajouter 2ml de tampon acétate pour obtenir un PH compris entre 3,5 et 5,5 de préférence 4,5 ; ajouter enfin 2ml de la solution de phénanthroline-1,10 compléter à 50ml puis conserver les fioles à l'obscurité pendant 15mn .
- Enfin passer au spectro pour mesurage à la longueur d'onde de 510 nm.
- Expression des résultats : le résultat est donné en mg/l.

c) Résultats

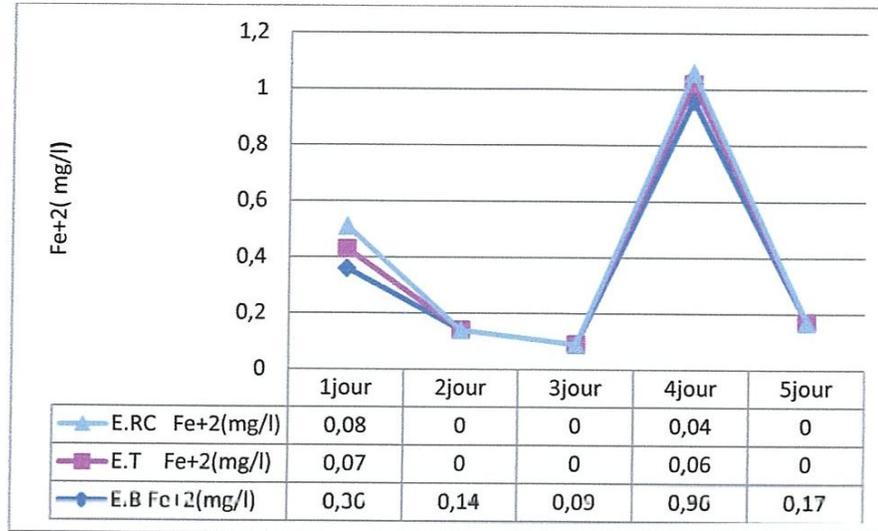


Figure 25 : Evolution temporelle du fer

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	0.3	mg/l

d) Interprétation

- ✓ Une importante présence du fer pour le prélèvement de l'eau brute du 4^{ème} jour qui est supérieur aux normes de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine (Le fer peut aussi provenir du lessivage des sols, par dissolution des roches et minerais, des rejets industriels ou de la corrosion des canalisations métalliques).
- ✓ Présence d'une faible concentration de fer dans le prélèvement du 1^{er} et 4^{ém} jour de l'eau du robinet consommateur.

11-Détermination du calcium (Ca²⁺)

a) Principe :

Le principe est identique à celui de la méthode complexométrique décrite pour la dureté totale.

Comme le dosage se fait à un pH élevé, le magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'intervient pas.

Par ailleurs, l'indicateur choisi ne se combine qu'avec le calcium.

b) Réactifs :

- indicateur colore : Murexide.
- solution d'EDTA (N/50) ($C_{10}H_{14}N_2Na_2O_8 \cdot 2H_2O$) : (0,02N ou 0,01M).
- solution d'hydroxyde de sodium à 2N.

c) Préparation des échantillons :

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de solution d'hydroxyde et quelques graines d'indicateur colore.
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rose au violet soit V le volume de solution d'EDTA versée.

d) Résultats

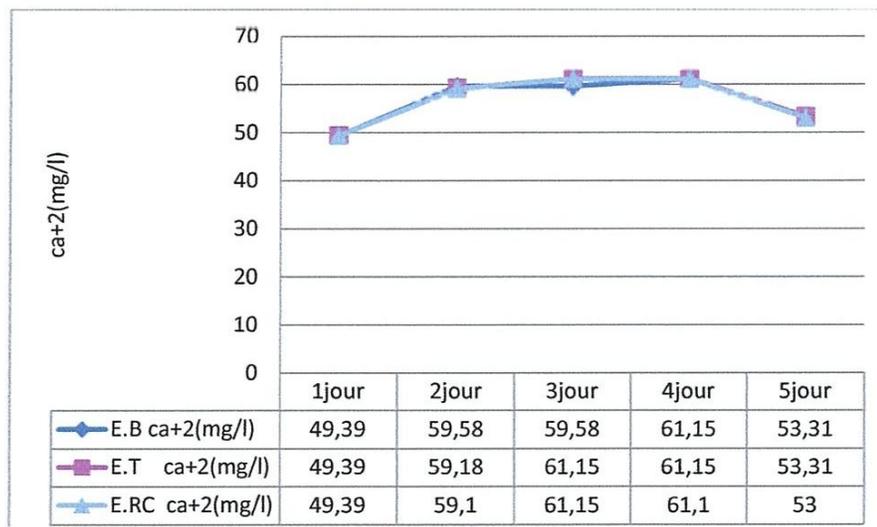


Figure 26: Evolution temporelle du calcium

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	200	mg/l

e) Interprétation

- ✓ Les concentrations de calcium sont inférieures aux normes.

- ✓ La présence du calcium dans les différents types d'eau est due au contact des parcours naturel d'eau avec les sols et les roches elle se charge en sels minéraux et oligoéléments)

***12*-Détermination du magnésium (mg²⁺)**

a) Principe

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylènediaminetétraacétique(EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

b) Réactifs

- indicateur colore : noir eriochrome T.
- solution d'EDTA (N/50) (C₁₀ H₁₄ N₂ Na₂ O₈ 2H₂O) : (0,02N ou 0,01M).
- solution de NH₄OH.

C) Préparation des échantillons :

- Introduire 50 ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer au col large.
- Ajouter 2 ml de solution de NH₄OH.
- une pincée de noir euriochrome T
- Verser la solution d'EDTA jusqu'au virage de la couleur bleu V2.

d) Résultats

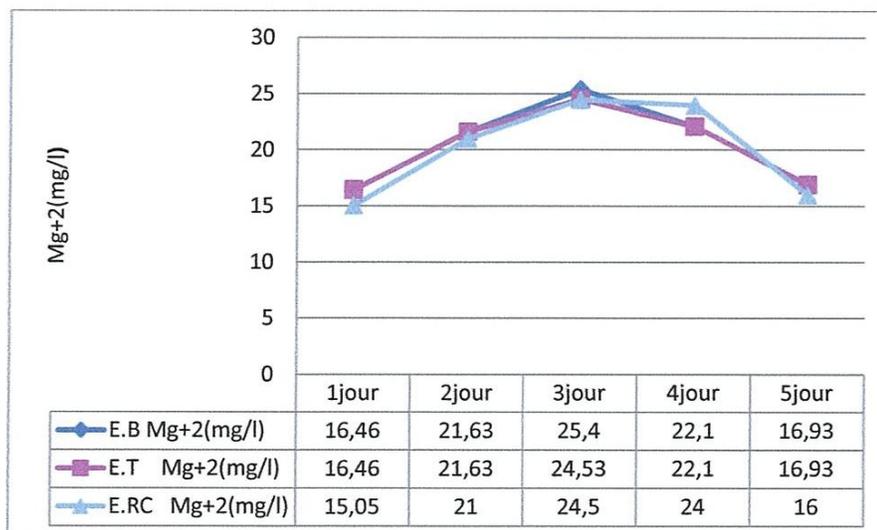


Figure 27 : Evolution temporelle du magnésium

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	150	mg/l

e) Interprétation

- ✓ Les concentrations de magnésium sont inférieures aux normes

***13*-Détermination des chlorures (Cl⁻)**

a) Principe

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrates d'argent en présence de chromate de potassium .la fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

b) Réactifs

- solution de chromate de potassium à 10%.
- solution de nitrate d'argent N/10.

c) Préparation des échantillons:

- Introduire 25 ml d'eau à analyser, dans un erlenmeyer au col large .ajouter 02à03 gouttes de solution de chromate de potassium à 10%.
- Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3min.

d) Résultats

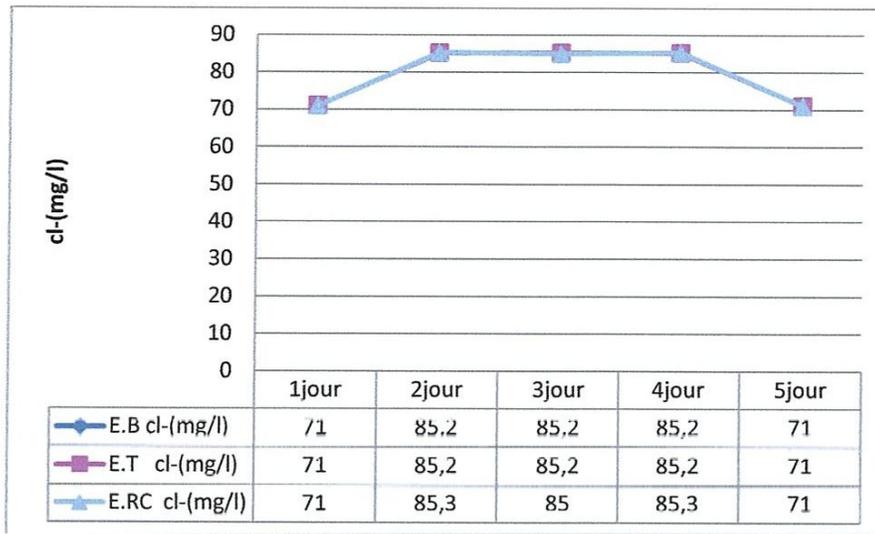


Figure 28 : Evolution temporelle du chlorure

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	500	mg/l

e) Interprétation

- La concentration en Chlorure varie naturellement ✓
- Toutes les valeurs du chlorure sont dans les normes et presque stable,

14-Titre alcalimétrique simple et complet TA, TAC et (HCO₃⁻)

a) Principe

Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué, en présence d'un indicateur coloré.

b) Préparation des réactifs

-acide chlorhydrique ou sulfurique N/50.

-solution de phénolphthaléine dans l'alcool à 0.5%.

-solution de méthylorange à 0.5%.

-eau permutée exempte d'anhydride carbonique libre (par ébullition de 15min.)

c) Résultats

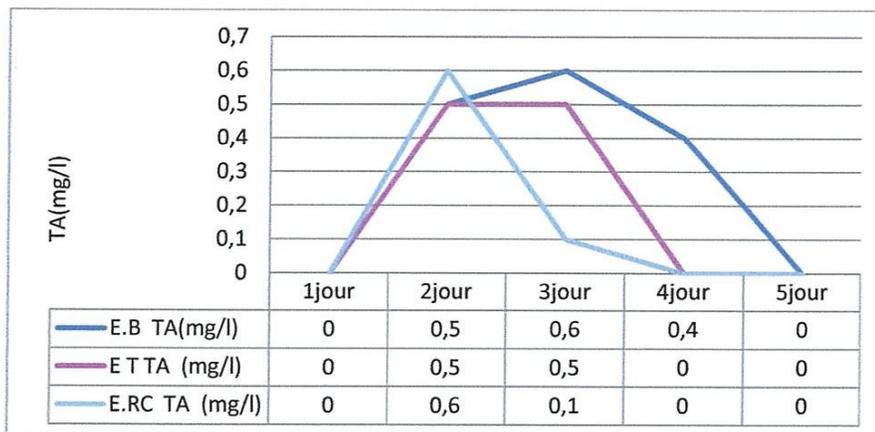


Figure 29: Evolution temporelle du Titre Alcalimétrique

EB	E.T	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	-	-

d) Interprétation 1

- Absence du TA dans les prélèvements des trois types d'eau pour le 1^{er} et 5^{ème} jour
- Le TA atteint le maximum 0.6 mg/l dans le prélèvement du robinet consommateur du deuxième jour, il permet de connaître les teneurs de l'eau en carbonates.

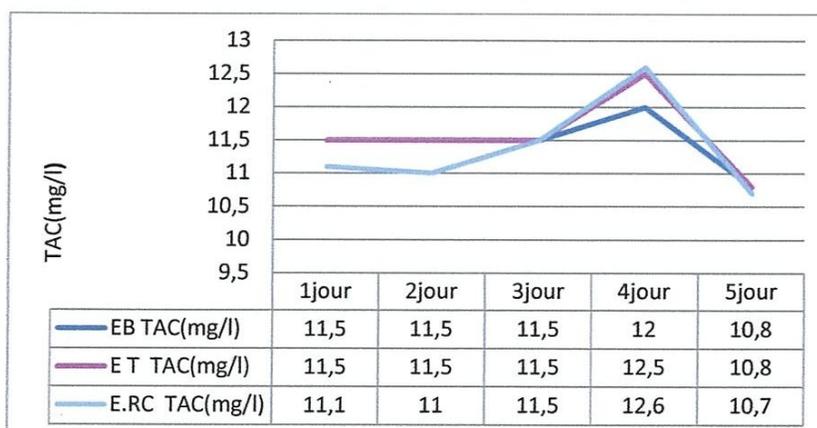


Figure 30 : Evolution temporelle du Titre A alcalimétrique complet

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	-	-

f) Interprétation2

- Le TAC atteint le maximum 12.6. mg/l dans le prélèvement du robinet consommateur du quatrième jour grâce à cette grandeur on peut mesurer le taux d'hydroxydes de carbonates et de bicarbonates de l'eau.

g) Résultats

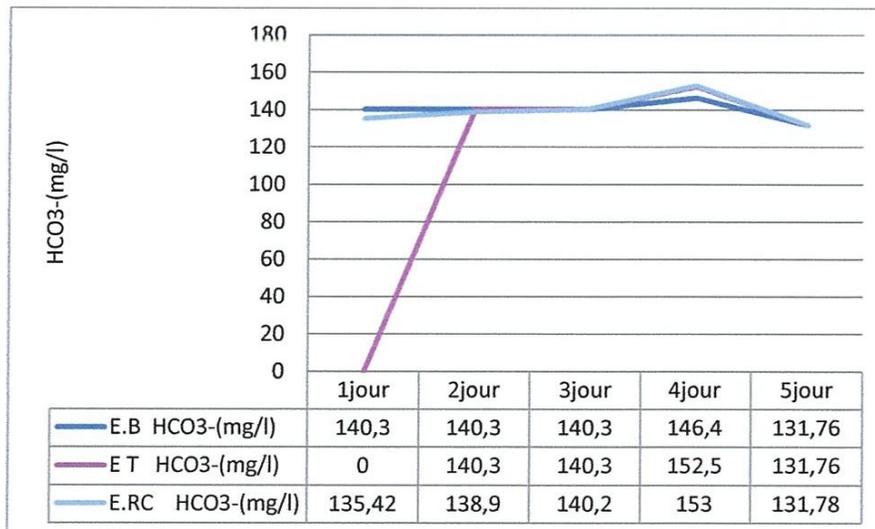


Figure 31 : Evolution temporelle du HCO₃⁻

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	-	-

h) Interprétation3

- Une présence notable du bicarbonate pour le prélèvement du robinet consommateur du quatrième jour.

15-Détermination du Titre hydrotimétrique par EDTA (TH)

a) Principe

Les alcalino-terreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe du type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène-diaminetetracétique à $\text{pH} = 10$.

La disparition des dernières traces d'éléments libres a dosé est décelée par le virage d'un indicateur spécifique .en milieu convenablement tamponné pour empêcher la précipitation du magnésium, la méthode permet de dose la somme des ions calcium et magnésium.

a) Réactifs :

- indicateur noir l'eriochrome T.
- solution d'EDTA (0.2N).
- solution tampon : ammoniacque 34%.

b) Préparation des échantillons

- Prélever 100ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2ml de solution tampon ($\text{pH} = 9.5-10$) et quelques grains d'indicateur coloré .
- verser la solution d'EDTA jusqu'au virage du rouge vieux au bleu.

d) Résultats

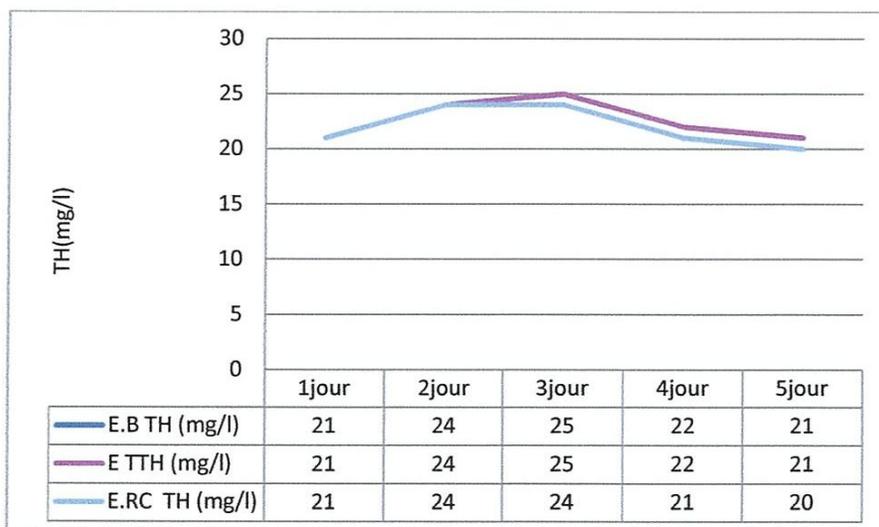


Figure 32 : Evolution temporelle du Titre hydrotimétrique

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	500	mg/l caco3

e) Interprétation

- Toutes les valeurs du TH sont presque stable et correspond à la quantité de sels de calcium et de magnésium présents dans l'eau.

***16*-Détermination des matières oxydables en milieu acide (M.O)**

a) Principe

L'opération consiste à mesurer, en milieu acide et en milieu alcalin, la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par les matières organiques d'origine animale ou végétale contenues dans une eau.

b) Réactifs :

-solution d'acide sulfurique 50%.

-solution de permanganate de potassium N/80.

A préparer à partir d'une solution N/10 récemment titre.

-Vérifier le titre de cette Solution.

1ml de la solution N/80 correspond à 0.1 mg d'oxygène.

-solution d'acide oxalique N/80 .a préparer à partir d'une solution N/10 récemment titre

c) Préparation des échantillons

-Introduire dans un erlenmeyer de 500 ml ,100ml d'eau à analyser et 10 ml d'acide sulfurique à 50% ajouté 10 ml de solution de permanganate de potassium N/80.

-Porter l'échantillon à l'ébullition ménagée pendant 10 min à partir du moment où les bulles en formation au fond du ballon viennent crever la surface du liquide

-Ajouter ensuite 10 ml d'acide oxalique N/80 pour décolorer. Revenir immédiatement à la teinte rose faible mais persistante à l'aide d'une burette graduée, la solution de permanganate de potassium N/80.

d) Résultats

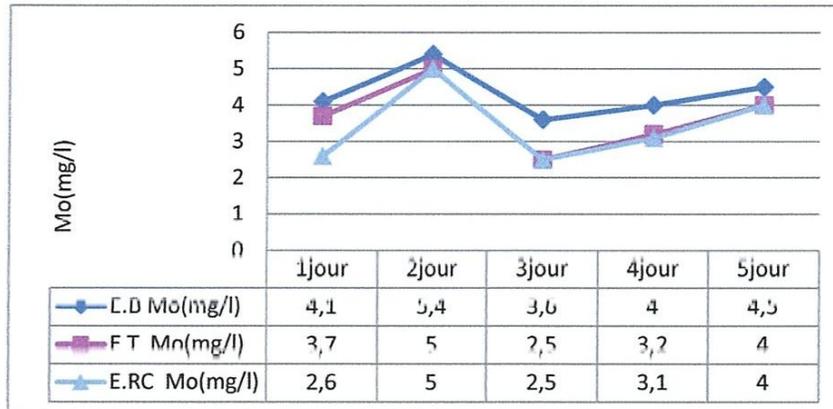


Figure 33 : Evolution temporelle des matières organiques

EB	ET	ERC	Qualité d'eau	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	très pure	<1	mg/l
			potable	1à2	mg/l
			suspecte	2à4	mg/l
			mauvaise	>4	mg/l

d) Interprétation

- Les matières organiques sont constituées par des produits de décomposition d'origine animale ou végétale, élaborés sous l'influence des microorganismes.
Leur inconvénient c'est de favoriser l'apparition de mauvais goûts qui pourront être exacerbés par la chloration
- Le deuxième jour ; la matière organique atteint une valeur maximale de 5.4 mg/l dans l'eau brute et de 5 mg/l dans l'eau traitée et celle du robinet consommateur .ce sont des valeurs (puisque les valeurs sont comprises entre 2 et 4mg/l on dit que cette eau est suspecte).

17-Détermination du résidu sec (RS)

a) Principe

Le résidu sec correspond au poids de la totalité des matières par litre d'eau.

Une certaine quantité d'eau bien mélangée est évaporée dans une capsule tarie.

Le résidu dessèche est ensuite pesé.

b) Matériel :

- Capsule en porcelaine.
- Balance analytique.
- Etuve réglable.

c) Préparation des échantillons :

-tarer une capsule préalablement lavée, rincer avec de l'eau distillée
Et dessécher

-prélever 200 ml d'eau à analyser.

-porter à l'étuve à 105c pendant 24 heures.

-Laisser refroidir pendant ¼ heure aux dessiccateurs.

-peser immédiatement et rapidement.

d) Résultats

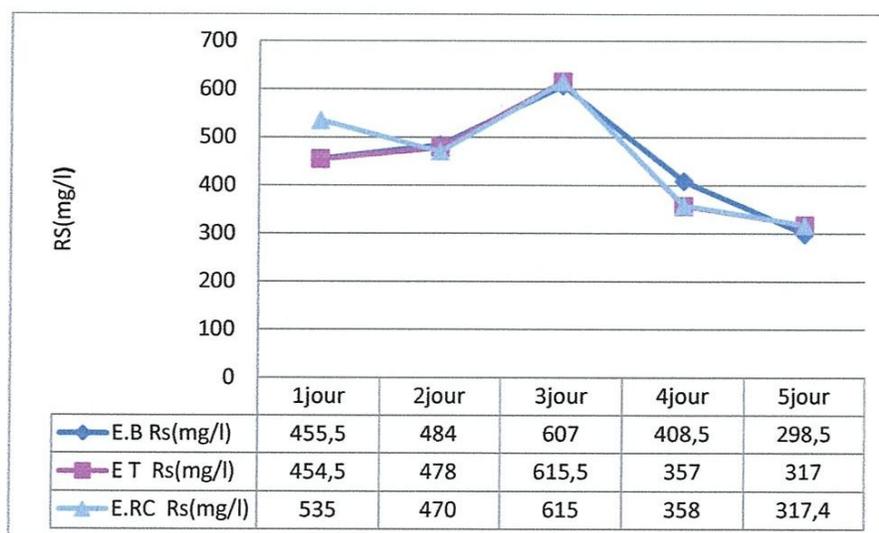


Figure 34: Evolution temporelle du résidu sec

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	-	-

e) Interprétation

- Le troisième jour du prélèvement, on note une présence notable de résidu sec

***18*-Détermination des matières en suspension (MES)**

a) Principe :

-L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

b). Matériel:

- dispositif de filtration sous vide ou sous pression (rampe).
- membranes de filtration.
- Etuve réglable.

C)Préparation des échantillons

- mettre les membranes filtrantes dans une étuve à 105°C pendant 20 mn.
- laisser refroidir dans le dessiccateur.
- ensuite les peser soit p_1 : poids des membranes avant filtration.
- placer les membranes dans la rampe à filtration et faire passer 200 ml d'eau à analyser à travers.
- rendre les membranes à l'étuve (105c) afin de les sécher pendant 20mn.
- les laisser refroidir au dessiccateur puis les peser une 2eme fois soit p_2 : poids des membranes après filtration.

d) Résultats

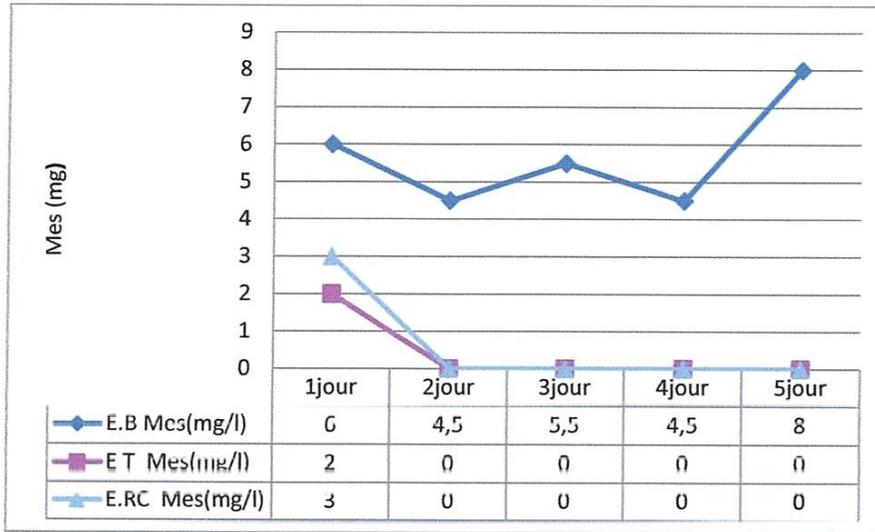


Figure 35 : Evolution temporelle de la matière en suspension

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	-	-

e) Interprétation

- Il n'y a aucune trace de matière en suspension dans le prélèvement d'eau du robinet consommateur ni dans l'eau traitée.

***19*-Détermination de la salinité**

a) Principe :

- Prélever les échantillons d'eau
- Procéder à une mesure directe

C) Résultats

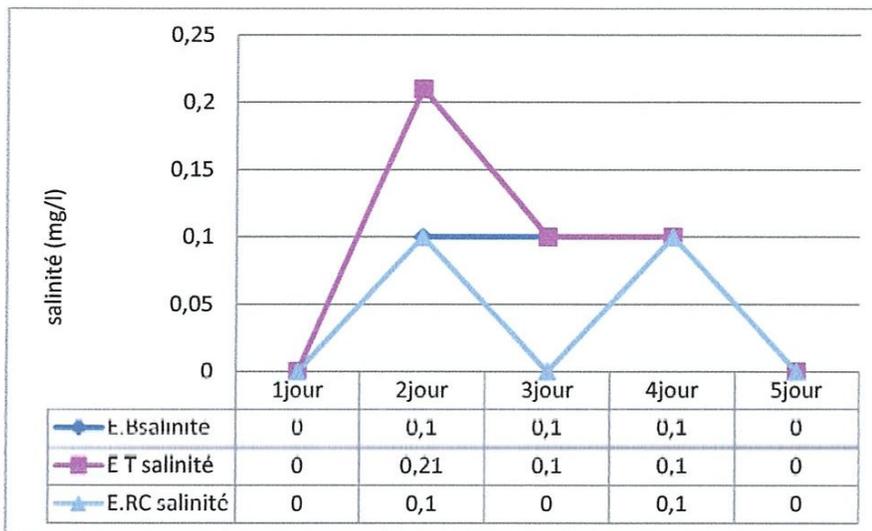


Figure 36 : Evolution temporelle de la salinité

EB	ET	ERC	Norme
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	Pas de valeur limite standard

e) Interprétation

- La salinité de l'eau varie entre 0 et 0.1mg/l

***20*-Détermination de la concentration en solides totaux**

a) Principe :

- Prélever les échantillons d'eau
- Procéder à une mesure directe

b) Matériel

Turbidimètre

C) Résultats

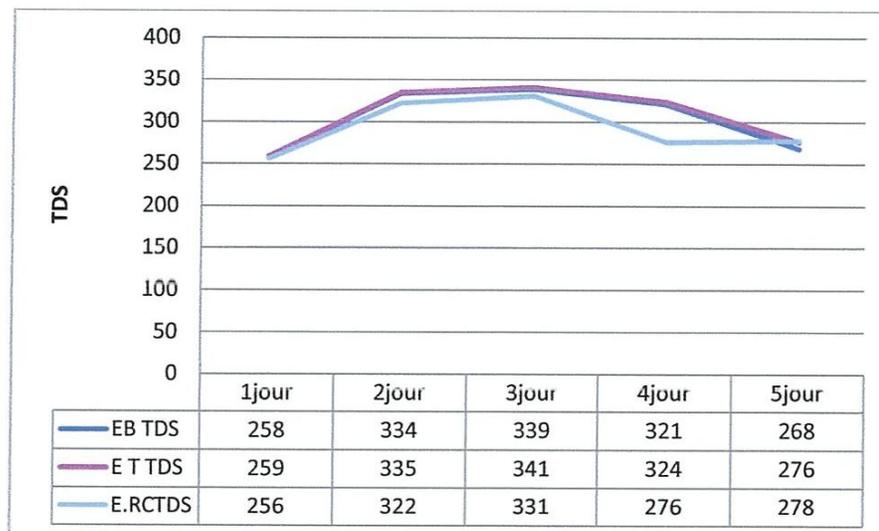


Figure 37: Evolution temporelle du TDS

EB	ET	ERC	Norme
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	Pas de valeur limite standard

d) Interprétation

- Les valeurs des concentrations en solides totaux sont presque stables et correspondent à la quantité de matière solide présente dans l'eau.

III-2-1-2 Les Analyses bactériologiques

1-Détermination des Germes Totaux



Figure 38 : Evolution temporelle des Germes Totaux

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	10	UFC/ml

2-Détermination des coliformes Totaux

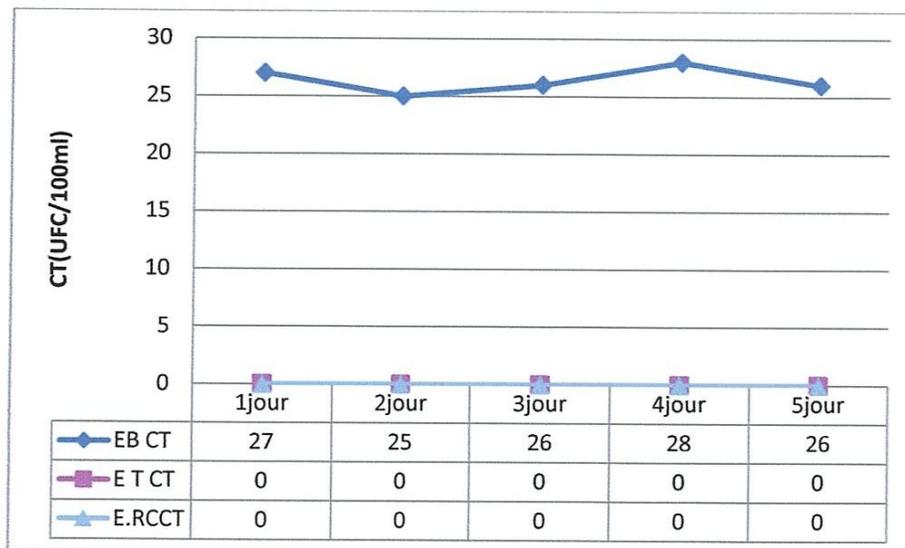


Figure 39 : Evolution temporelle des coliformes Totaux

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	00	UFC/100ml

3-Détermination des coliformes Thermo-tolérant totaux

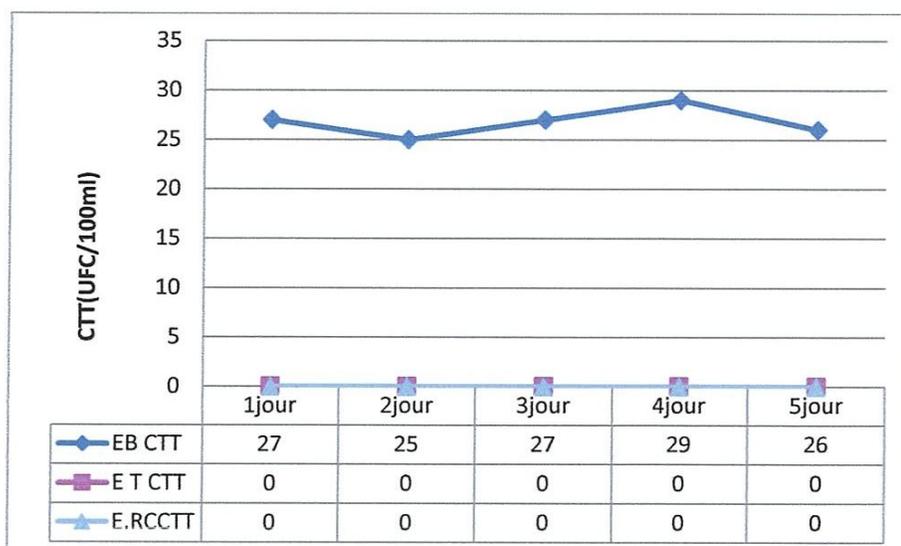


Figure 40 : Evolution temporelle des Thermo-tolérant totaux

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	00	UFC/100ml

4-Détermination des Spectrocoques fécaux

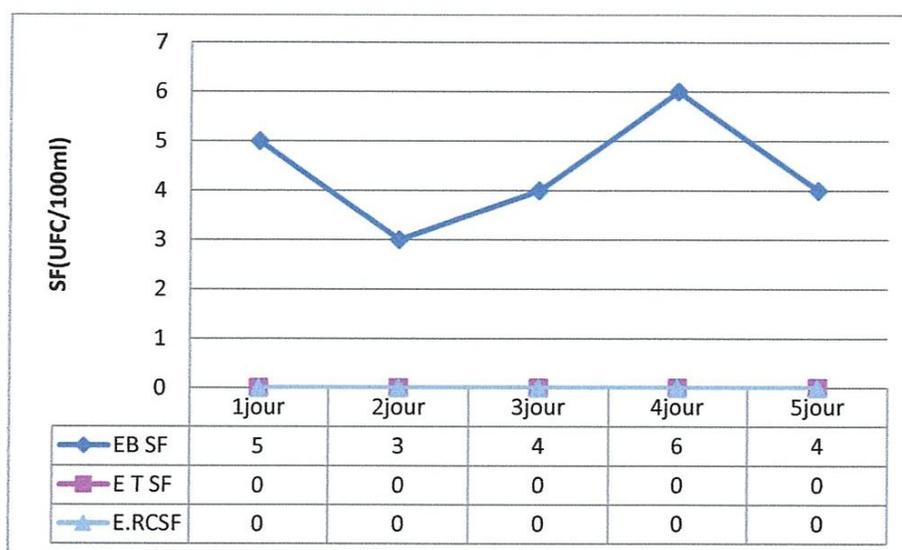


Figure 41 : Evolution temporelle des Spectrocoques fécaux

EB	ET	ERC	Norme	Unité
Eau brute	Eau traitée	Eau du robinet consommateur	00	UFC/100ml

Chapitre IV

*Développement d'une
méthode de calcul pour
caractériser la qualité de l'eau
de consommation humaine*

IV-1. Paramètres étudiés :

IV-1-1. La dureté

La dureté est principalement provoquée par des composés minéraux de calcium et magnésium dissous. La dureté est également causée, en de moindres proportions par d'autres ions tels que le fer et le manganèse.

IV-1-2. L'agressivité

Une eau qui tend à attaquer, à dissoudre le calcaire et les matériaux qui en contiennent avec lesquels elle est en contact est agressive.

L'eau est dite « corrosive » quand elle réagit avec les surfaces et les matériaux faits en métaux et entraîne la dissolution de ces derniers.

IV-1-3. la Corrosivité

Une eau qui tend à attaquer, à dissoudre les métaux est corrosive. Les eaux agressives sont généralement corrosives mais l'inverse n'est pas forcément vrai. Les mécanismes de corrosion sont complexes (chimiques, galvaniques ou biologiques).

IV-1-4. Inhibiteur de corrosion

Un inhibiteur forme, à la surface d'un matériau, une couche qui le protège des attaques ultérieures et ralentit donc son attaque (agression ou corrosion).

IV-1-5. Alcalinité

Elle est due aux substances à caractère basique présentes dans une eau : généralement des bicarbonates (HCO_3^-), bases faibles et, plus rarement, des carbonates (CO_3^{--}) ou des alcalis (OH^-), bases fortes qui élèvent le pH au dessus de 8,3; l'alcalinité totale est mesurée par la quantité d'acide qu'il faut pour "neutraliser" ces substances et abaisser le pH à 4,5.

IV-2. Influence de l'Indice de "Ryznar" pour la détection de la qualité de l'eau

IV-2-1. Elaboration d'une Méthode de calcul

Plusieurs indices ont été développés afin de déterminer l'agressivité, la corrosivité et la dureté d'une eau du robinet consommateur, les plus utilisés étant l'indice de Langelier (IL) et l'indice de Ryznar (IR) dont les formules sont fournies ci-dessous :

$$IL = PH - PH_S$$

$$IR = 2 PH_S - PH$$

Si $IL < 0$ Eau agressive

Si $IL > 0$ Eau dure

Pour l'indice de Ryznar, l'échelle est fournie au tableau ci-dessous

Tableau 5 Définition de l'indice de Ryznar selon sa valeur

Valeur de IR	Tendance
$4 < IR < 5$	Entartrage important
$5 < IR < 6$	Entartrage faible
$6 < IR < 7$	Equilibre
$7 < IR < 7.5$	Légère corrosivité
$7.5 < IR < 8.5$	Corrosivité notable
$IR > 8.5$	Corrosivité importante

La variable pH_S est le pH d'équilibre, pour lequel il n'y a ni dissociation, ni précipitation des ions bicarbonates contenus dans l'eau. Il existe des abaques pour le déterminer à partir de la concentration en solides totaux, de la dureté calcique et de l'alcalinité; néanmoins, la formule suivante permet de déterminer le pH_S directement :

$$pH_S = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

Avec :

$$A = [\log(\text{STD}) - 1] / 10$$

$$B = -13,12 \log(T + 273) + 34,55$$

$$C = \log([\text{ca} + 2]) - 0,4$$

$$D = \log(\text{alcalinité})$$

Et :

SDT : Concentration en solides totaux dissous

T : Température en °C

[Ca²⁺] : Dureté calcique soit la concentration en ions calcium exprimée en mg/l de CaCl₂

IV-2-2. Réalisation d'un programme informatique en utilisant l'environnement : — ??

Nous avons élaboré un programme informatique, grâce à un langage Visual –basique et en se servant des résultats d'analyses de l'eau potable (eau du robinet du consommateur)

Ce qui nous a permis d'avoir une caractérisation immédiate de la qualité de l'eau de consommation humaine.

❖ Résultats :

Les valeurs calculées par la méthode proposée sont regroupées au tableau suivant :

Tableau 6 : Mesure de la qualité d'eau du robinet consommateur

paramètre	Résultat1	Qualité	Résultat2	Qualité	Résultat3	Qualité	Résultat4	Qualité	Résultat5	Qualité
SDT	256	Agressive Corrosivité importante	322	Agressive Corrosivité notable	331	Agressive Corrosivité importante	271	Agressive Corrosivité importante	278	Agressive Corrosivité importante
T	14.9		15.3		12.7		11.9		8.7	
Ca ²⁺	49.39		59.1		61.15		61.75		53.31	
Alcalinité	135.42		138.9		140.2		153		131.76	
PH	7.70		8.2		7.71		7.8		7.6	
PH _s	8.300		8.216		8.27		8.212		8.406	
A	0.1408		0.150		0.151		0.143		0.144	
B	2.2847		2.276		2.328		2.344		2.407	
C	1.2936		1.371		1.386		1.390		1.326	
D	2.131		-2.142		2.146		2.184		2.119	
IL	-0.600	-1.333	-0.537	-0.412	-0.806					
IR	8.,900	8.226	8.784	8.624	9.213					

D'après les résultats des calculs et des modélisations obtenus, sur les échantillons d'eau du robinet de consommation humaine, le caractère et la qualité d'eau peut être définie en fonction de la valeur de l'indice de **Ryznar**. On remarque l'agressivité de l'eau pour les 05 échantillons d'eau prélevée du robinet consommateur et une corrosivité notable et importante.

IV-3 Impact de la qualité de l'eau potable sur notre environnement et notre santé

Le caractère de l'eau est donc d'une importance primordiale, particulièrement pour les réseaux de distribution d'eau :

L'agressivité des eaux distribuées entraînent de nombreux problèmes qui expliquent en partie le mauvais état de certains réseaux de distribution et canalisations. ; les eaux incrustantes risquent de diminuer le diamètre utile des conduites et même de les obstruer, entraînant leur remplacement ou leur réhabilitation.

La corrosion interne des conduites (formation de tubercules sur les parois des conduites, mise en solution de métaux, amincissement des tuyaux,...) est un phénomène complexe qui cause très souvent une dégradation de la qualité de l'eau distribuée, une diminution des performances hydrauliques ainsi qu'une augmentation des coûts de distribution de l'eau (augmentation du coût de pompage relié à la présence de dépôts, augmentation de la demande en chlore, réclamations des citoyens pour des souillures sur la lessive et pour des dégâts d'eau dans les domiciles exigeant le remplacement du réseau interne de distribution,...).

Une consommation exclusive et trop fréquente d'eau à corrosivité importante a des effets néfastes sur la santé (l'eau peut dissoudre le cuivre et le plomb des conduites).

Conclusion

Conclusion

L'eau est le plus désaltérant et le moins cher des liquides; ce cadeau de la nature nous vient soit des rivières et lacs, soit d'eaux souterraines; filtrée, désinfectée pour éliminer les microbes, les pesticides et les excès de nitrates, contrôlée en permanence, elle doit satisfaire à presque 50 normes garantissant qu'on peut "en boire 2 litres par jour tout au long de sa vie sans risque pour la santé".

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques effectuées au cours de mon stage au niveau du barrage montrent que :

-Le traitement appliqué à l'eau brute est d'une haute performance puisqu'il a permis d'éliminer toute trace de polluants, bactéries et autres substances indésirables tout en respectant sa conformité aux normes de potabilité d'une eau destinée à la consommation humaine.

-L'élaboration d'une méthode de calcul nous a permis de caractériser la qualité de l'eau que nous buvons :

- Une dureté qui indique une présence minimale d'ions bénéfique pour la santé; comme le calcium et le magnésium
- A corrosivité importante et grande agressivité; la qualité de l'eau subit une détérioration et une dégradation des conduites d'eau.

A ces effets; nous recommandons vivement :

- Ajouter du magnésium et du calcium dans les systèmes de distribution d'eau potable mais sans dépasser les seuils de potabilité prédéfinis.

- Mettre au point un système de traitement qui réduit la concentration des métaux, et l'utilisation d'un inhibiteur de corrosion.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] J. BONTOUX, Introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson) qualité et santé, 2^{ème} édition entièrement revue et complétée .CBEDOC Editeur, paris 1995
- [2] F.Z.BOUZIT, Etude d'un mécanisme de traitement des eaux superficielles à base des plantes végétales, mémoire de magister, université de Guelma, Algérie,2012.
- [3] A.B.DJEBAR et I.TANDJIR, mise en place d'une activité piscicole dans le barrage Guenitra.Skikda.Algerie, synyhèsen°11 publication de l'université Badji Mokhtar, Annaba, 2012
- [4] CENTRE DE RECHERCHE DES RESSOURCES EN EAU Localisation,Mostaghanem DG-RSDT, centre et université de recherche /station expérimentales, Direction générale de la recherche scientifique et du développement technologique, Alger,Algerie 2012.
- [5] DESSAU, cours sur le traitement de l'eau potable, Agence régionale d'Oran et de Ouargla , Lot2, 2008.
- [6] M.& M^{me} LADEL, Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation, les cahiers techniques du stage VII, E.P.ADE. Zone de Tizi Ouzou., 2012
- [7]P.MOUCHET, Traitement des eaux avant utilisation, Filière et application, Technique de l'ingénieur, traité l'environnement, G₁172
- [8] B.REMINI, la problématique de l'eau en Algerie, collection hydraulique et transport solide, Blida 2005,
- [9] Source ANRH,Analyses d'eaux de surface,(1989).
- [10] J. RODIER , l'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Dunod,, Paris, 2009
- [11] WWW.Encyclopédie scientifique en ligne.html
- [12] WWW.safewater.org
- [13] www.Découvrir l'eau.html.

- [14] J.BO EGLIN, Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur traité l'environnement, G₁ 110
- [15] Les eaux correction prof.pdf
- [16] ELIMINATION_ DES IONS _AMMONIUM.pdf
- [17] <http://lentech.fr/français/norme-eau-potable/html>
- [18] <http://fr.wiki/duret>
- [19] <http://fr.wikipedia.faq-etape-purification-eau-htm>
- [20] <http://www.cieau.com/articles-santé>
- [21] <http://commons.wikimedia.org/wiki/file>
- [22] <http://viveleau.com>
- [23] www.sante.gouv.fr/eau-du-robinet
- [24] ce qu'il faut savoir sur l'eau du robinet, environnement et santé, fiche pratique, Agence Régionale de santé, DGRS, septembre 2014.
- [25] www.ars.sante.fr
- [26] eveil-science-2.pdf
- [27] http://fr.wikipedia.org/wiki/Duret%C3%A9_de_l%27eau
- [28] <http://www.cieau.com/l-apprentissage-de-l-eau#ancre-enseignants>
- [29] <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?search=l%27eau+et+ses+inconvenient&title=Sp%C3%A9cial%3ARecherche&go=Lire>
- [30] <http://www.cieau.com/tout-sur-l-eau/l-eau-c-est-quoi>
- [31] http://fr.wikipedia.org/wiki/Alcalinit%C3%A9_de_l%27eau
- [32] <http://www.eau-maison.fr/livre-blanc-eau>
- [33] <https://maisonsaine.ca/wp-content/uploads/Denise%20Proulx%201101%20Eau%20dure.pdf>

Annexes

Annexe1

Physico-chimique	Unité	Norme Algérienne
PH	*	6,5-8,5
Pouvoir oxydoréduction	*	*
Conductivité à 25°C	µs/cm	3125
Température	°C	*
Turbidité	NTU	5
Oxygène dissous	mg/l	8
Examen préliminaire		
Résidu sec à 105°C	mg/l	2000
Titre alcalimétrique simple	mg/l caco ₃	*
Titre alcalimétrique complet	mg/l caco ₃	*
Matière en suspension	mg/l	Abs
Dureté totale	mg/l caco ₃	500
Oxydant résiduel(Cl ₂)	mg/l	*
Contrôle de la pollution		
Amonium	mg/l	0,5
Nitrites	mg/l	0,1
Nitrates	mg/l	50
Orthphosphates	mg/l	0,5
Indice permanganate	mg/Lo ₂	3
Minéralisation		
Calcium	mg/l	200
Magnésium	mg/l	150
sodium	mg/l	200
Potassium	mg/l	20
Fer total	mg/l	0,3
Aluminium	mg/l	0,2
Co ₂ Total	mg/l	*
Co ₂ libre dissous	mg/l	*
bicarbonates	mg/l	*
carbonates	mg/l	*
Hydroxydes	mg/l	*
Silice	mg/l	*
Chlorure	mg/l	500
Sulfate	mg/l	400
Bactériologiques		
Gérmes Aérobie niésophile totaux à 22°C	UFC/ml	100
Gérmes Aérobie niésophile totaux à 37°C	UFC/ml	10
Coliformes totaux	UFC/100ml	00
Coliformes thermo-tolérant(E-coli)	UFC/100ml	00
Streptocoques fécaux	UFC/100ml	00
Anaéorobiessulfito-réducteurs	UFC/100ml	≤1

Plage de valeurs du titre hydrotimétrique :

TH (°f)	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	+ 40
Eau	trèsdouce	eau douce	plutôt dure	dure	trèsdure

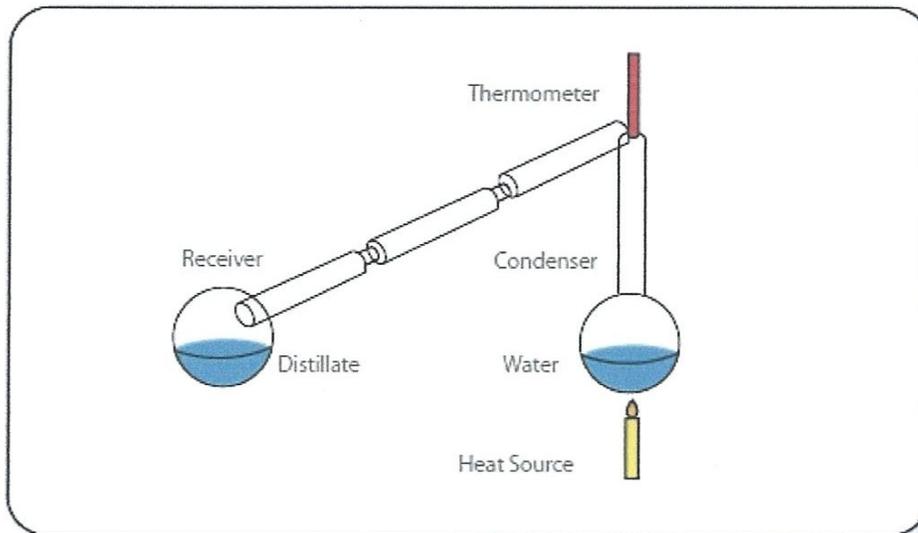
Annexe2

La technologie de purification de l'eau

1-Distillation

La distillation est la forme de purification de l'eau la plus complète en une seule étape. Pendant le processus de distillation, l'eau est portée à ébullition et passe d'une phase à l'autre : de liquide, elle devient gazeuse puis redevient liquide.

C'est le passage de la phase liquide à la phase gazeuse qui sépare l'eau (à divers degrés) de bon nombre d'impuretés dissoutes (ions, contaminants organiques ayant un point d'ébullition bas < 100 °C) comme les bactéries, les pyrogènes et les particules en suspension. La distillation seule ne suffit pas à éliminer les ions inorganiques, les gaz ionisés, les matières organiques dont le point d'ébullition est supérieur à 100 °C ni les gaz dissous non ionisés



A basic distillation diagram.

Avantages

- C'est le moyen le plus complet de purification en une seule étape.
- Aucun consommable requis

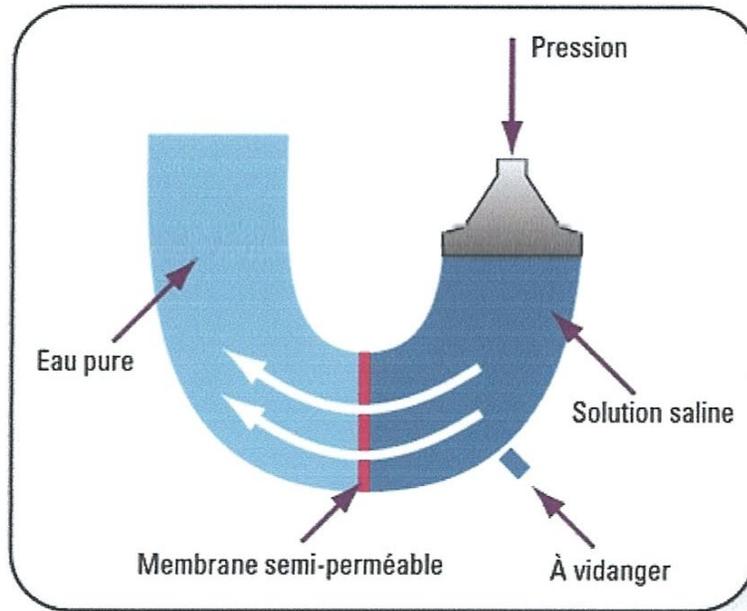
Limites

- Maintenance périodique et nettoyage manuel du système indispensables pour maintenir la pureté de l'eau
- Nécessite de l'eau pour le refroidissement

2-Osmose inverse

L'osmose inverse est la méthode la plus économique pour éliminer jusqu'à 99 % des contaminants de l'eau d'alimentation.

Pour comprendre l'osmose inverse, il faut commencer par comprendre ce qu'est l'osmose. Au cours de l'osmose naturelle, l'eau coule d'une solution moins concentrée en passant par une membrane semi-perméable vers une solution plus concentrée jusqu'à ce que la concentration et la pression soient identiques des deux côtés de la membrane.



Processus d'osmose inverse

Les systèmes de purification d'eau appliquent une pression externe au côté le plus concentré (eau d'alimentation) de la membrane afin d'inverser le flux osmotique naturel. L'eau d'alimentation est contrainte de traverser la membrane semi-perméable. Les impuretés se déposent à la surface de la membrane et sont évacuées. L'eau produite par le passage à travers la membrane ne contient pratiquement plus d'impuretés.

Une membrane d'osmose inverse est dotée d'une surface microporeuse très fine qui rejette les impuretés, mais laisse passer l'eau. La membrane élimine les bactéries, les pyrogènes et 90 à 95 % des matières solides inorganiques. Les ions polyvalents sont plus facilement rejetés que les ions monovalents. Les matières solides organiques dont le poids moléculaire est supérieur à 200 Daltons sont éliminées par la membrane mais l'efficacité sur les gaz dissous est moindre.

L'osmose inverse est une technologie à pourcentage de rejet. La pureté de l'eau produite dépend de la pureté de l'eau d'alimentation. Le produit est normalement 95 à 99 % plus pur que l'eau d'alimentation.

Du fait de la nature restrictive de la membrane, le débit est bien plus lent qu'avec d'autres technologies de purification. Ce débit lent signifie que tous les systèmes de RO nécessitent un réservoir de stockage pour fournir une alimentation continue en eau RO en cas de besoin.

Avantages

- Élimine, à divers degrés, la plupart des contaminants, bactéries, pyrogènes et 90 à 95 % des ions inorganiques
- Entretien minime

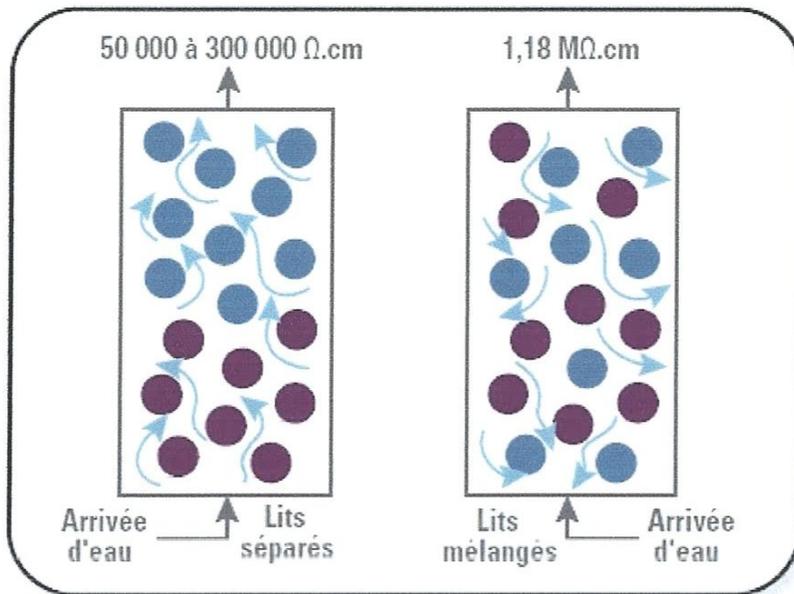
Limites

- Le faible débit de la membrane implique un stockage intermédiaire pour répondre aux besoins des utilisateurs
- N'élimine pas les gaz dissous
- Prétraitement requis pour éviter d'endommager la membrane
 - >Oxydation : chlore
 - >Entartrage : CaCO_3
 - >Colmatage : matières organiques et colloïdes
 - >Perçage : particules dures

3-Déionisation

La déionisation est aussi appelée déminéralisation ou échange d'ions

Le processus élimine les ions de l'eau d'alimentation à l'aide de résines synthétiques. Ces résines sont chimiquement modifiées afin de présenter une affinité avec les ions inorganiques dissous et se divisent selon deux catégories : résines cationiques et résines anioniques.



Résines à lits séparés sur la gauche et résines à lits mélangés sur la droite.

Les cations ont une charge positive : sodium (Na^+), du calcium (Ca^{+2}) et du magnésium (Mg^{+2}). Les anions ont une charge négative : chlorure (Cl^-), sulfures (SO_4^{-2}), et bicarbonates (HCO_3^-).

Une série de réactions chimiques permettent d'éliminer les ions présents dans l'eau. Elles ont lieu à mesure que l'eau traverse les lits de résines échangeurs d'ions. La surface des résines cationiques comporte des ions hydrogène (H^+) qui sont échangés contre des ions chargés positivement. Les sites d'échange des résines anioniques comportent des ions hydroxyde (OH^-) qui sont échangés contre des ions chargés négativement. Ces deux échanges produisent finalement les molécules H^+ and OH^- , qui, en se combinant, forment de l'eau (H_2O).

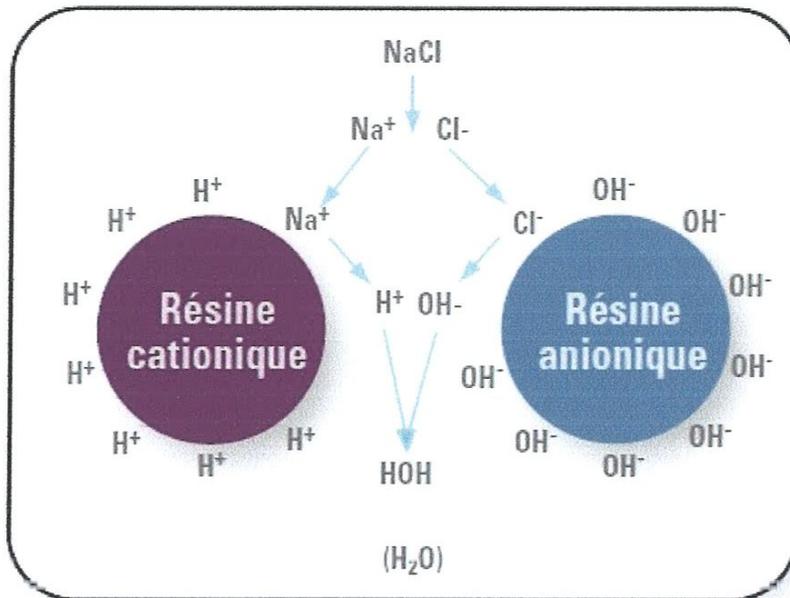


Diagramme indiquant comment les cations et les anions sont échangés sur la résine.

La déminéralisation est la seule technologie capable de générer la résistivité pour l'eau de qualité réactif (type 1). Dans les systèmes de purification d'eau de laboratoire, les résines cationiques et anioniques sont très souvent mélangées afin d'obtenir une pureté ionique optimale.

Déminéralisation à lits séparés : les résines cationique et anionique se trouvent dans deux moitiés distinctes d'une cartouche. En général, cette méthode est moins efficace que la déminéralisation en lits mélangés mais elle tolère mieux d'autres types d'impuretés.

Déminéralisation en lits mélangés : nous utilisons une résine de déminéralisation en lits mélangés semi-conductrice afin d'obtenir une résistivité optimale et une valeur de COT faible. Le mélange des résines cationique et anionique permet la déminéralisation complète et une élimination plus efficace des ions.

Avantages

- Élimine les ions inorganiques dissous avec une très grande efficacité
- Produit une eau avec une résistivité supérieure à 18 MΩ.cm

Limites

- Capacité limitée : une fois tous les sites de liaison occupés, les ions ne sont plus capturés et la cartouche doit être remplacée (régénérée).

- N'élimine ni les matières organiques, ni les particules, ni les pyrogènes, ni les bactéries

4-Electrodésionisation (EDI)

Contrairement à l'échange d'ions traditionnel dans lequel les résines sont épuisées et doivent être soit jetées, soit régénérées chimiquement, le procédé EDI utilise un courant électrique permettant une régénération continue des résines.

Fonctionnement du procédé EDI

Plusieurs couches de membranes sélectives d'ions sont positionnées entre une anode et une cathode. Entre ces membranes, alternativement, des compartiments de concentrat et de résines échangeuses d'ions sur lits séparés.

Lors de la mise sous tension, l'eau (H_2O) se sépare en H^+ et OH^- dans la cellule. Les cations H^+ et Na^+ peuvent migrer à travers les membranes perméables aux cations, et les anions à travers les membranes perméables aux anions.

Les ions migrent dans la direction de la tension appliquée, c'est-à-dire que les anions se dirigent vers le pôle positif (anode), les cations, vers le pôle négatif (cathode). Les ions de l'eau H^+ and OH^- qui migrent à travers la chambre d'échange d'ions déplacent les ions de sel retenus par les résines d'échange d'ions et ainsi régénèrent les résines de façon continue. Les ions de sel migrent à travers les membranes sélectives d'ions appropriées vers les chambres de concentrat et sont évacués. Comme toutes les chambres de concentrat sont vidées l'une après l'autre, des ions H^+ et OH^- en excès peuvent à nouveau s'associer pour former H_2O .

Avantages

- Élimination efficace des ions
- Régénération continue et automatique

Limites

- Capacité limitée : l'eau d'alimentation doit être de très bonne qualité
- N'élimine pas les matières organiques, les particules ni les pyrogènes ni les bactéries

Annexe4

Quelques recommandations de consommation

Au quotidien, il existe quelques règles simples de consommation et d'utilisation de l'eau du robinet :

- laisser couler l'eau avant de la consommer lorsqu'elle a stagné dans les canalisations, de quelques secondes à une à deux minutes (en cas de stagnation prolongée, après plusieurs jours d'absence, par exemple) ;
- utiliser l'eau du réseau d'eau froide pour la boisson, la préparation ou la cuisson des aliments : une température élevée peut favoriser le transfert dans l'eau des métaux qui constituent les canalisations et la dégradation de la qualité bactériologique ;
 - laisser l'eau du robinet dans une carafe ouverte pendant quelques heures dans le réfrigérateur pour éliminer un éventuel goût de chlore.

En l'absence de consignes particulières du responsable de la distribution, du maire ou de l'ARS (ou éventuellement du médecin pour les nourrissons), l'eau du robinet peut être consommée sans risque.