

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : Chimie Industrielle



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم: الكيمياء الصناعية

Mémoire présenté en vue de l'obtention
Du diplôme de
Master en génie des procédés
Option : Génie D'environnement

THEME

Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra

Présenté par :

M^{elle} SOUDANI Soumia

Devant le jury composé de :

Président :	M ^r FADEL A.	(M.C.A)	Université de Biskra
Encadrice :	M ^{me} GHABGHOUB F.	(M.C.B)	Université de Biskra
Co - Encadrice :	M ^{me} AIDI A.	(M.C.B)	Université de Biskra
Examinatrice:	M ^{me} RAHALI	(M.C.A)	Université de Biskra

Promotion Juin 2016

سورة الفاتحة

Remerciement

Avant tout je remercie Dieu (Allah) tout puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de pouvoir accomplir le présent mémoire.

Je tiens à remercier tout particulièrement et vivement mes deux promoteur mes dames Ghabghoub Fatima et Aidi Amel, enseignantes à l'université de Biskra pour avoir acceptées de diriger ce travail et pour leurs appuies ses conseils et ses orientations tant pour m'avoir accordé leur confiance ; Je leur adresse mes vifs remerciements. Qu'elles trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur Abdessamed Fouzi, enseignant à l'Université de Biskra et Melle Soudani Nafissa doctorante à l'Université de Biskra, je leur exprime mes profonds remerciements et reconnaissance, pour les nombreuses séances de travail qu'ils m'ont accordées, leurs conseils et critiques qui m'ont beaucoup aidée dans l'avancement et l'orientation de ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma très profonde gratitude.

J'adresse tous mes remerciements à :

Toute l'équipes de laboratoire d'ADE – Biskra (Nazime, Sabrina, Madjda, Dalale, Fatima, Aicha, Sara, Fatima, Ilyass) pour leurs conseils, informations riches et leurs orientations dans le laboratoire.

Toute l'équipes de la direction d'hydraulique de la willaya de Biskra surtout Mr Belebssir F. et Mme Zitouni A. et aussi l'équipe de bureau d'MTH surtout Mr Bacha D. et Taghlissia D. pour ces conseils, encouragements et leurs aides ; Je les en garde une profonde gratitude.

Je suis très sensible à l'honneur que me fait monsieur Fadel Amar enseignant de l'Université de Mohamed Khider de Biskra, d'avoir bien voulu présider mon jury, ainsi que mme Rahali Hanane, enseignante à l'Université de Mohamed Khider de Biskra, en acceptant d'être les rapporteurs de ce travail. Je tiens à les remercier vivement pour cette marque d'intérêt et notamment de me faire l'honneur de participer à ce jury. Qu'ils trouvent ici, le témoignage de mon profond respect.

Tous mes remerciements et mon estime à monsieur Barkat D. chef département de chimie industrielle, université de Biskra et son cadre pédagogique et administrative

Je leurs en gardes une profonde gratitude.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Mes vifs remerciements.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon père Kamel.

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous ; Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.

A ma chère mère Nacira source de tendresse ;

A mes très chères Frères : Toufik, Yacine, Farouk et Sœurs : Nafissa, Saïda, Zieneb, Amina, Nour el houda ;

A mes grands parents Smail et Assia ;

A mes oncles, toutes mes tantes et leurs familles et petits enfants ;

A toute la famille SOUDANI et ATMANI;

A mes chères ami (e)s

(Amina, Nour el houda Hanane.T, Rahima .R, Imane .B, Imane.R, Karima.D, Safaa, Mira .C .Sara.R, Mariem.D, Warda,).

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, soeurs et des amis sur qui je peux compter.

En témoignage de l'amitié qui nous uni et des souvenirs de tous les moments que nous avons passé ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Je vous considère fort ainsi que je vous aime infiniment.

Tout et toute personne qui à rencontrer et aimer SOUMIA un jour.

Enfin, à celui qui lira ce document un jour.

LISTE DES ABREVIATIONS

- ▶ **ADE** : Algériennes des eaux.
- ▶ **CMA** : Concentration maximale admissible.
- ▶ **OMS** : Organisation mondial de la santé.
- ▶ **NET** : Noir d'Eriochrom T.
- ▶ **NA** : Norme algérienne.
- ▶ **BHAA** : Bactéries hétérotrophes aérobie et anaérobies facultatives.
- ▶ **NTU** : Nephlo turbidité unité.
- ▶ **PH** : Potentiel d'hydrogène.
- ▶ **UFC**: Unité formant une colonie
- ▶ **TGEA** : Glucose tryptonée à l'extrait d'agar.
- ▶ **UV** : Ultra violet.
- ▶ **μS** : micro siemens.
- ▶ **EDTA** : Éthylène Diamine Tétra-Acétique.
- ▶ **AEP** : Alimentation en eau potable.
- ▶ **TAC** : Titre alcalimétrique complet.
- ▶ **MTH** : Maladie transmission hydrique.
- ▶ **DSP** : Direction de la santé et de la population.

LISTES DES ILLUSTRATIONS

1. LISTE DES FIGURES

- **Figure n°01** : Les éléments contenus dans l'eau
- **Figure n°02** : L'impact du fluor sur les dents.
- **Figure n° 03** : Différents types de pollution des ressources en eaux.
- **Figure n° 04**: Les différents types de traitement de l'eau.
- **Figure n° 05**: Les étapes de la production d'eau potable.
- **Figure n° 06**: formation de biofilms.
- **Figure n° 07** : Réseau ramifié.
- **Figure n° 08**: Réseau maillé.
- **Figure n° 09**: Un réseau AEP.
- **Figure n° 10** : Les zones de production d'eau.
- **Figure n° 11** : Recherche et dénombrement des germes totaux.

2. LISTE DES GRAPHES :

- **Graphe n°01** : L'évolution de pollution de l'eau à Biskra ville de 2005 à 2015(Source DSP-Biskra).
- **Graphe n°02** : Histogramme de l'évolution des maladies transmises de 2010 à 2015
- **Graphe n°03** : Histogramme de Situation Epidémiologique des MTH - Biskra Ville Année 2015/2014 (Source DSP – Biskra).
- **Graphe n°04** : Histogramme de Situation Epidémiologique Des MTH - Biskra Ville Année 2015 (Source DSP – Biskra).

3. LISTE DES PHOTOS

- ▶ **Photo n° 01** : Détermination de TAC et HCO_3^- .
- ▶ **Photo n° 02** : La résidu-sec.
- ▶ **Photo n° 03** : La matière organique.
- ▶ **Photo n° 04** : La dureté totale (TH) .
- ▶ **Photo n° 05** : L'ion calcium.
- ▶ **Photo n° 06** : L'ion chlorure.
- ▶ **Photo n° 07** : L'ion sulfate.
- ▶ **Photo n° 08** : L'ion phosphate.
- ▶ **Photo n° 09** : L'ion nitrite.
- ▶ **Photo n° 10** : L'ion d'ammonium.
- ▶ **Photo n° 11** : L'ion nitrate.
- ▶ **Photo n° 12** : L'ion fer.
- ▶ **Photo n° 13** : Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.
- ▶ **Photo n° 14** : Recherche et dénombrement les streptocoques fécaux.
- ▶ **Photo n° 15** : Recherche et dénombrement les Clostridium sulfito- réducteurs.

4. LISTE DES TABLEAUX

- ▶ **Tableau n° 1** : Facteurs organoleptiques.
- ▶ **Tableau n° 2** : Problèmes organoleptique d'origines physico-chimiques.
- ▶ **Tableau n° 3**: Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et
Conséquences.
- ▶ **Tableau n° 4** : Problèmes courants de qualité de l'eau.
- ▶ **Tableau n° 5** : Forages du champ captant Oued El Hai.
- ▶ **Tableau n° 6** : Forages du champ captant interne plus Zone des parcs.
- ▶ **Tableau n° 7** : Centre Biskra champ captant oued Zmor.
- ▶ **Tableau n° 8** : Le champ captant EL Megloub.
- ▶ **Tableau n° 9** : Centre / Biskra : Champ Captant Droh.
- ▶ **Tableau n° 10** : Récapitulatif.
- ▶ **Tableau n° 11** : Réservoirs AEP de la Ville de Biskra.
- ▶ **Tableau n° 12** : Adductions.
- ▶ **Tableau n° 13** : Caractéristiques géométriques du réseau d'eau potable de la ville de Biskra
par zone selon le découpage déjà établi.
- ▶ **Tableau n° 14** : Comparaison des rapports des causes de contamination des eaux potables
durant quatre ans à Biskra Ville (Source APC – Biskra)
- ▶ **Tableau n° 15** : Détermination des paramètres physico-chimiques.
- ▶ **Tableau n° 16** : Détermination des paramètres bactériologiques
- ▶ **Tableau n° 17** : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau des quatre quartiers de
la ville de Biskra.
- ▶ **Tableau n° 18** : Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau des quatre quartiers de la
ville de Biskra.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des illustrations

Introduction générale

CHAPITRE I : POTABILITE DE L'EAU

I. GENERALITES	3
I.1. ORIGINE DES EAUX POTABLES	3
I.1. LA CLASSIFICATION DES EAUX	4
I.1.2. les caractéristiques naturelles des eaux brutes.....	4
I.2. COMPOSITION CHIMIQUE DE L'EAU	5
I.2.1. Rôles et importances des éléments chimiques dans l'eau	6
I.2.2. sels minéraux dissous	7
I.2.3. Potabilité de l'eau	11
I.2.4. Les critères de potabilité	12
I.2.5. Différentes normes applicables aux eaux de consommation.....	12
I.3. LES DIFFERENTES QUALITE DE L'EAU	12
I.4. INFLUENCE DES PHENOMENES DE CORROSIONS SUR LA QUALITE DE L'EAU	23
I.5. MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE MTH	25
I.5.1. Maladies liées à la consommation de l'eau	25

CHAPITRE II : TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

II.DIFFERENTS TYPES DE POLLUTION DES RESSOURCES EN EAUX	28
II.1. LES DIFFERENTS TYPES DE TRAITEMENT DE L'EAU	29
II.1.1. Prétraitement	30

II.1.2. Préoxydation	30
II.1.3 Traitement de clarification.....	31
II.1.3.1. La coagulation-floculation	31
II.1.3.2. La décantation.....	31
II.1.3.3. La filtration.....	32
II.1.3.4. Les membranes	33
II.1.3.5. La flottation	33
II.1.4. Traitement de désinfection.....	33
II.1.4.1. La désinfection d'un réseau.....	34
II.1.4.2. Inspection des opérations de désinfection.....	34
II.1.4.3. Nettoyage et désinfection des ouvrages d'alimentation.....	35
II.1.5. AFFINAGE	35
II.1.6. TRAITEMENTS SPECIFIQUES	36
II.2. EXEMPLE D'UN SYSTEME DE TRAITEMENT ET DE DISTRIBUTION D'EAU	38
II.2.1. Résumé du procédé de traitement de l'eau potable	40
II.3. LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'EAU POTABLE	41
II.3.1. La Protection sanitaire.....	41
II.4. INSPECTION DES RESERVOIRS DE STOCKAGE DE L'EAU POTABLE	42
II.5. LES TYPES DE CONTROLE	43

CHAPITRE III : ETAT ACTUEL DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DANS LA VILLE DE BISKRA

III. GENERALITES	45
III.1. DESCRIPTION D'UN RESEAU D'AEP.....	45
III.2. ETAT ACTUEL DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DANS LA VILLE DE BISKRA	48
III.2.1. L'accès à l'eau potable.....	48
III.2.2. caractéristiques générales de l'AEP de la ville de Biskra.....	48
III.2.3. Système d'approvisionnement en eau.....	49

III.2.4. Les indicateurs techniques.....	50
III.3. LA SITUATION DE LA GESTION DE L'EAU, RESEAUX DE DISTRIBUTION, IMPACT ET CONSEQUENCES EN ALGERIE.....	53
III.3.1. Le renouvellement des réseaux	55
III.3.1.1. Surveillance et entretien.....	56
III.3.1.2. Entretien des réseaux d'AEP.....	56
III.3.1.3. Entretien des réservoirs.....	56
III.3.1.4. Entretien des adductions et du réseau de distribution	56
III.3.1.5. Actions de réduction des pertes en eau	56
III.3.1.6. Recherches et réparation des fuites	57
III.4. EVOLUTION DES CAUSES DE CONTAMINATION DES EAUX POTABLES DURANT QUATRE ANS A BISKRA VILLE.....	58
III.5. EVOLUTION EPIDEMIOLOGIQUES DES MTH DANS LA VILLE DE BISKRA.....	59
III.6. LES PRINCIPAUX FACTEURS GENERATEURS DES MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUES.....	61
III.6.1. Indicateurs de problèmes	62

CHAPITRE IV : PARTIE EXPERIMENTALE

IV. MATERIELS.....	63
IV.1. MODES DE PRELEVEMENTS ET METHODES D'ANALYSES	65
IV.1.2. Prélèvements.....	65
IV.1.3. Analyses organolyptiques	66
IV.1.4. Analyses physico-chimiques.....	66
IV.1.5. Analyses électrochimiques	67
IV.1.6. Analyses volumétriques.....	68
IV.1.7. Analyses spectrophotométriques.....	72
IV.1.8. Analyses Bactériologiques.....	75
IV.2. RESULTATS ET INTERPRETATION « PHYSICO-CHIMIQUES ».....	77
IV.2.1. Analyses physico-chimiques.....	77

IV.2.1.1. Interprétation des résultats.....	77
IV.3. RESULTATS ET INTERPRETATION BACTERIOLOGIQUES	83
IV.3.1. Interprétation des résultats.....	83

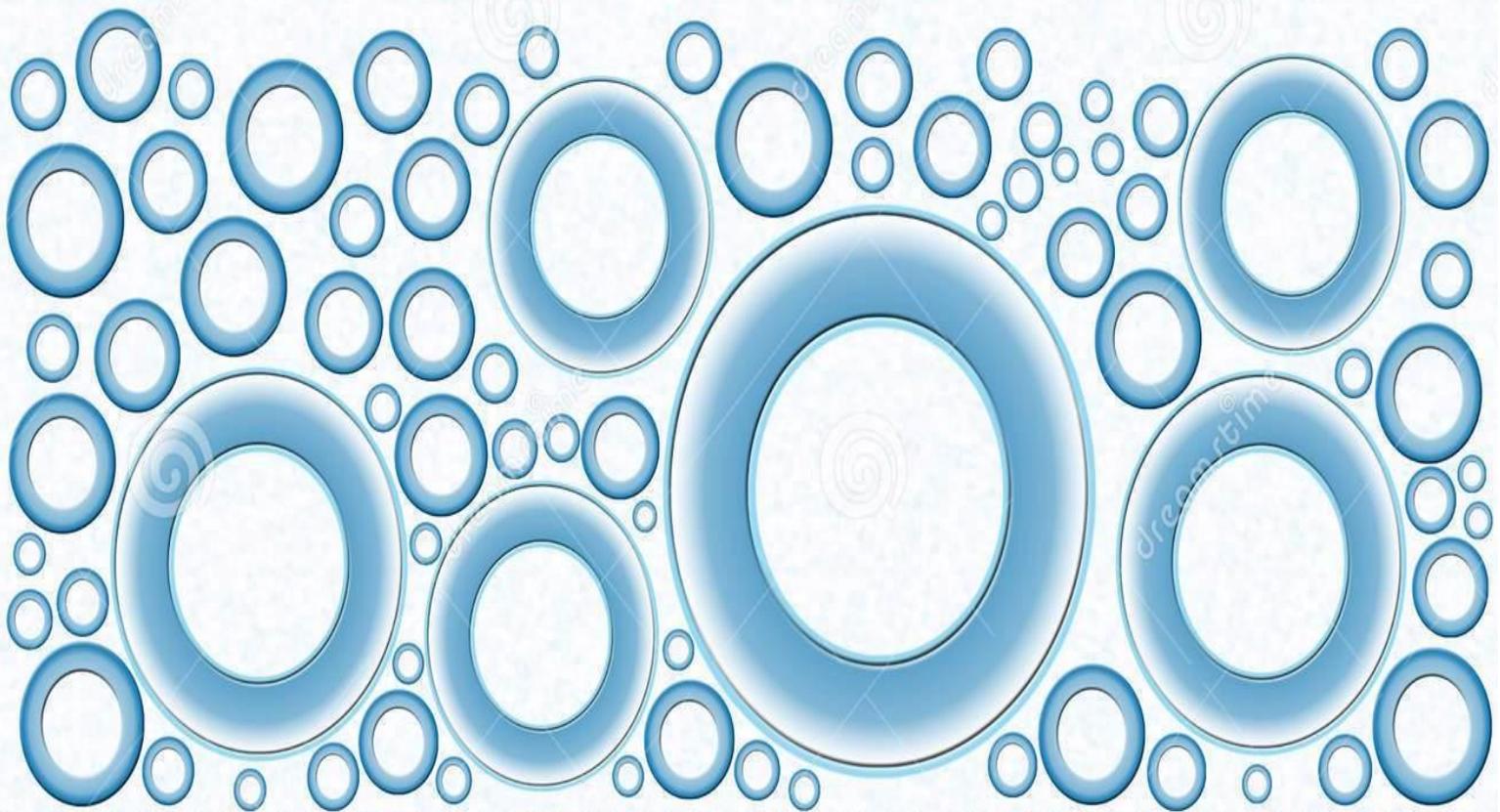
Conclusion

Références bibliographiques

Annexe

Résumé

Introduction



L'eau est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques. ⁽⁰⁹⁾

Un bien commun indispensable à la vie et à la santé. Il est universellement admis que l'eau destinée à la consommation humaine ne doit pas être de mauvaise qualité ou bien polluée par des agents pathogènes, contenus en quantités dangereuses ou alors des substances chimiques, ou de germes nocifs pour la santé car il peut être aussi une source de maladies et inonder de vastes zones ⁽⁰⁹⁾. Le manque d'eau ou une sécheresse prolongée peut faire de nombreuses victimes.

L'eau est important pour le développement des secteurs économiques, sociales et le soutien des activités productives : l'agriculture, l'hydro-électricité, l'industrie, la pêche, le tourisme, le transport.

L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et du développement sans cesse du niveau de vie au fil du temps.

Parmi nos ressources on distingue les eaux souterraines qui représentent une importante source d'eau destinée à la consommation humaine en premier lieu et assurer sa distribution à la population dans des conditions garantissant à la fois sa sécurité, sa quantité et qualité constitue donc un enjeu majeur pour les acteurs concernés quoique ; il faut éviter sa surconsommation tout autant que sa pollution.

Cette pollution guette à chaque instant et de plus en plus toutes nos réserves ; c'est pour cela qu'il est devenu primordiale de procéder à des contrôles et analyses physico-chimiques et microbiologiques de l'eau périodiquement.

Notre étude est répartie comme suit :

Partie théorique :

✓ 1^{er} Chapitre : ou on a englobé les définitions exactes et précises de la potabilité de l'eau et ces différents critères en passant par une classification des eaux brutes et identification des éléments chimiques dans l'eau, ainsi que leurs rôle et leurs importance ;

✓ 2^{ème} Chapitre : ou on a abordé le traitement de l'eau potable avec une classification des différents types de traitements et de surveillance de la qualité de l'eau (protection sanitaires, inspection des réservoirs de stockage...etc.) et les types de contrôle ;

✓ 3^{ème} Chapitre : on a fait une approche du système d'AEP de la ville de Biskra passant par une description technique et générale d'un réseau d'AEP puis par une étude de la

distribution de l'eau dans la ville en soulignant l'état actuel du réseau c'est-à-dire ces caractéristiques, le système d'approvisionnement en eau et les indicateurs techniques (production, distribution,.. etc.) en mettant le point épineux de la situation de la gestion de l'eau, ces impacts et ces conséquences;

La partie expérimentale :

✓ C'est le 4^{ème} Chapitre qui a été réalisé après un mois de stage à l'ADE (algérienne des eaux de la wilaya de Biskra) où on a fait des analyses de nos échantillons de quatre quartiers de la ville de Biskra (Cité el Oued, Cors, Alia Nord, Ancien Biskra,) sous la direction et la surveillance des ingénieurs de laboratoire qui nous ont bien guidés;

Avec l'étude qualitative par des analyses physico-chimiques et bactériologiques de nos échantillons d'eau destinée à la consommation ; On va faire une comparaison avec les normes de potabilité Algérienne passant ensuite par l'interprétation et la discussion des différents résultats obtenus.



Chapitre I:

POTABILITÉ DE L'EAU



I. GENERALITES

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. ⁽⁵⁶⁾

La consommation d'une eau potable, facteur déterminant dans la prévention des maladies liées à l'eau, doit bénéficier d'une attention particulière. En effet, l'eau destinée à la consommation humaine ne doit contenir ni substances chimiques dangereuses, ni germes nocifs pour la santé ⁽²⁰⁾.

I.1. ORIGINE DES EAUX POTABLES

a-Eaux de source, eaux minérales : les eaux dites « de source » sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine ; on parle alors d'eau potable. Les eaux minérales naturelles, possèdent des propriétés particulières : elles ont des teneurs en minéraux et en oligo-éléments qui peuvent leur donner des vertus thérapeutiques. Comme les eaux de source, elles ne peuvent être traitées. Elles sont d'origine profonde et de composition physico-chimique constante dans le temps, et satisfait à des exigences microbiologiques plus strictes que les autres eaux destinées à la consommation humaine (à l'émergence). ⁽⁴⁹⁾

b- Eaux brutes : destinée à la consommation humaine, est prélevée dans un cours d'eau ou une nappe d'eau souterraine. Elle est ensuite acheminée vers une usine de traitement de l'eau où elle subit divers traitements physiques, chimiques, physico-chimiques et biologiques ⁽⁶⁰⁾ ; Ressource en eau avant tout traitement de potabilisation va dépendre à l'autorisation de prélever cette eau pour la rendre potable et la filière de potabilisation appropriée. Ces eaux superficielles destinées à la production alimentaire doivent répondre à des exigences de qualité très précises et fixés par des organismes spécialisés. ⁽⁴⁹⁾

Les eaux brutes utilisables pour fournir de l'eau destinée à la distribution sont classées en trois catégories de qualité :

- ✚ A1, bonne ; traitement physique simple et désinfection
- ✚ A2, moyenne ; traitement normal physique, chimique et désinfection
- ✚ A3, médiocre ; traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection ⁽⁴⁹⁾.

I.1.1. LA CLASSIFICATION DES EAUX

Les critères de classement prennent en compte de nombreux paramètres de différente nature, concernant les caractéristiques physico-chimiques de l'eau,

- la présence de substances "indésirables";
- la présence de substances toxiques ;
- la présence de pesticides ;
- la qualité microbiologique ;
- et également la couleur de l'eau (décret n° 2001-1220 du 20 décembre 2001), il

faut souligner que c'est le facteur le plus mauvais de l'analyse qui détermine le classement de l'eau. Les eaux qui ne satisfont pas au moins aux critères retenus pour la catégorie "médiocre" sont exclues de l'utilisation pour la production d'eau potable ⁽⁶⁴⁾.

I.1.2. LES CARACTERISTIQUES NATURELLES DES EAUX

Qu'il s'agisse d'eaux souterraines ou superficielles, la ressource en eau doit être protégée contre les divers facteurs de pollution qui la menacent.

Ces facteurs résultent, pour la plupart, de l'activité humaine et industrielle, mais aussi de processus naturels qui peuvent dégrader la qualité de l'eau ; Il est dans la nature un milieu vivant, L'eau pure n'existe pas à l'état naturel ⁽⁶⁴⁾.

Elle contient toujours quelque chose, parce qu'elle se charge très rapidement de divers éléments plus ou moins indésirables au contact des milieux qu'elle traverse.

L'eau à l'état naturel, superficielle ou souterraine, contient :

- **Des matières dissoutes** provenant des terrains traversés (calcium, magnésium, sodium, potassium ; bicarbonates, sulfates, chlorures) ;
- **Des particules d'argile** en suspension qui forment une "éponge" absorbante susceptible d'attirer des bactéries et des molécules ;
- **Des bactéries**, qui prolifèrent dans le milieu aquatique ;
- **Des matières organiques** provenant du cycle de décomposition des végétaux et des animaux.

Ainsi, une eau souterraine non polluée peut présenter une odeur ou un goût désagréable, devenir trouble, contenir des particules filamenteuses, également les eaux superficielles, sous l'effet du soleil, de l'oxygène ou de la chaleur, une prolifération bactérienne peut se développer ⁽⁶⁴⁾.

I.2. COMPOSITION CHIMIQUE DE L'EAU

La composition chimique de l'eau est ainsi complètement liée aux caractéristiques du bassin versant dans lequel elle opère son cycle (la nature du sol et du sous-sol, les espèces végétales et animales, mais également les activités humaines⁽⁴⁹⁾).

L'eau contient en réalité et naturellement :

a) Les matières minérales

Beaucoup d'ions dissous dont les principaux sont : le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), les carbonates (CO_3^{2-}), les bicarbonates (HCO_3^-), les sulfates (SO_4^{2-}), les chlorures (Cl^-) et les nitrates (NO_3^-). Ils proviennent pour l'essentiel du lessivage des sols par les eaux de pluie.

- En moins grande concentration (du **microgramme** au milligramme par litre), l'eau contient aussi des éléments nutritifs, ou **nutriments**, que sont l'azote (contenu dans l'**ammoniac**, les nitrites et les nitrates), le **phosphore** (contenu dans les phosphates) et la silice, mais aussi le fer et le manganèse.
- D'autres éléments ne sont présents qu'à l'état de trace (de 0,1 à 100 microgrammes par litre), comme l'arsenic, le cuivre, le cadmium, le manganèse, le fer, le zinc, le cobalt, le plomb... Ils proviennent des roches mais aussi parfois des activités industrielles et domestiques.
- L'eau contient des matières minérales en suspension (matériaux argileux, limons, etc).

b) Les matières organiques

Présentent sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les **pesticides**), ou en suspension (déchets végétaux, plancton...).

Elles proviennent pour l'essentiel de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi de composés issus de l'activité humaine. Leur concentration, infime dans les eaux profondes, peut atteindre quelques dizaines de milligrammes par litre dans les eaux de surface⁽⁵⁷⁾.

I.2.1. ROLES ET IMPORTANCES DES ELEMENTS CHIMIQUES DANS L'EAU

Il s'agit de voir les éléments chimiques présents dans l'eau n'ont pas la même importance. Ils peuvent être classés en:

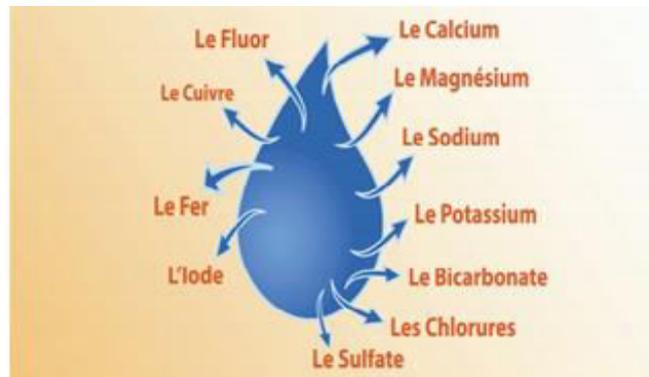


Figure n° 01 : Les éléments contenus dans l'eau

- ✓ **Eléments normaux de l'eau** : l'eau potable doit en contenir, si possible, en quantité souhaitable. Ce sont : Ca^{2+} , Mg^{2+} , CO_2^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- .
- ✓ **Eléments indices de pollution d'origine organique** : la variation de teneur de ces éléments est à surveiller. Ce sont : les matières organiques (ou coefficient d'oxydabilité de l'eau), l'oxygène dissous, les matières azotées (l'azote ammoniacal, les nitrites ; les nitrates), les phosphates.
- ✓ **Eléments à rechercher** : le cas de pollution d'origine industrielle, subdivisés en :
 - **Eléments considérés comme indésirables** : la présence de ces éléments à des teneurs dépassant des doses spécifiques provoque des gênes dans l'utilisation de l'eau. Ce sont: le Fer, le Zinc, le Cuivre, le Manganèse, les Phénols, le Nickel.
 - **Eléments considérés comme toxiques** : l'existence même, ou la présence à des doses dépassant des limites spécifiques de ces éléments peuvent causer des altérations graves à l'organisme. Ce sont : l'Arsenic, le Chrome hexavalent, le Plomb, les Cyanures, le Sélénium, le Fluor⁽⁴⁹⁾.

L'eau potable qui arrive après traitement comprend donc de nombreux éléments naturels, seuls ceux qui sont nuisibles à la santé ou indésirables sont éliminés.

- ✓ **Le calcium** : est indispensable dans la constitution de nos os et de nos dents;
- ✓ **Le magnésium** combat la fatigue, lutte contre les spasmes digestifs et la constipation;
- ✓ **Le sodium** contrôle l'équilibre en eau de nos tissus et aide à transmettre l'influx nerveux;
- ✓ **Le potassium** agit positivement sur les contractions musculaires;
- ✓ **Le bicarbonate** ou hydrogénocarbonate est vital dans le maintien de l'équilibre acido-basique et du pH de nos cellules;

- ✓ **Les chlorures** sont présents dans nos liquides intracellulaires;
- ✓ **Le sulfate** favorise l'élimination des toxines. C'est aussi un élément essentiel des cartilages, cheveux, vaisseaux sanguins et tissus conjonctifs.
- ✓ **Les «oligo-éléments»**, dits également «éléments-traces» parce qu'ils existent en quantité infinitésimales, sont pour certains reconnus essentiels pour la santé. On peut citer:
- ✓ **Le fluor** l'anticarie par excellence;
- ✓ **Le cuivre** qui intervient dans le fonctionnement de nombreux enzymes ainsi que la synthèse des protéines;
- ✓ **Le fer** constituant de l'hémoglobine;
- ✓ **L'iode** entre dans la composition d'hormones de la glande thyroïde; et bien d'autres encore⁽⁶³⁾.

I.2.2 SELS MINÉRAUX DISSOUS:

A- Cations

➤ Ions calcium : Ca²⁺

Le corps humain comprend une moyenne 1,2 kg de calcium essentiellement dans le squelette ⁽⁵⁰⁾ ; L'eau potable de bonne qualité renferme de 100 à 140 mg/L de calcium ⁽⁴⁷⁾ ; Le calcium ne peut en aucun cas poser des problèmes de potabilité, le seul inconvénient domestique lié à une dureté élevée est l'entartrage. Par contre, les eaux douces peuvent entraîner des problèmes de corrosion des canalisations⁽²⁴⁾.

➤ Ions Magnésium: Mg²⁺

Éléments indispensables à la vie, jouant un rôle important dans la respiration, leurs origines sont naturelles (dissolution des roches magnésites basaltes, argiles) ou industrielle (industrie de la potasse de cellulose, brasserie). La dureté manganésienne de l'eau représente ordinairement le tiers de la dureté totale. Mais l'excès donne une saveur amère à l'eau. ⁽⁵⁰⁾.

➤ Ions de Sodium : Na²⁺

Le sodium est un métal abondant, toujours associé à d'autres éléments chimiques. Il se trouve dans la majorité des eaux souterraines et de surface ; Des teneurs anormalement élevées peuvent provenir d'apports industriels ou domestiques ; La concentration dans l'eau de boisson est normalement inférieure à 50 mg/l, mais elle peut augmenter au cours des traitements d'adoucissement (par échange d'ions) des eaux calcaires.

Les eaux très riches en sodium deviennent saumâtres, prennent un goût

désagréable et ne peuvent pas être consommées ⁽⁴⁷⁾.

➤ **Ions de Potassium : K⁺**

Le potassium est un élément naturel des eaux, où sa concentration à peu près constante, ne dépasse habituellement pas 10 à 15 mg/l, sauf dans certains contextes géologiques particuliers où elle atteint 20 à 25 mg/l ; Le potassium règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules ; Il est un métal alcalin, étroitement rattaché au sodium à tel point, qu'il est rarement analysé comme un constituant à part dans les analyses de l'eau. Sa présence est moins répandue dans la nature ⁽⁵⁰⁾

➤ **L'aluminium : Al²⁺**

Sa présence est due au traitement de l'eau par des sels d'aluminium comme agent de coagulation pour éliminer la couleur et la turbidité. Il ne représente aucun inconvénient pour l'organisme humain à des concentrations inférieures à 0.2 mg /l. ⁽³¹⁾

Pour le traitement de l'eau potable, des sels d'aluminium peuvent être utilisés. Pour cet élément, la réglementation n'impose pas de limite de qualité mais indique une référence de qualité de 200 µg/l ⁽⁵⁸⁾.

➤ **Ion Fer : Fe²⁺**

Le fer se classe en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre. Ce métal à l'état ferreux est assez soluble dans l'eau. Les besoins pour l'organisme humain se situent entre 2 et 3 mg/j mais 60 à 70% seulement de la quantité intégrée sont métabolisés ⁽⁴⁷⁾

➤ **Le bore : Br⁺**

Le bore n'existe jamais dans la nature à l'état élémentaire, mais sous différentes formes : borate de sodium, borate de calcium, acide borique, borate et poly borates, dans des dépôts minéraux et les eaux naturelles. Le bore n'apparaît qu'exceptionnellement dans les eaux de distribution, mais plus fréquemment dans les eaux résiduaires ; Selon l'O.M.S, des quantités de l'ordre du mg/l dans l'eau ne semblent pas présenter d'inconvénient pour la santé humaine ⁽⁵⁰⁾

➤ **Ions Ammonium : NH₄⁺**

L'ammonium est souvent rencontré dans les eaux et traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. L'ammoniac est un gaz soluble dans l'eau, mais suivant dans les conditions de pH, il se transforme soit en composé non combiné, soit sous forme ionisée. Les eaux souterraines sont pauvres en azote ammoniacal.

Mais des eaux issues de sols riches en substances humiques ou riches en fer peuvent présenter des teneurs de l'ordre de 1 à 3 mg/l ; La présence d'azote ammoniacal en quantités relativement importantes peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle. Dans l'eau, L'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes; l'ion ammonium (NH_4^+) et la seconde non dissociée communément appelée ammoniaque (NH_3) ⁽²⁴⁾; En ce qui concerne la toxicité de l'ammoniaque, il est reconnu que ce n'est pas la forme ammoniaque ionisée qui est toxique, mais celle non ionisée dont la proportion dépend du pH et de la température ⁽⁴⁵⁾

B - Anions

➤ **Ions Carbonates et Bicarbonates :**

L'ion Bicarbonate est le principal constituant alcalin de la plupart des eaux courantes. Sa présence dans l'eau est due à l'action des bactéries qui fournissent du CO_2 à partir des minéraux contenant des carbonates ⁽⁴⁷⁾.

➤ **Ions Chlorures : Cl^-**

Fréquent dans la nature, sous forme de sel de sodium (Na Cl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl_2). L'eau contient presque toujours des chlorures mais en proportions très variables ; Indépendamment de la nature de la formation géologique traversée, la présence des chlorures peut être attribuée aux effluents des industries chimiques, à l'exploitation des puits de pétrole, des mines de potasse, aux drainages d'irrigation...etc.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium ⁽⁴⁷⁾.

➤ **Ions Sulfates : SO_4^{2-}**

Le sulfate qui se dissout dans l'eau provient de certains minéraux en particulier du gypse, où apparaît à partir de l'oxydation de minéraux sulfureux. La limite supérieure admise dans l'eau potable est 250 mg/l ⁽⁵⁰⁾.

➤ **Ions Phosphates : PO_4^{3-}**

Les phosphates sont généralement responsables de l'accélération du phénomène eutrophisation dans les lacs ou les rivières ⁽⁴⁷⁾ ; Il existe sous forme minérale ou organique. Les formes chimiques sous les quelles se rencontre le phosphore dépendent de l'acidité du milieu. Dans les eaux naturelles, de pH compris entre 5 et 8, seules les formes H_2PO_4^- et HPO_4^{2-} existent en quantités appréciables dans les eaux de surface. La teneur naturelle en

phosphate ou ortho phosphate est de l'ordre de 0,1 à 0,3 mg/l. La présence de phosphore dans les eaux souterraines est généralement un indice de pollution ⁽⁵⁰⁾

➤ **Ions nitrates : NO_3^- et nitrites : NO_2^-**

Les nitrites et nitrates sont des ions présents de façon naturelle dans l'environnement .Ils sont le résultat d'une nitrification de l'ion ammonium (NH_4^+) ⁽²⁴⁾ ; Ils sont extrêmement solubles; ils pénètrent le sol et les eaux souterraines où se déversent dans les cours d'eau par ruissellement. Ils constituent une des causes majeures de la dégradation des eaux à long terme ; Les nitrites sont formés par dégradation de la matière azotée mais ils sont rapidement transformés en nitrates dans les sources d'eau potable ⁽⁵⁰⁾

Dans les eaux, la quantité des nitrates maximale admissible est fixée de 50 mg/L ⁽⁵⁰⁾ ; Chez les nourrissons, la réduction du nitrate en nitrite peut provoquer une méthémoglobinémie (inaptitude du sang à transporter l'oxygène) ⁽²⁴⁾

I.2.3. POTABILITE DE L'EAU

Une eau de consommation ne doit pas contenir de germes des maladies à transport hydrique, de substances toxiques ni de quantité excessive de matières minérales et organiques ; Elle doit par ailleurs, être claire, incolore et ne posséder aucun goût ou odeur désagréable ; En outre l'eau potable doit contenir sans excès un certain nombre d'éléments minéraux dont la présence lui confère une saveur agréable à l'exclusion de ceux qui seraient l'indice d'une contamination ainsi que toute substance toxique ⁽²⁰⁾.

La qualité de l'eau dépend de facteurs naturels déterminants (sol, sous-sol, etc.) et d'activités humaines (agricole, industrielle et domestique) produisant des rejets qui se retrouvent directement ou indirectement dans les milieux aquatiques ; Paramètres permettant de juger de la qualité d'une eau de surface, Ces paramètres permettent d'acquérir des connaissances de base, de développer une surveillance pour détecter des perturbations et de mettre en place un suivi pour rétroagir sur la gestion et l'améliorer la qualité de l'eau.

L'approvisionnement en eau potable implique la découverte d'un gîte (eau souterraine ou de surface d'origine pluviale), le captage de l'eau (puits et sources), Son transport, sa distribution (réseau public, plomberie domestique) et enfin sa consommation ; Aussi pour conséquence la création d'une concentration ponctuelle de pollution (eaux usées) impliquant un risque permanent de contamination de l'eau destinée à la consommation pouvant apparaître sous formes d'épidémies massives et brutales (typhoïde, choléra, dysenterie).⁽³⁸⁾

L'eau provenant de la nature peut contenir des algues, des pollens, des levures, des bactéries, des virus qu'il faut éviter pour rester en bonne santé. C'est pourquoi, il est nécessaire de les intercepter. Par contre, dans son parcours naturel, l'eau se charge de sels minéraux et de micro-organismes présents dans la nature, il contient parfois du calcaire: ce sont des composés qui sont bénéfiques pour l'être humain, ils ne sont donc pas éliminés, et différents traitements permettront d'enlever les matières indésirables⁽⁶³⁾.

I.2.4. LES CRITERES DE POTABILITE

Pour être jugée propre à la distribution, l'eau doit être potable ; Une exigence qui impose à l'eau de ne contenir aucun germe, ou substance toxique en quantités dangereuses pour l'organisme ; Une eau est considérée comme potable selon des critères de qualité non seulement organoleptiques, mais encore, sur des critères physico-chimiques, toxicologiques et microbiologiques ⁽⁵⁶⁾ ; Cette potabilité est définie techniquement par les concentrations maximales admissibles d'environ 70 paramètres de qualité (Normes OMS) ⁽¹⁹⁾

I.2.5. DIFFERENTES NORMES APPLICABLES AUX EAUX DE CONSOMMATION

➤ La réglementation Algérienne

Ces textes sont tirés du journal officiel de la république Algérienne (N°3517-Aoul Safar 1419/27 Mai 1998). (ANNEXE : 17)

➤ Norme de potabilité des eaux de consommation

Les normes déterminant une eau potable ont été fixées par le décret N° 14-96 du 04 Mars 2014 modifiant et complétant le décret executif N° 11-125 du 22 Mars 2011 définissant la qualité de l'eau de consommation humaine. Il fixe les valeurs limites et indicatives des paramètres à contrôler. ⁽⁰⁷⁾

La norme Algérienne NA 6360-1992 est inspirée des normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) relatives aux eaux et des normes prescrites dans les directives de la communauté Économique Européenne (CEE). (ANNEXE : 19)

➤ Objet et domaine d'application

La présente norme a pour objet de fixer les spécifications organoleptiques, bactériologiques, physico-chimiques et toxicologiques des eaux destinées à la consommation⁽⁵⁰⁾

I.3. LES DIFFERENTES QUALITE DE L'EAU :

a- La qualité bactériologique :

Elle est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource, un dysfonctionnement du traitement de potabilisation. Les conséquences dépendent de plusieurs facteurs dont l'état

général du consommateur, de la virulence des microorganismes, du mode de transmission ainsi que de la dose ingérée. Les troubles sont principalement des troubles gastro-intestinaux, diarrhées, vomissements. ⁽¹⁸⁾ L'eau destinée à l'alimentation humaine contient une multitude de microorganismes pathogènes, agents d'infections humaines redoutables. Ce sont des bactéries, des virus, voire des champignons et des algues ⁽³⁰⁾. Leur absence doit être totale ; l'eau ne doit contenir aucune bactérie et aucun virus pathogène ; Tous les germes ne peuvent être analysés, et le choix a donc été fait d'en détecter certains (*Escherichia coli*, *Entérocoques*...) qui constituent des germes tests et des indicateurs de pollution.

a -1. Germes totaux

Elles se développent dans des conditions aérobies. Leur présence est indicatrice de pollution bactérienne. Leur dénombrement donne une information sur la qualité hygiénique de l'eau destinée à la consommation humaine ⁽¹²⁾. Ainsi, ils renseignent sur le degré de protection des nappes souterraines d'où provient l'eau à analyser ⁽⁴⁷⁾.

a – 2. Coliformes:

Les coliformes appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae ; Le terme « coliforme » correspond à organismes en bâtonnets, non sporogène, Gram-négatifs, oxydase négatif, aéro-anaérobies facultatif, capable de fermenter le lactose (et mannitol) avec production d'acide et gaz en 48 heures à des températures de 35 et 37 °C.

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. ⁽⁴⁷⁾.

a – 3. Coliformes fécaux ou Coliformes thermo- tolérants

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo tolérants correspondent à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C ⁽²³⁾.

Escherichia coli est sans doute le plus spécifique de tous les germes de contamination fécale. Le terme « *Escherichia coli* » correspond à des coliformes thermo-tolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C et ont des caractères biochimiques propres à cette espèce ⁽¹²⁾.

a – 4. Streptocoques fécaux

Ils sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale. Ils sont des Gram positifs, groupes en chaînettes, anaérobies facultatifs, catalase négatif et immobiles ⁽¹²⁾.

a – 5. Clostridium sulfito-réducteurs

Sont souvent des témoins de pollution fécale ancienne ou intermittente. Leur permanence marque la défaillance en un point donné du processus de filtration naturelle ⁽⁰⁸⁾ ; Ce sont des bacilles Gram positifs, anaérobies stricts, isolés ou en chaînettes, mobiles, catalase positif, réduisent le sulfite de sodium en sulfure ; La forme sporulée des Clostridium sulfito-réducteurs est beaucoup plus résistante que les formes végétatives ⁽¹²⁾.

a – 6. Salmonelles

Les Salmonelles appartiennent à la famille des *Entérobacteriaceae*, bacille à Gram négatif, anaérobie facultatif, habituellement mobiles grâce à une ciliature péritriche, mais des mutants immobiles peuvent exister ⁽¹²⁾ ; Les sérotypes adaptés à l'homme sont: Salmonella Typhi et sérotypes S. paratyphi A et S. Sendai, responsables de la fièvre typhoïde humaine ; Elles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pouvoir pathogène varient énormément ⁽⁴⁸⁾.

b - La qualité radiologique

La radioactivité naturelle dans les eaux dépend de la nature géologique des terrains qu'elles traversent, du temps de contact (âge de l'eau), de la température, de la solubilité des radioéléments rencontrés, etc. Ainsi, les eaux souterraines des régions granitiques présentent parfois une radioactivité naturelle élevée ⁽¹⁵⁾.

Des eaux superficielles ayant pour réservoir des roches anciennes affleurantes ou beaucoup plus récentes peuvent aussi présenter une radioactivité importante ; La qualité radiologique des eaux est évaluée grâce à des indicateurs de présence de radionucléides naturels ou artificiels ⁽¹⁵⁾.

c - La qualité physico-chimique

Ils sont liées avec les caractéristiques naturelles de l'eau : le pH, la conductivité, la température, les chlorures, les sulfates...

c - 1. Conductivité

Elle se mesure en μS (micro siemens) ; Elle indique la quantité totale des sels dissous. Si la conductivité est élevée le goût de l'eau sera normalement salé $2\ 000\ \mu\text{S}/\text{cm}$; Des effets néfastes sur la santé sont à craindre à partir d'une valeur de $3\ 400\ \mu\text{S}/\text{cm}$; En plus une haute conductivité indique la possibilité de la présence à un niveau important des ions dangereux à la santé et de la corrosivité de l'eau ⁽³¹⁾.

c - 2. Température

Une température élevée peut favoriser des goûts désagréables. De plus, elle accélère la corrosion, influence la croissance bactérienne, l'effet du désinfectant résiduel et modifie la valeur du pH. ⁽²⁷⁾ ; Pour que l'eau potable soit désaltérante, sa température doit varier entre 8 et 15 °C ⁽³¹⁾.

c - 3. L'oxygène dissous

Toute baisse de la teneur en oxygène dissous peut être interprétée comme un signe de croissance biologique ⁽²⁷⁾.

c - 4. Le pH

Le pH est une mesure de l'acidité ou de l'alcalinité ; le pH des eaux destinées à la consommation publique est un paramètre très important car il agit sur le goût et l'efficacité des procédés de traitement (coloration, coagulation...etc.) ainsi que sur les phénomènes de corrosion, agressivité et entartrage des canalisations; On peut considérer cependant comme intervalle de pH acceptable, des valeurs comprises entre 7,00 et 8,50. Il a un effet important sur le goût de l'eau. Et dépend des concentrations de CO₂ et d' HCO₃⁻ dissouts ; Mais il est normalement compris entre 6,5 < pH < 9. Pour les eaux souterraines: pH = 7 ⁽³¹⁾.

c - 5. Alcalinité

Selon CHEVAL (1972) et GAMRASNI (1986) dans une eau naturelle, les ions responsables de l'alcalinité sont : l'ion hydroxyde (OH⁻), l'ion carbonate (CO₃⁻) et l'ion hydrogénocarbonate (HCO₃⁻). En chimie des eaux ont défini deux titres alcalimétriques :

$$\text{☞ TA (Titre alcalimétrique simple) = (OH}^{-}\text{) + } \frac{1}{2} \text{(CO}_3^{-}\text{).}$$

$$\text{☞ TAC (Titre alcalimétrique complet) = (OH}^{-}\text{) + (CO}_3^{-}\text{).}$$

Toutefois, la présence d'anhydride carbonique donne une saveur agréable à l'eau et ne présente aucun inconvénient pour la santé. Par ailleurs, il n'existe pas de normes relatives à l'alcalinité ⁽³¹⁾.

c - 6. Dureté ou Titre Hydrotimétrique (TH)

Elle est exprimée en degré français (°F) équivalent à 4 mg de calcium par litre et à 2,4 mg de magnésium par litre ; Pour qu'une eau soit conforme, la dureté doit être comprise entre 15 et 25°F ; Les eaux douces sont susceptibles de provoquer des inconvénients sur la santé puisqu'elles permettent la solubilisation de certains éléments comme le plomb, le cuivre ou le fer par exemple. Les eaux dures engendrent quant à elles des inconvénients d'un point de vue matériel (entartrage des canalisations, des appareils ...) ⁽⁵⁸⁾.

Le degré hydrotimétrique ou dureté de l'eau est un indicateur de sa minéralisation. ; L'eau dure n'a pas d'effets nocifs sur la santé. La dureté de l'eau se constate principalement par la formation de dépôts insolubles avec les savons « l'eau ne mousse pas » et par l'entartrage des circuits d'eau chaude. L'eau dure est désagréable pour la peau et modifie le goût des aliments ⁽³⁹⁾.

En résumé :

- Une eau est dure lorsqu'elle est fortement chargée en ions calcium et magnésium.
- L'eau dure est responsable de la formation de calcaire mais elle n'est pas mauvaise pour la santé.

L'eau douce ou adoucie solubilise les métaux constitutifs des canalisations et présente de ce fait un risque pour la santé (canalisations en plomb) ⁽⁰⁶⁾.

Dureté / Alcalinité:

On détermine le Titre hydrotimétrique (total) de l'eau = TH(t)

$TH = \Sigma TH [Ca^{2+}] + TH [Mg^{2+}]$; Ce TH se mesure par dosage à l'EDTA qui complexe les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . Le TH peut être remplacé par la Titre Alcalimétrie complet = TAC qui mesure la concentration des ions HCO_3^- mais aussi la concentration des ions CO_3^{2-} .

c – 7. Les chlorures

Le chlore a souvent été le choix évident pour la désinfection résiduelle, la réglementation internationale fixe la norme de 25 mg/l comme valeur idéale, et 200mg/l comme concentration à risque. La présence des chlorures dans les eaux est due le plus souvent à la nature des terrains traversés, aux rejets industriels ou aux rejets des eaux usées. Il faut savoir aussi qu'un résidu de 3 à 6 mg/l est nécessaire pour contrôler des fortes effervescences bactériennes. La réglementation algérienne pour les chlorures a fixé la norme de 200 à 500 mg/l. ⁽²⁷⁾.

c – 8. Les Sulfates

Les eaux naturelles contiennent pratiquement des sulfates en proportion très variables, mais ne dépassent généralement pas les grammes par litre, leur présence résulte de la solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses et l'oxydation des sulfures répandus dans les roches.

Une eau destinée à la consommation humaine ne doit pas contenir plus de 400 mg/l de sulfate ; Mais des teneurs supérieures à 300 mg/l peuvent contribuer à la corrosion des systèmes de distribution, surtout avec les eaux faiblement alcalines ⁽³¹⁾.

d - La qualité organoleptique :

Les facteurs organoleptiques (couleur, saveur, turbidité et odeur) constituent souvent les facteurs d'alerte pour une pollution sans présenter à coup sûr un risque pour la santé. ⁽²⁵⁾.

d – 1. Couleur

La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. Les couleurs réelles et apparentes sont approximativement identiques dans l'eau claire et les eaux de faible turbidité ; Elle représentera un indicateur de pollution si elle dépasse l'équivalent de 15 mg/1 de platine cobalt ⁽³⁵⁾.

d – 2. Odeur

Toute odeur est un signe de pollution ou de présence de matières organiques en décomposition. L'odeur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues par l'organe olfactif en dégageant certaines substances volatiles ; La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances ⁽⁴⁷⁾.

d – 3. Goût et saveur

Le goût peut être défini comme l'ensemble des sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique commune perçue lorsque la boisson est dans la bouche. La saveur peut être définie comme l'ensemble des sensations perçues à la suite de la stimulation par certaines substances solubles des bourgeons gustatifs ⁽⁵⁰⁾.

d – 4. La turbidité

La turbidité est un des paramètres indicateurs de la contamination microbiologique de la ressource et peut témoigner de dysfonctionnement dans les installations de traitement et de distribution. Le risque principal pour la santé est lié à la présence de micro-organismes qui se fixent sur les matières en suspension et sont alors protégés de l'action du désinfectant les colloïdes responsables de la turbidité peuvent protéger les bactéries des oxydants ; Elle s'exprime en NFU qui traduit le trouble de l'eau dû aux matières en suspension ⁽⁵⁸⁾.

Dans le réseau, une turbidité élevée de l'eau révèle les problèmes suivants :

- Précipitation de fer, aluminium ou manganèse, due à une oxydation dans le réseau.
- Précipitation lente de CaCO_3 (ou parfois hydroxydes de magnésium), due à un mauvais ajustement du pH à l'usine de traitement.

- Une corrosion importante.
- L'agglomération naturelle des colloïdes qui peuvent provenir d'arrachements de Biofilm, ou de bactéries agglomérées par leur glycocalyx (polysaccharides présents sur les parois extérieures des bactéries),
- Une fuite de matières dans la filière de filtration de l'usine de traitement (on dit que les filtres sont « percés »), des précipités formés par l'effet de post-floculation dans le réseau (effort persistant du floculant et polymérisation non achevée) dégradent la qualité organoleptique de l'eau et conditionnent la prolifération de microorganismes ⁽⁰⁴⁾.

Tableau n° 01 : Facteurs organoleptiques ⁽⁵⁰⁾

Paramètres	Unité	Concentration max admissible	Observation
Odeur	Seuil de perception à 25° C	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune odeur ne doit être perçue
Saveur	Seuil de perception à 25° C	4	Au bout de quatre dilutions successives aucune saveur ne doit être perçue
Couleur	mg/l' échelle PT/Co	25	/
Turbidité	NTU Néphelométrique Turbidité Unité	5	/

e - Substances polluantes

e – 1. Hydrocarbures

Ils ont pour source les rejets pétroliers, d'huiles de vidanges d'effluents de différents d'industries. Leur nuisance est l'apparition de goûts et d'odeurs pour des seuils extrêmement variables ; La toxicité serait à craindre dans les eaux de boisson pour des doses supérieures aux seuils d'apparition de goûts et odeurs. On a constaté des affections cutanées dues à des produits d'additions du mazout ⁽²¹⁾.

e – 2. Pesticides ou herbicides

Des substances chimiques utilisées pour combattre les espèces animales ou végétales nuisibles (insecticides, herbicides, fongicides,...), dans l'agriculture, dans les industries,

dans la construction et l'entretien des infrastructures de transport, des voies et des terrains publics ou privés; Leur présence dans l'eau est due à leur entraînement par pluie ou de ruissellement ou à leur infiltration dans les sols; Ce sont des produits toxiques et peuvent affecter le goût et l'odeur à une certaine dose ⁽³⁷⁾ ; Les risques majeurs des produits phytosanitaires sont liés à des intoxications aiguës des utilisateurs (notamment exposition professionnelle).

f - La qualité concernant les substances indésirables :

Leur présence est tolérée jusqu'à un certain seuil. Ce sont les nitrates, les hydrocarbures, les phénols, le fer... Dans ce groupe, certaines substances concernent seulement le confort de l'utilisateur (le fer, par exemple), d'autres peuvent avoir des conséquences sanitaires (les nitrates, le fluor...) ⁽⁶⁰⁾

f – 1. Phénols et dérivés

Ils sont l'indice d'une pollution industrielle. Leur nuisance la plus marquante est le goût du chlorophénol qui apparaît dans l'eau en présence de chlore pour des teneurs extrêmement faibles ⁽²¹⁾.

f – 2. Les nitrates

Les nitrates sont recherchés au niveau des ressources en eau utilisées pour la production d'eau potable, à la sortie des installations de production d'eau potable ou sur le réseau de distribution publique ; Elles constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique, ils sont solubles dans l'eau, se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles ⁽³¹⁾.

Le nitrate présent dans le sol a diverses origines ; telles que les déjections animales ou humaines stockées, ou les apports d'amendement organique. Mais, ce sont surtout les engrais et les rejets d'eaux usées qui donnent des doses importantes. ⁽³¹⁾.

- *Au-delà de 5 mg/l* : indique généralement une influence du milieu agricole.
- *Au-delà de 10 mg/l* : cette eau ne doit pas être utilisée pour l'alimentation des nourrissons ni consommée par les femmes enceintes. ⁽⁵⁹⁾

Dans l'organisme humain, les nitrates se transforment en nitrites. Ces derniers peuvent présenter un risque pour la santé, par la modification des propriétés de l'hémoglobine du sang en empêchant un transport correct de l'oxygène par les globules rouges ; Chez les très jeunes enfants de moins de 6 mois, cette maladie appelée méthémoglobinémie, provoque des

cyanoses parfois sévères. Les femmes enceintes et les nourrissons sont les populations les plus sensibles ⁽⁶⁵⁾.

f – 3. Le fluor

Le fluor est un élément présent surtout dans les eaux souterraines dans les zones plus arides. Il peut endommager les dents et les os, surtout des enfants s'il y a en trop. A un niveau au dessous de 1,5 mg/l le fluor aide le bon développement des dents. Au-dessus de ce niveau il peut causer la coloration des dents et l'affaiblissement du squelette ⁽⁴⁷⁾. Elles peuvent atteindre parfois 10 mg/l et exceptionnellement 100 mg/l dans les eaux profondes ⁽³¹⁾ ; se fixe sur les dents et les os : lorsqu'il est absorbé en excès, il peut entraîner des fluoroses dentaires et osseuses. La limite de qualité est fixée à 1,5 mg/l ⁽⁵⁸⁾.



Figure n°02: L'impact du fluor sur les dents

f – 4. Le fer

Le fer se retrouve de manière importante dans les eaux souterraines car c'est un élément de la croûte terrestre à raison de 4,5 à 5% ; A des concentrations normalement trouvées dans l'eau le fer n'a pas d'effet sur la santé, mais est un élément nuisible qui cause des mauvais goûts et qui rend "rouge" la lessive et l'aliment cuit avec ; A un niveau inférieur à 0,3 mg/l les effets sont minimes. ⁽⁷⁰⁾

Au dessus de ce niveau le goût et la coloration deviennent de plus en plus marqués et pour un niveau plus élevé que 2 mg/l l'eau risque d'être rejetée par les consommateurs.

f – 5. Le manganèse

Comme le fer, le manganèse est un élément nuisible qui cause une coloration noire. Il aura des impacts sur la santé seulement à des niveaux très élevés ; C'est un métal qui est à l'origine de dépôts dans les réseaux. Par ailleurs il affecte les paramètres organoleptiques de l'eau comme d'autres métaux cuivre, aluminium, zinc. Dans les eaux de surface, le manganèse se trouve en général à l'état oxydé et précipité ; il est donc éliminé par traitements classiques de clarification ⁽²¹⁾ ; A un niveau inférieur à 0,1 mg/l les effets sont minimes. Au dessus de ce niveau le goût et la coloration deviennent de plus en plus marqués et pour un niveau plus élevé que 0,5 mg/l l'eau risque d'être rejetée par les consommateurs. ⁽⁷⁰⁾

Tableau n° 02 : Problèmes organoleptiques d'origines physico-chimique

Type	Cause	Reconnaissance
Fer	Corrosion Traitement de coagulation (sels de fer utilisés)	3 mg/l seuil de reconnaissance moyen 40 µg/l pour les personnes sensibles
Cuivre	Corrosion	7 mg/l seuil de reconnaissance moyen 3 mg/l pour les personnes sensibles
Zinc	Corrosion	20 mg/l seuil de reconnaissance moyen 5 mg/l pour les personnes sensibles
Revêtement	Plusieurs types	Goûts « pharmaceutique/médicamenteux » ou « solvant/chimique »
Chlore	Chlore résiduel Réactions de chlore avec les matières organiques	Odeurs de chlore pour les consommateurs en tête du réseau Goûts « pharmaceutique/médicamenteux »

g - La qualité concernant les substances toxiques :

Des substances présentes dans l'eau et dans la terre sont des éléments nécessaires à la vie des plantes et des animaux. Au de là du seuil maximum, ils inhibent la croissance et deviennent toxiques ; En toxicologie, ils peuvent être définis comme des métaux à caractère cumulatif (dans les tissus graisseux), ayant des effets très néfastes sur les organismes vivants ; Leur seuil acceptable prend en compte une marge d'incertitude à partir d'une valeur considérée comme toxique ; Selon les normes ISO les valeurs de concentrations des substances toxiques doivent être inférieures ou égales aux valeurs suivantes ⁽³¹⁾.

Argent.....0, 05 mg/l
Arsenic.....0, 05 mg/l

Baryum.....	01 mg/l
Cadmium	0, 01 mg/l
Chrome total.....	0, 05 mg/l
Cuivre.....	01,5 mg/l
Cyanure.....	0,05 mg/l
Hydrocarbures polycycliques aromatiques.....	0, 2 µg/l
Mercure.....	0, 001 mg/l
Plomb.....	0, 05 mg/l
Sélénium.....	0, 01 mg/l

g – 1. Plomb Pb

C'est un constituant naturel, largement réparti dans la croûte terrestre. C'est un métal toxique, il est quasiment inexistant dans l'eau à l'état naturel. Sa présence éventuellement ne peut provenir que de la corrosion des canalisations de distribution de l'eau ; Il a un effet cumulatif sur l'organisme à l'origine de nombreux troubles de la santé (des lésions du système nerveux, l'hypertension) ⁽⁴⁷⁾.

g – 2. L'arsenic

L'arsenic peut être présent dans l'eau souterraine, en particulier dans des zones minières et dans certaines formations sédimentaires. L'arsenic est une toxine ; A un niveau inférieur à 10 µg/l l'arsenic ne cause pas d'effets importants sur la santé. Avec des valeurs supérieures à 10 µg/l les impacts sur la santé augmentent en mesure de la concentration d'arsenic, mais ils commencent à être importants à environs 50 µg/l. ⁽⁵⁰⁾

g – 3. Cadmium Cd

Le cadmium est un métal blanc, mou ductile et flexible. Il est naturellement assez rare dans l'environnement où on peut le trouver associé au zinc ; Les déchets industriels et les ordures ménagers sont les principales sources de pollution par le cadmium, élément qui circule dans les eaux et les sols avec grande facilité. Sa très nette toxicité se manifeste particulièrement par des atteintes rénales ⁽¹³⁾

I.4. INFLUENCE DES PHENOMENES DE CORROSION SUR LA QUALITE D'EAU

Les corrosions sont souvent responsables de la présence de fer, plomb, cuivre, cadmium ou zinc dans les eaux. Elles fournissent un abri contre l'arrachage hydraulique pour les microorganismes, ralentissent l'écoulement et peuvent le modifier localement ; La corrosion est causée par des phénomènes électrochimiques localisés très variés.

Tableau n° 03 : Origines des altérations de la qualité de l'eau potable dans les réseaux et Conséquences ⁽⁰⁴⁾

Origines	Causes	Conséquences	Dangers
Réservoirs	Mauvaise étanchéité de l'ouvrage	Infiltration de l'eau de pluie	Contamination microbiologique
	Orifices de ventilation ou voies d'accès mal protégées	Pénétration d'insectes ou autres animalcules	Altération de l'eau sur le plan organique organoleptique ou microbiologique
	Mauvais entretien (nettoyage notamment)	Apports nutritifs du fait de l'encrassement, ou de sédiments organiques	Développement de germes (clostridium, ...)
	Surdimensionnement, points bas courts circuits de l'eau entrée-sortie, ...	Stagnation de l'eau	Altération des qualités initiales pour divers paramètres
	Réservoir exposé à la lumière du jour	Croissance d'algues	Apports de matières organiques
	Interventions effectuées en dehors des règles de l'art (désinfection, prélèvements, accès au plan d'eau, ...)	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Retours d'eau	Dépression (pompage intensif sur réseau, rupture de canalisation,...) ou contrepression (mise en pression dans une installation privée, ...)	Siphonnage ou refoulement de substances indésirables ou polluantes	Pollutions toxiques, microbiologiques, ou organoleptique
Environnement extérieur de la conduite	Fuites, usures au joint et dépression Perméation	Intrusion d'eaux terreuses Introduction de polluants	Pollution microbiologique essentiellement Pollution toxique ou organoleptique
Défauts du Réseau	Matériau inadéquat pour l'alimentation en eau potable	Relargage de polluants Apports nutritifs Adhérence trop	Pollution toxique Favorise le biofilm Contamination microbiologique

		importante des germes Corrosion	Altération des paramètres métaux (Fe, Zn, Pb, Cu, Cd, ...)
Interventions sur le réseau	-Désinfection insuffisante à la suite d'une réparation ou d'un renouvellement -Manoeuvre de réseau, coups de bélier Erreurs de branchement (ex : sur réseau d'eau non potable)	Développement de germes Mise en suspension de dépôts	Contamination microbiologique Pollution organoleptique voire microbiologique Contamination microbiologique entre autres.
Intrusion de polluants au niveau d'une ventouse (rare)	Ventouse mal située	Eau potable souillée	Contamination microbiologique
Installation Intérieure	-Matériau inadéquat -Juxtaposition de matériaux inadéquats. -Dysfonctionnement des dispositifs de traitement domestiques (surdosage, cartouches saturées ou colonisées par des bactéries, -Colonisation des zones stagnantes par circuit d'eau chaude -Surdimensionnement (faible consommation, longueur,...)	Corrosion ou relargage Corrosion Stagnation de l'eau	Pollution toxique ou organoleptique Altération des paramètres métaux Relargage de bactéries ou d'éléments minéraux Contamination microbiologique (Legionella) Pollution microbiologique, chimique (NH ₃), organoleptique

Tableau n° 04 : Problèmes courants de qualité de l'eau ⁽⁰⁴⁾

Arsenic	Problèmes de santé – l'ingestion d'eau potable ayant de fortes concentrations d'arsenic pendant une courte période peut rendre malade, p. ex., nausées, diarrhée et douleurs musculaires; à long terme, l'exposition à de faibles concentrations d'arsenic peut causer certains types de cancer.
Bactéries coliformes (coliformes totaux et <i>E. coli</i>)	Indique la présence possible d'organismes pouvant causer des maladies et une contamination possible de la source d'eau par l'eau de surface.
Chlorures	Goût salé, eau corrosive.
Dureté	Dépôts minéraux durs (tartre) dans les bouilloires et la tuyauterie, cerne dans la baignoire, dépôts de savon, forte consommation de savon.
Essence et/ou huiles	Goût et odeur désagréables, effets possibles sur la santé.
Fer	Taches rouges ou orange sur les vêtements ou les appareils

	sanitaires, goût métallique, particules de rouille après que l'eau a reposé quelque temps.
Ferro bactéries	Limon rouge ou brun dans la cuvette des toilettes, taches de fer, goût ou odeur désagréables.
Fluorure	Fluorose dentaire chez les enfants.
Manganèse	Taches noires sur les vêtements ou les appareils sanitaires, goût métallique/âcre dans le café et le thé.
Nitrates/nitrites	Problèmes de santé – syndrome du bébé bleu (eau utilisée dans les laits maternisés).
pH bas	Peut entraîner la corrosion des tuyaux (taches vertes dues à l'oxydation du cuivre) et la contamination de l'eau par le plomb des tuyaux, raccords en laiton ou parties de pompe.
Plomb	Problèmes de santé – cancer et problèmes neurologiques chez les nourrissons et les enfants. Provient habituellement de l'infiltration de plomb présent dans certains raccords de tuyauterie, raccords en laiton et parties de pompe; souvent associés à la corrosion ou à un bas pH.
Sodium	Hypertension artérielle.
Sulfates	Effet laxatif.
Sulfure d'hydrogène et/ou bactéries sulfatoréductrices	Odeur et goût d'œufs pourris, noircissement de l'argenterie; pires dans l'eau chaude.
Tanins et acides humiques	Peuvent rendre l'eau brune ou rougeâtre et lui conférer un goût/odeur désagréable.
Turbidité	Aspect trouble, sale ou vaseux. Peut avoir des effets négatifs sur la santé s'il s'agit d'une source d'eau de surface, ou si l'eau souterraine est sous l'influence directe d'eaux de surface.
Uranium	Problèmes de santé – dommages aux reins.

I.5. MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUE MTH

I.5.1. Maladies liées à la consommation de l'eau :

Dans la nature, l'eau est une source de vie car elle peut véhiculer en particulier un nombre de micro-organismes, bactéries, virus et parasites en tous genres qui y vivent et s'y développent ⁽⁴⁶⁾ ; Les principaux symptômes de toutes les maladies hydriques sont les suivants : diarrhées ou rarement constipations, crampes abdominales, fièvre et vomissements ⁽⁰²⁾.

A - Maladies d'origine bactérienne : Les eaux peuvent transmettre un certain nombre de maladies d'origine bactérienne. On les cite avec les différents germes en cause :

➤ **Choléra :** Maladie contagieuse d'origine bactérienne qui provoque des infections intestinales aiguës, dont les symptômes sont diarrhées fréquentes, vomissements incontrôlables, soif intense et une déshydratation rapide. Cette maladie peut entraîner la mort dans 80% des cas graves non traités ⁽⁶⁶⁾.

➤ **Fièvre typhoïde** : Fièvre d'origine bactérienne qui entraîne de la fièvre, des maux de tête, de l'anorexie, un ralentissement du rythme cardiaque, une augmentation du volume de la rate, la formation de taches roses sur le corps, une toux sèche et de la constipation. Cette maladie, qui peut être bénigne et asymptomatique, peut entraîner la mort dans 1% des cas ⁽¹⁶⁾.

➤ **Dysenterie** : Terme générique qui caractérise des maladies entraînant une diarrhée douloureuse et sanglante accompagnée de coliques, de nausées et de vomissements, dysenterie bacillaire ou shigellose (causée par diverses bactéries), dysenterie amibienne ou amibiase (causée par des amibes). Seule la shigellose peut entraîner la mort, les taux de mortalité peuvent atteindre 20%⁽⁶⁶⁾.

➤ **Diarrhées infectieuses**: Maladies causées par diverses bactéries et dont les symptômes sont des selles liquides, des vomissements et de la fièvre. En général, elles n'entraînent pas la mort ⁽¹⁶⁾. D'après un rapport de l'Organisation Mondiale de la Santé cinq millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination des aliments ou de l'eau de boisson ⁽²⁰⁾.

B- Maladies d'origine virale : Il est possible d'admettre que les virus isolés des eaux ont des caractéristiques telles qu'ils peuvent être considérés comme une entité propre dénommée hydro virus ⁽⁵⁰⁾ ; Aux côtés des maladies d'origine bactérienne, des maladies virales. On peut citer : la poliomyélite, les hépatites virales et entérovirus.

➤ **Fièvre paratyphoïde** : Maladie d'origine virale, cliniquement semblable à la fièvre typhoïde. Le taux de mortalité est toutefois plus faible ⁽⁶⁷⁾.

C- Maladies d'origine parasitaire : En plus des maladies d'origine bactérienne et virale, on trouve les épidémies d'origine hydrique dues à des parasites par exemple : l'ankylostomose, la dracunculose, le téniasis etc.... ⁽²⁰⁾.

D- Maladies liées au manque d'eau : L'absence ou la rareté de l'eau est à l'origine de nombreuses pathologies. L'hygiène défectueuse favorise la multiplication et la transmission des poux de la gale. Elle crée aussi des conditions favorables pour certaines pathologies cutanéomuqueuses ⁽²⁰⁾

E- Maladies liées à la présence de substance chimique dans l'eau : La fluorose qui est due à une intoxication chronique par le fluor. Le saturnisme qui est l'ensemble des manifestations dues à une intoxication par le plomb. L'hyperthyroïdie, et la methomoglobine provoquent des troubles graves, par altération de l'hémoglobine du sang et formation de metha-hemoglobine toxique pouvant conduire à l'asphyxie et la mort s'il n'y a pas de traitement ⁽²⁰⁾. La meilleure stratégie en matière de prévention des maladies à transmission

hydriques est la surveillance de la qualité de l'eau de consommation du captage jusqu'au consommateur en passant par la station de traitement, station de pompage, réservoir, réseau de distribution, afin de protéger la santé du consommateur ; Cette surveillance repose sur un programme de contrôle de la qualité de l'eau, et comporte 02 aspects importants :

- L'inspection sanitaire des ouvrages hydrauliques.
- Contrôle bactériologique de l'eau de consommation.

Cette surveillance est renforcée par une législation nationale s'appuyant sur des normes réglementaires et des codes de bonnes pratiques. ⁽³⁶⁾



L'eau en voyage

Comment rendre l'eau potable ?

Chapitre II:



**TRAITEMENT DE L'EAU
POTABLE**



II. DIFFERENTS TYPES DE POLLUTION DES RESSOURCES EN EAUX :

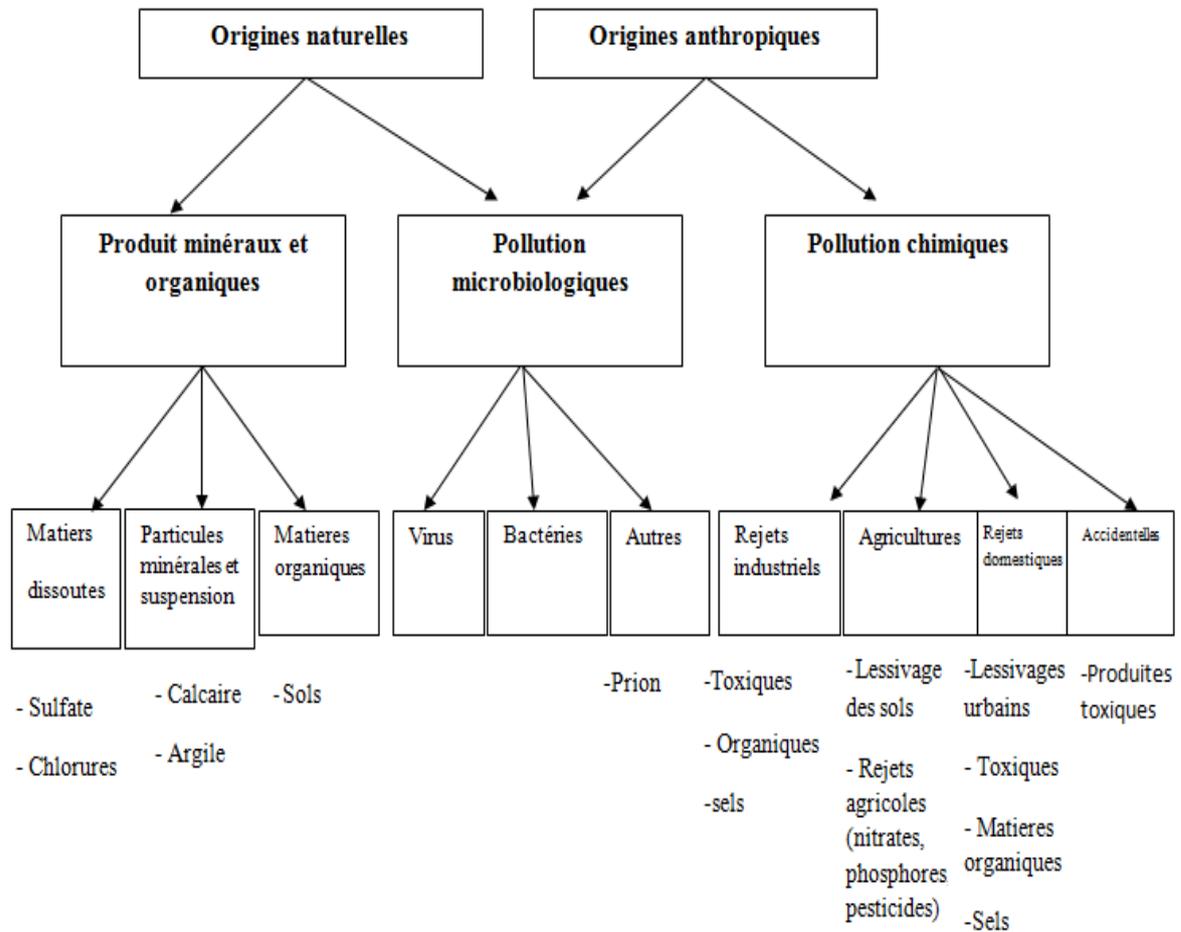


Figure n°03 : Différents types de pollution des ressources en eaux ⁽⁶⁸⁾

La pollution grandissante due aux activités humaines couplées aux changements climatiques augmente la vulnérabilité des eaux douces ⁽⁵³⁾ ; La contamination de l'eau potable par les nitrates peut entrainer des troubles d'oxygénation. ; Substances associées au traitement de l'eau et dans certains cas, la composition de certaines canalisations ;

Dans le processus de désinfection de l'eau, la toxicité de l'aluminium a été étudiée en relation avec la maladie d'ALZHEIMER qui influe sur la mémoire, et les matériaux utilisés dans la fabrication et l'installation des réseaux de distribution également de l'amiante ;

Le plomb retrouvé dans l'eau potable peut provenir de l'eau brute, mais surtout des soudures en plomb qui permettent de raccorder les tuyaux des résidences à la conduite principale ; Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) contenus dans l'eau potable

sont issus des enduits bitumineux recouvrant la face interne de certaines conduites en fonte. Certains HAP ont un potentiel cancérigène et ont été retrouvés à de faibles concentrations ⁽³⁶⁾.

II.1. LES DIFFERENTS TYPES DE TRAITEMENT DE L'EAU

L'objectif fondamental du traitement de l'eau est de protéger les consommateurs des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses pour la santé ; Qu'elles soient d'origine souterraines ou superficielles, les eaux utilisées pour l'alimentation humaine sont rarement consommables telles quelles. Il est souvent nécessaire de leur appliquer un traitement plus ou moins approprié ⁽³⁵⁾.

Une station de production d'eau potable doit fournir un produit qui satisfait à un ensemble de normes de qualité à un prix raisonnable pour le consommateur. L'efficacité du traitement adopté dépendra de la façon dont sera conduite l'exploitation de l'usine de traitement. Pour atteindre l'objectif souhaité, l'exploitant devra d'une part respecter certains principes élémentaires pour assurer le contrôle du processus de traitement et le contrôle de l'eau traitée, et d'autre part disposer d'un certain nombre de moyens technique et humains ⁽⁵⁵⁾.

Les filières classiques de traitement d'une station de potabilisation de l'eau est généralement constitué des phases suivantes :

- Prétraitement
- préoxydation
- Traitement de clarification
- Traitement de désinfection.
- Affinage.
- Traitements spécifiques

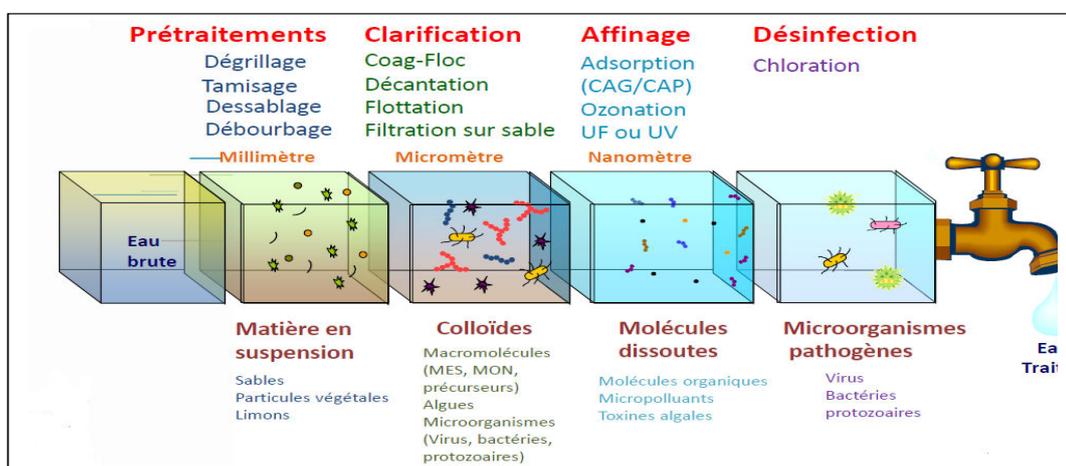


Figure n°04 : Les différents types de traitement de l'eau.

II.1.1. Prétraitement :

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques. Il est dessiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments, dont la nature ou la dimension constituerait un gêne pour les traitements ultérieurs. ⁽²⁹⁾

Les opérations de prétraitement peuvent comporter selon la qualité de l'eau brute, une ou plusieurs de ces opérations :

a- Le dégrillage : Dès la prise d'eau, l'eau passe à travers des grilles pour arrêter les corps flottants et les gros déchets ⁽¹⁹⁾ à pour but d'éliminer des matières volumineuses des eaux, à fin d'éviter les risques de colmatages, il est indispensable en tête de station d'épuration et dans les installations prélaient l'eau en rivière ⁽⁵⁴⁾ ; Il constitue donc le premier poste d'une unité de traitement. Il est caractérisé par l'écartement de ces grilles. Il est surtout utilisé pour les eaux de surface. ⁽²⁶⁾

b- Le tamisage : C'est un filtrage plus fin, à travers des tamis destinés à arrêter les déchets plus petits. (Toile à mailles croisées en acier inoxydable ou en tissu synthétique). ⁽⁵⁴⁾

c- Dessablage : son rôle est d'éliminer les particules denses à fin d'éviter une abrasion des ouvrages. Deux types sont usuels : le dessableur à canal et le dessableur tangentiel ⁽⁵⁴⁾

II.1.2. Préoxydation :

L'oxydation est une opération essentielle à tout traitement des eaux. Elle est toujours incluse en fin de fin de filière au niveau de désinfection. A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension.

L'oxydation, par des agents tels que le chlore et l'ozone, agit sur les métaux (fer, manganèse), sur les matières organiques et détruit ou inactive totalement ou partiellement les germes vivants, les virus et les bactéries ; Les procédés de substitution d'ions par échange d'ions sur des résines spécifiques sont utilisés pour la dénitrification et l'adoucissement de l'eau ; Celle-ci peut être faite de trois façons différentes: ^{(01), (29)}

- Ajout du chlore (préchloration).
- Ajout du dioxyde de chlore.
- Ajout d'ozone (préozonation).

a- La préchloration : est effectuée avant le procédé de clarification.

- b- Le chlore :** est le plus réactif et le plus économique, mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés du type chloroforme ou des composés complexes avec les phénols du type chlorophénol dont le goût et l'odeur sont désagréables, le chlore assure la destruction ou l'inactivation de nombreux microorganismes pathogènes.
- c- la préozonation :** est une solution de substitution à la préchloration, utilisé en désinfection finale, cette technique peut être mise en œuvre en oxydation. Elle peut aussi être employée pour l'amélioration de la clarification. Une préozonation est l'oxydation des matières organiques, et une élimination plus importante de la couleur, la diminution du taux de traitement (taux de coagulant) dans les procédés de clarification ⁽²⁹⁾

II.1.3 Traitement de clarification :

Clarifier une eau, c'est la débarrasser de toutes les particules colloïdales et en suspension qui ont échappé au prétraitement et qui communiquent à l'eau une turbidité et une couleur indésirable. Elle s'effectue par : Coagulation-floculation, décantation, filtration et flottation.

II.1.3.1. La coagulation-floculation

La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales ; Ces particules, qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Pour éliminer ces particules, on a recours aux procédés de coagulation et de floculation ^{(01), (22)}

a- La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, faciliter leur agglomération, en pratique ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion rapide de produits chimiques.

b- La floculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélange lent, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration ⁽²²⁾

II.1.3.2. La décantation :

Elle consiste à laisser déposer sous l'effet de la gravité les matières en suspension plus lourdes que l'eau (ou à provoquer leur dépôt) ⁽¹⁹⁾ de façon « naturelle » ou en le provoquant)

et permet d'extraire, par exemple, les graviers et les sables ou elle intervient après une coagulation-floculation ⁽²⁶⁾

II.1.3.3. La filtration :

C'est procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des matières solides en suspension en le faisant passer à travers un milieu poreux ; Les solides en suspension ainsi retenus par le milieu poreux s'y accumulent ; il faut donc nettoyer ce milieu de façon continue ou de façon intermittente ; habituellement précédée des traitements de coagulation, de floculation et décantation, permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs ⁽²²⁾ ; Elle est réalisée sur matériaux classiques (sables) ou adsorbants (charbons actifs en grains ou en poudre) ou sur membranes (microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration) ⁽¹⁹⁾.

a- Le filtre à sable

Utilisé pour des eaux faiblement coagulées ou pour des eaux floculées et décantées. Ces filtres peuvent être ouverts ou fermés sous pression ; Son installation est également facile, mais les traitements en amont doivent aussi être sous pression (inconvenient pour les traitements chimiques) ⁽²⁶⁾

b- Le charbon actif

C'est un matériau qui peut fixer à sa surface les molécules de façon plus ou moins réversible. Il est issu d'un traitement spécial des charbons naturels (anthracites ou tourbes) ou végétaux (noix ou noix de coco carbonisées) ; Les charbons absorbent la plupart des molécules organiques (notamment celles donnant du goût ou de l'odeur) ; On distingue deux types de matériaux :

- ❖ **Le charbon actif en poudre** : introduit en suspension (souvent avant la floculation et après la coagulation), il augmente les boues de traitement, et son cout est élevé s'il est utilisé en continu ⁽²⁶⁾
- ❖ **Le charbon actif en grains** : l'eau passe à travers ce filtre pour être débarrassée progressivement de ses polluants.

Son efficacité est en liaison avec les caractéristiques physiques du charbon (granulométrie, surface spécifique..). Il présente l'avantage d'une élimination poussée (notamment des hydrocarbures, des pesticides...) ⁽²⁶⁾

Il est régénérable (tous les quatre à cinq ans). Mais il permet un développement microbiologique ; Ce qui implique une désinfection en amont ; En cas d'arrêt de l'unité, il ya production de nitrites ⁽²⁶⁾

II.1.3.4. Les membranes

Les membranes de synthèse pour la potabilisation de l'eau constituent des barrières semi-perméables (symétriques ou asymétriques) à fines pellicules permettant de séparer deux phases (le concentrât et le per-méat). Le transport sélectif de matière d'un coté à l'autre s'effectue par filtration frontale ou par filtration tangentielle. ⁽²⁶⁾

II.1.3.5. La flottation

Dans certains cas, on préfère recourir à la flottation plutôt qu'à la décantation. Le procédé consiste à faire remonter le floc à la surface en utilisant de l'air sous pression. L'eau est soutirée au fond du bassin. La flottation peut se combiner à une ozonation (ozoflottation) pour traiter les eaux où la présence de micro-algues pose un problème spécifique. ⁽²⁶⁾

II.1.4. TRAITEMENT DE DESINFECTION

L'élimination des microorganismes constitue un objectif essentiel d'une chaîne de traitement d'eau potable. Si les filières de coagulation, clarification et filtration ne permettent pas une totale élimination, même s'ils constituent déjà des « barrières désinfectantes », celle-ci est effectuée par une étape de désinfection dans la station de traitement. ; Une post-désinfection (désinfection finale) est fréquemment employée afin de laisser un résiduel oxydant actif dans l'eau produite, qui limitera l'effervescence dans le réseau.

Le choix de procédé de désinfectant devra tenir compte :

- ✚ du pouvoir oxydant,
- ✚ de la capacité d'inactiver les microorganismes susceptibles d'être présents,
- ✚ de la stabilité de l'oxydant sous les conditions anticipées (pH, température, temps de séjour),
- ✚ des sous-produits que le désinfectant peut générer,
- ✚ des matériaux dans le réseau (risque de corrosion ou de réactions avec un oxydant fort),
- ✚ de la charge organique de l'eau qui va consommer l'oxydant durant son trajet dans le réseau.

En effet, l'élimination des substrats qui consommeront le désinfectant contribuera au maintien ou non du désinfectant résiduel.

Quatre types de désinfection sont couramment utilisés juste avant le réseau : le chlore, la chloramine, le dioxyde de chlore et les techniques membranaires ⁽¹⁷⁾.

II.1.4.1. La désinfection d'un réseau

La désinfection d'un réseau ou d'un élément d'un réseau de distribution a pour objet principal la suppression des causes d'altération de la qualité bactériologique de l'eau entre son point de captage ou de traitement et le lieu de consommation. Cette opération permet en outre d'éviter la formation de saveurs et d'odeurs désagréables. ⁽³⁶⁾

a- Choix de désinfectant

Les principaux produits susceptibles d'être utilisés sont le chlore et ses dérivés (hypochlorite **Figure n°05 : Le traitement de l'eau par ultrafiltration.** de sodium ou eau de javel, chlorure de chaux) ces produits sont les plus disponibles sur le marché. ⁽³⁶⁾

II.1.4.2. Inspection des opérations de désinfection :

Quand l'eau provient de sources ou de puits, la chloration est pratiquée dans le puits ou dans le réservoir de captage lui-même, au moyen d'un dispositif immergé simple ou d'un distributeur placé en surface. Dans le cas des forages, la chloration se fait généralement au niveau du tuyau d'aspiration. Dans les systèmes alimentés par des eaux de pluie ou des eaux de surface et utilisant la filtration rapide, la chloration se fait en général après la filtration (post-chloration). ⁽³⁶⁾

II.1.4.3. Nettoyage et désinfection des ouvrages d'alimentation

L'objectif de cette phase de traitement est la destruction des germes pathogènes en vue de l'obtention d'une eau bactériologiquement pure. On procède physiquement par l'addition de réactifs tels que le chlore et ses dérivés, l'ozone, le brome et l'iode.

a- Sources : La chambre de captage d'une source doit être désinfectée avant sa mise en exploitation ou après réparation. (une à deux fois par an et à chaque fois que ça nécessite).

b- Puits ordinaires (collectifs ou individuels)

Doit être nettoyé, désinfecter avant sa mise en service et après des réparations.

Et aussi une à deux fois par an et à chaque fois qu'il est nécessaire, par surchloration afin de neutraliser et en cas d'épidémie d'origine hydrique pour éviter toute contamination bactérienne.

c - Réservoirs : un réservoir doit être vidangé, nettoyé et désinfecté périodiquement.

La période à considérer varie avec la qualité de l'eau, la situation épidémiologique de la région ; Cette désinfection se fait une fois tous les 6 mois (environ 1 fois par an)

Après réparation avant la mise en exploitation. ⁽³⁶⁾

✚ **L'ozonation**, épurée, l'eau est soumise à une stérilisation par l'ozone, qui va oxyder les pollutions dissoutes et éliminer tous les micro-organismes dangereux.

✚ **La chloration** : L'ajout de chlore maintient une bonne qualité de l'eau tout au long de son parcours dans les canalisations ; L'eau est ainsi désinfectée ; Le chlore est le plus fréquemment utilisé comme désinfectant final, avant refoulement de l'eau dans le réseau ; il permet d'achever la désinfection de l'eau et de protéger le réseau contre les développements bactériens vu sont effet rémanent d'éliminer l'ion ammonium lorsque le taux de traitement atteint ce qu'on appelle le point critique ou break point. ⁽³⁶⁾

II.1.5. AFFINAGE

L'affinage a pour effet l'oxydation et la biodégradation des matières organiques et l'élimination ou l'absorption de certains micropolluants ; En outre, il améliore les qualités organoleptiques de l'eau (saveur, odeur, limpidité).

Des traitements spécifiques sont mis en œuvre lorsque cela s'avère nécessaire, pour éliminer telle ou telle substance ; Il existe une très grande diversité de ces traitements spécifiques. ⁽¹⁹⁾

II.1.6. TRAITEMENTS SPECIFIQUES

La plupart des substances visées par les normes de qualité de l'eau du robinet sont éliminées à l'une ou l'autre des étapes du traitement décrit précédemment. D'autres, cependant, exigent des traitements spécifiques ; Elles sont mis en œuvre lorsque cela s'avère nécessaire, pour éliminer telle ou telle substance ; Il existe une très grande diversité de ces traitements spécifiques ⁽¹⁹⁾

a- Les Métaux Lourds

La plupart des métaux qu'on trouve dans les eaux brutes proviennent de rejets industriels.

Ils y sont généralement présents sous forme ionique, et sont liés à des matières organiques. Pour les éliminer au cours de la phase de décantation-filtration, il faut les rendre insolubles ; La technique consiste à augmenter le pH avant filtration en même temps qu'on utilise un oxydant. Cette opération les transforme en hydrates insolubles.

- Le chrome exige une étape supplémentaire de traitement pour passer sous sa forme insoluble et être éliminé.
- Le fer et le manganèse dont la présence est la plus fréquente, notamment dans les eaux souterraines. Ils font l'objet d'un traitement biologique, fondé sur la capacité de certaines bactéries à produire des enzymes qui favorisent l'oxydation de ces métaux par l'oxygène de l'air. Cette oxydation permet de les éliminer par décantation ou par filtration.⁽¹⁹⁾

b- L'ammoniaque

L'ammoniaque est éliminée par un processus de nitrification-dénitrification qui se déroule en plusieurs phases : les ions ammonium sont d'abord oxydés et transformés en nitrites par des bactéries nitrifiantes sur un filtre à sable ou à charbon, puis les nitrites à leur tour sont oxydés en nitrates, qui sont enfin eux-mêmes éliminés.⁽¹⁹⁾

c- Les Nitrates

Les deux principaux traitements utilisés actuellement sont :

- ✚ la dénitratisation par résines échangeuses d'ions : l'eau à traiter traverse les résines.

Les ions nitrates sont échangés par des ions chlorures fixés sur la résine. L'eau dénitratée est mélangée avec de l'eau brute dans une proportion qui permet de respecter les objectifs de qualité ;

- ✚ la dénitrification biologique : elle utilise des micro-organismes cultivés en usine et qui agissent comme dans le milieu naturel, en transformant les nitrates en azote gazeux. ⁽⁶⁹⁾

d- Les Pesticides

Parmi les très nombreux pesticides utilisés par les pesticides azotés de la famille des triazines sont les plus préoccupants. Les traitements "classiques" éliminent 50 % de l'atrazine et de la simazine. Pour atteindre le taux fixé par les normes, il faut recourir à des traitements spécifiques.

On élimine ces pesticides en les traitant soit par adsorption sur charbon actif, soit en les oxydant à l'ozone, seul ou en combinaison avec le peroxyde d'hydrogène. ⁽⁶⁹⁾

e- Les micropolluants organiques

Cette catégorie de substances comprend notamment les solvants chlorés (exemple : le trichloréthylène) et les hydrocarbures.

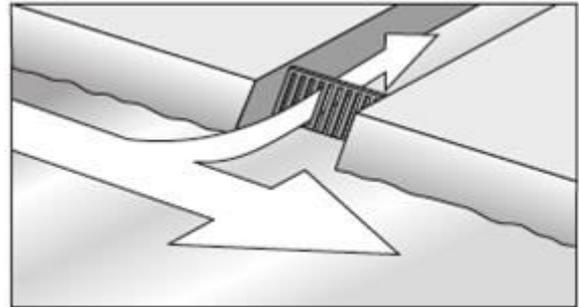
Trois groupes de procédés sont utilisés pour les éliminer :

- l'oxydation par l'ozone, éventuellement associé au peroxyde d'hydrogène ;
- le "stripping" (ou aération forcée des molécules volatiles) consiste à transférer dans l'air les composés organiques devenus volatils. Cette opération peut être effectuée en simple cuve d'aération, mais on obtient de meilleurs résultats dans un appareil spécifique, nommé tour d'aération ; l'air ainsi chargé d'éléments indésirables est ensuite filtré avant d'être rejeté dans l'atmosphère ;
- l'adsorption sur charbon actif (en poudre avant la phase de floculation, en grains comme matériau filtrant), qui permet d'éliminer un plus grand nombre de micropolluants que le stripping, mais dont le coût est de deux à trois fois supérieur. ⁽⁶⁹⁾

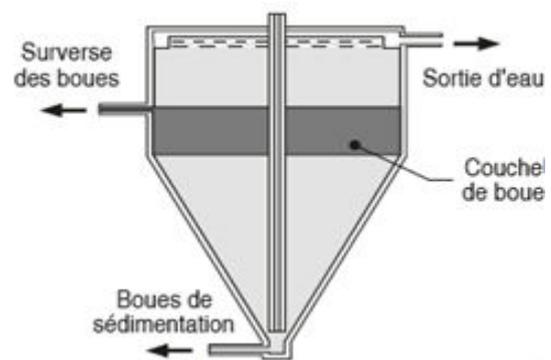
II.2. EXEMPLE D'UN SYSTEME DE TRAITEMENT ET DE DISTRIBUTION D'EAU ⁽⁴²⁾

a) **Source** : L'eau utilisée peut être une eau de surface ou souterraine. Il faut empêcher toute pollution à ce niveau pour réduire les besoins de traitement plus tard.

b) **Prise d'eau** : Un traitement de base peut être fait dès la prise d'eau au moyen de grilles ou d'un système d'aération. Une période de stockage lors de cette étape permet à certains solides de tomber au fond du bassin avant le traitement, ainsi que d'avoir une réserve d'eau minimale s'il y a un problème à la source (fuite de pétrole dans une rivière, etc.).



c) **Sédimentation/Clarification** Lorsque l'eau est stockée pendant longtemps, les solides sédimentent dans le fond du réservoir et une couche d'écume remonte à la surface. Ce processus peut être amélioré en mélangeant un agent coagulant dans l'eau (tel que le sulfate d'aluminium), pour que les plus petites particules s'assemblent (floculation) et se déposent plus rapidement sur le fond. L'eau peut circuler lentement, horizontalement ou verticalement, à travers un réservoir avec la formation d'une couche horizontale de sédiments.



d) **Filtration** : De nombreux types de filtres peuvent être utilisés.

✚ Les filtres de prétraitement : utilisent un massif filtrant composé de larges éléments et facilitent la décantation et la filtration au sein même du massif. Ils sont utilisés en amont dans la chaîne de traitement.

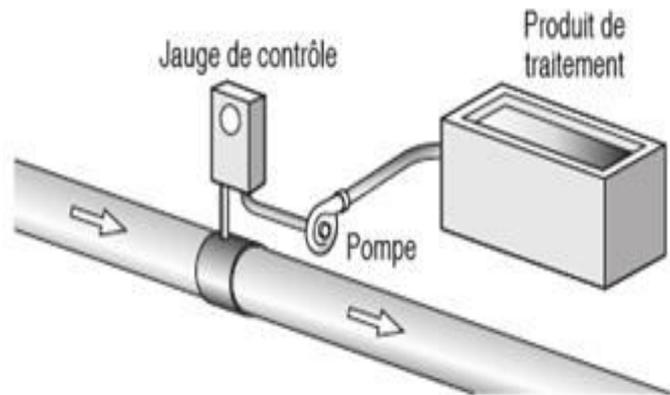
✚ Les filtres à filtration rapide par gravité : sont standards dans les opérations de traitement de l'eau. Dans ces filtres, l'eau décantée passe à travers une couche de sable à gros grains pour en retenir les particules fines.

✚ Les filtres à filtration directe : sont des filtres à filtration rapide qui n'ont pas besoin d'une étape de décantation au préalable. Ces filtres ont besoin de rétro lavages réguliers (backwash).

✚ Les filtres sous pression : fonctionnent dans une cuve sous pression. Dans certains cas, ces installations permettent de réduire le besoin de pomper l'eau, mais elles nécessitent des compétences opérationnelles précises.

✚ Les filtres à filtration lente sur sable : ont un massif filtrant fin et peuvent aussi réduire la teneur de l'eau en pathogènes. Ils sont simples à utiliser.

✚ Les filtres à filtration sur membrane : sont difficiles à utiliser mais permettent d'obtenir une très bonne qualité de traitement.



e) **Désinfection** : Ajouter du chlore dans l'eau tue les pathogènes et permet aussi de protéger l'eau contre une éventuelle re-contamination à l'intérieur du réseau ; Les systèmes avancés de dosage du chlore utilisent du chlore gazeux, mais il existe aussi des composés chlorés liquides ou solides qui peuvent être utilisés manuellement. L'eau traitée aura besoin d'être stockée pendant une certaine durée afin de permettre aux produits d'agir. L'efficacité de la chloration est plus faible pour une eau sale (turbide) ou pour une eau qui sera peut-être re-contaminée plus loin dans le réseau, la priorité doit donc être de conserver l'eau aussi propre que possible avant de la chlorer.



f) **Stockage de l'eau traitée** : L'offre et la demande en eau varie au cours de la journée ; des réservoirs sont utilisés afin de s'adapter à ces variations. Cela permet aussi d'avoir une source d'eau en cas d'urgence— incendie ou panne — dans la station de potabilisation.

g) **Distribution** : Une fois que la station produit de l'eau, cette eau peut être distribuée à la population. Des camions-citernes pourront être utilisés si le réseau est hors service.

II.2.1. RESUME DU PROCEDE DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

- 1 L'eau qui coule du robinet provient soit directement d'un captage, soit d'une usine de production d'eau potable.
- 2 L'eau pompée dans les nappes profondes subit une

- filtration et une chloration. L'eau prélevée dans les rivières ou les lacs est toujours traitée en usine pour devenir potable.
- 3 Plusieurs étapes de nettoyage sont nécessaires

- pour rendre cette eau propre à la consommation et améliorer sa couleur et son goût.
- 4 Ces étapes peuvent varier selon le niveau de pollution de l'eau pompée.

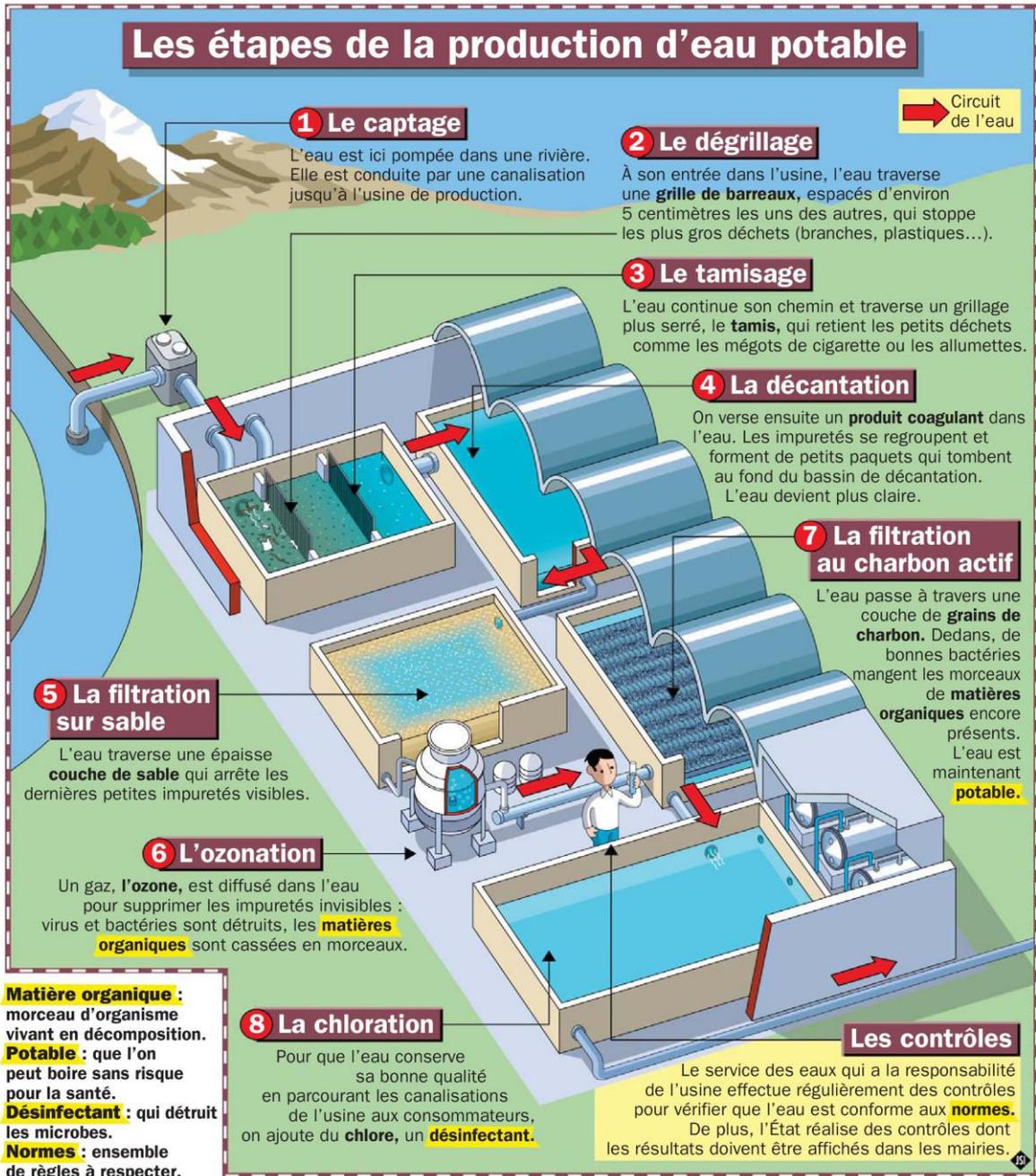


Figure n°05 : Les étapes de la production d'eau potable

II.3. LA SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'EAU POTABLE

L'intérêt d'une surveillance et d'un contrôle codifié et rigoureux de la qualité de l'eau de consommation depuis la source d'approvisionnement, quelque soit le type, au consommateur.

La Surveillance de la qualité de l'eau potable de boisson est une évaluation et la supervision continues de la salubrité des approvisionnements publics en eau de boisson, elle doit être au niveau de chaque élément du réseau, au niveau de la source, station de traitement, système de stockage, et système de distribution.

Elle est essentiellement une mesure sanitaire dont le but principale est de protéger la population contre les maladies à transmission hydrique. ⁽³⁴⁾

La qualité de l'eau distribuée par le réseau public est maintenue sous une surveillance permanente et rigoureuse, c'est-à-dire En effet, l'eau, élément fragile, peut en cas de dégradation être à l'origine de risques sanitaires ou d'épidémies.

- L'effectivité des mesures de protection de la ressource respect des prescriptions de l'arrêté de fixation des périmètres de protection des captages, ...
- Respecter les règles de conception et d'hygiène applicables aux installations de production et de distribution d'eau utilisation de matériaux autorisés, entretien, ...
- Mettre en œuvre les traitements appropriés et vérifier le bon fonctionnement des installations de production et de distribution et l'efficacité des traitements appliqués à l'eau produits et procédés de traitement agréés, surveillance en continu, ...
- Analyses régulières de la qualité de l'eau à des points choisis en fonction des dangers identifiés.
- de tenir à jour un fichier sanitaire recueillant l'ensemble des informations relatives au système de production et de distribution d'eau.
- de se soumettre au contrôle sanitaire réalisé sur l'eau et les installations par les services de l'état et aux règles de restriction ou d'interdiction d'usages définies par l'autorité sanitaire lors de la gestion d'évènements de non-conformité ⁽⁰⁵⁾

II.3.1. LA PROTECTION SANITAIRE

Quand le système est défectueux, ou que la pression chute dans la conduite maitresse, le risque d'infiltration d'eau éventuellement polluée augmente ; L'inspecteur sanitaire se chargera donc de repérer les différentes fuites dans le réseau ainsi que la présence ou non d'interconnexions, à l'origine d'infiltration d'eaux polluées ou contaminées. Un

dosage du chlore résiduel doit compléter cette inspection et ce à différents points du réseau, afin de s'assurer que la désinfection est satisfaisante. ⁽²⁶⁾

a- Spécifications pour les véhicules-citernes :

Les eaux de consommation humaine distribuées par un véhicule-citerne sont soumises à un traitement de désinfection par le chlore avant d'être mises à la disposition de l'utilisateur. La teneur en chlore résiduel libre doit être égale ou supérieure à 0,2 mg/l. Cette concentration mesurée au moins une fois par jour à la sortie de la citerne. ; La citerne d'un véhicule utilisé pour délivrer des eaux pour la consommation humaine sont adaptée uniquement pour le transport d'eau potable ⁽⁰⁵⁾

b- La qualité de l'eau produite :

L'eau potable ne doit pas faire courir des risques directs ou indirects pour la santé ; pour le producteur d'eau et le distributeur ceci nécessite des obligations de résultats sur le plan des paramètres de qualité de l'eau mais aussi des obligations de moyens que ce soit pour l'eau brute (où des normes sont dictées), l'implantation de périmètre de protection autour de la prise d'eau, un agrément de la filière de traitement et des réactifs employés, tout comme des matériaux, enfin une obligation d'entretien des ouvrages.

Dans tous les cas, la qualité de l'eau doit être garantie non seulement à la sortie de l'usine mais jusque chez le consommateur ; Pour assurer la stabilité de la qualité de l'eau distribuée et faire en sorte qu'elle « reste potable ». L'eau devra être parfaitement désinfectés, tous les équilibres seront ajustés et régulés de manière à éviter entartrage excessif, corrosion et dissolution de matériaux. ⁽¹⁷⁾

II.4. INSPECTION DES RESERVOIRS DE STOCKAGE DE L'EAU POTABLE

Les réservoirs servent à emmagasiner l'eau pour la consommation journalière, à fournir la pression nécessaire dans le réseau, à faire face aux variations horaires de la consommation, à constituer une réserve en cas d'incendie, et à permettre de réparer une conduite d'amenée sans interrompre la distribution ; Les réservoirs sont généralement situés sur des hauteurs et l'eau tirée par gravité et surélevés sont construits en béton armé ou en acier ; Les réservoirs implantés au niveau du sol sont construits en maçonnerie (en béton simple on armé)⁽³⁶⁾

Malgré toutes ces précautions, l'expérience internationale dicte que l'eau qui n'est pas contrôlée de façon continue et efficace ne doit pas être utilisée à des fins hygiéniques sans désinfection préalable ⁽³⁴⁾

II.5. LES TYPES DE CONTROLE

Les consommateurs souhaitent tout à la fois une eau potable, une eau non traitée, une eau agréable à boire, sans odeur de chlore et pas trop calcaire. Parallèlement, ils souhaitent de plus en plus avoir une information précise sur les contrôles effectués et sur leurs résultats ⁽²⁶⁾

Les responsables d'un système municipal ou privé de tous les systèmes sont obligés d'effectuer un contrôle de l'eau distribuée et devront fournir des échantillons à un laboratoire accrédité., se voient de plus obligés de respecter le contrôle sur place de la désinfection, soit à l'infrastructure de traitement avant l'entrée dans le système de distribution.

a- Le contrôle bactériologique

Le contrôle bactériologique consiste à contrôler les bactéries coliformes totales, notamment les bactéries coliformes fécales ou E. coli, et les bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives (BHAA), il est important de noter qu'au moins 50 % des échantillons doivent être prélevés aux extrémités du système de distribution afin notamment de mesurer les BHAA.

Une mesure du chlore résiduel est aussi requise sur place lors de chaque prélèvement de l'eau aux fins d'analyse des bactéries et le résultat doit être inscrit sur le rapport d'échantillonnage transmis au laboratoire accrédité ⁽⁰³⁾

b- Le contrôle physico-chimique

Le contrôle physico-chimique consiste à mesurer, dans le réseau de distribution, les 17 substances inorganiques et les 42 substances organiques. Ces substances ne peuvent dépasser les normes, c'est par ce contrôle que l'exploitant vérifie la turbidité de l'eau du système de distribution.

c- Le contrôle de la désinfection

Le contrôle de la désinfection n'est soumis qu'aux installations de traitement municipales et privées de plus de vingt personnes. Celui-ci, comparativement aux deux autres contrôles, doit être effectué après le traitement de filtration et de désinfection mais avant l'entrée dans le système de distribution, à l'aide d'équipements de mesures en continu qui sont présents à même les installations ⁽⁰³⁾; Le responsable de l'installation doit inscrire quotidiennement dans un registre, pour chaque période de quatre heures, la plus faible teneur en désinfectant résiduel libre mesurée le débit de l'eau et lorsqu'il s'agit d'eau de surface, la turbidité.

Le pH et la température de l'eau à la sortie de l'installation de traitement ou à la sortie de ce réservoir lorsque l'installation comporte un réservoir d'eaux désinfectées.

En cas d'urgence, tout système de distribution qui délivre de l'eau potable désinfectée doit être muni d'un équipement d'appoint afin d'assurer le traitement de désinfection en cas de panne de l'installation de traitement ⁽⁰³⁾. Pour prévenir tout risque de reviviscence bactérienne, un résiduel de désinfectant (chlore, dioxyde de chlore, monochloramines) est maintenu dans le réseau. ⁽⁷¹⁾

Malgré la présence de ce résiduel et le milieu constitué par l'eau potable, certaines bactéries s'adaptent à ce milieu et prolifèrent. La résistance des bactéries à ce milieu est due à leur organisation en biofilm, c'est à dire en microcolonies dispersées, situées à la surface des conduites d'adduction d'eau potable. La présence de ce biofilm bactérien au sein des réseaux de distribution d'eau potable peut être à l'origine de non-conformité lors du décrochage de ces biomasses fixées et peut constituer un abri aux bactéries potentiellement pathogènes. ⁽⁷¹⁾

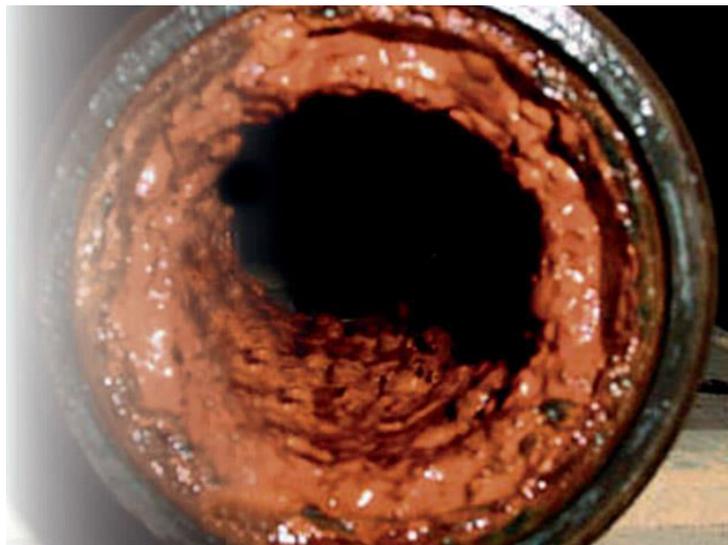


Figure n° 06 : formation de biofilms.



CHAPITRE III:

ETAT ACTUEL DU SYSTÈME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DANS LA VILLE DE BISKRA



III. GENERALITES :

Le réseau d'alimentation en eau potable constitue un patrimoine sur lequel les gestionnaires doivent agir pour adapter le service proposé aux attentes des abonnés, de plus en plus inquiets et exigeants, et aux contraintes réglementaires, de plus en plus fortes.

La plupart des villes algériennes connaissent au moins un problème lié à l'eau, soit en distribution (réseaux, réservoir de stockage) soit en approvisionnement (ressources, station de traitement, adduction) ou même en évacuation des eaux usées (système unitaire ou séparatif, réseaux, rejets et station d'épuration..).

Mettre à niveau le fonctionnement de l'infrastructure demande d'intervenir sur ses composants ; Les conduites de distribution d'eau, qui représentent en général 60 à 80 % de la valeur des réseaux se trouvent donc au centre d'une problématique de gestion technique dont les enjeux stratégiques, financiers et fonctionnels sont très importants.

Les facteurs naturels, démographiques et économiques se combinent pour créer les plus mauvaises conditions d'accès à l'eau potable. C'est ainsi, l'évaluation des systèmes d'eau potable permet de dégager un bilan sur l'état de santé de ce système et d'évaluer : - La gestion de la ressource - La satisfaction des usagers vis-à-vis de leurs besoins et de leurs exigences, - La sécurité de l'alimentation en eau potable en identifiant les points vulnérables et les risques présents ⁽⁴⁰⁾.

III.1. DESCRIPTION D'UN RESEAU D'AEP

Le réseau de l'A.E.P: c'est ensemble des ouvrages (installations) et appareillages à mettre en place pour traiter et transporter ces besoins en eau à satisfaire, depuis la ressource en eau jusqu'aux abonnés ; Un réseau d'eau potable doit être fiable et durable pour pouvoir répondre aux exigences des consommateurs (quantité et qualité optimales, dysfonctionnement minimaux) ; Le transport de l'eau de la source jusqu'au point de distribution se fait suivant une chaîne composée de plusieurs étapes : ⁽⁴¹⁾

a- Installations de captage : La source « captage » : Ensemble des ouvrages qui permettent de capter de l'eau (au niveau de la ressource en eau) et qui peut être : Une eau de surface telle qu'une rivière, source non captée sur place ; Retenue de barrage ; Une eau de profondeur telle qu'un puits ou forage, source captée sur place. ⁽⁴¹⁾

b- Installations de traitement : Ensemble des ouvrages qui permettent de traiter (rendre potable) une eau naturelle qui vient d'être captée ; Le traitement peut être très simple,

par exemple pour le cas d'une eau de profondeur; ou éventuellement complexe, et c'est le cas d'une eau de surface (cours de traitement des eaux potables).

c- Installations : l'adduction/ conduite d'amenée : Ensemble des conduites, ouvrages et appareillages permettant le transport de l'eau captée, jusqu'à son lieu de stockage au niveau du village ; Elle peut être gravitaire : lorsque la cote de captage de l'eau est largement supérieure à celle du stockage (au niveau du village). Par suite, l'eau coule dans des conduites sous pression et non à surface libre ; Comme elle peut être une adduction par refoulement (c'est à dire non gravitaire), et dans ce dernier cas, il faudra installer une station de pompage. La dite station de pompage se compose de : L'ensemble des pompes qui donnent l'énergie de pression nécessaire à l'eau pour être refoulée ; L'ensemble des moteurs qui font fonctionner (tourner) les pompes. Les accessoires nécessaires à la station de pompage tel que tableau de commande, antibélier... ; Le bâtiment qui abrite l'ensemble de ces appareils et pièces de rechange.

d- Installations de stockage : Ensemble des ouvrages du génie civil qui assurent principalement L'emmagasinement de l'eau dans le (ou les) réservoir(s). ⁽⁴¹⁾

e- Le réseau de distribution : C'est un ensemble de canalisation avec l'ensemble des équipements qui les accompagnent forment le réseau de distribution de l'eau stockée aux abonnés. La conception d'un réseau de distribution dépend de la configuration de l'agglomération ; ainsi ce réseau peut être ramifié, maillé, comme il peut être les deux à la fois, et sans oublier le cas des réseaux en étage. ⁽¹⁴⁾

 **Réseaux ramifiés :**

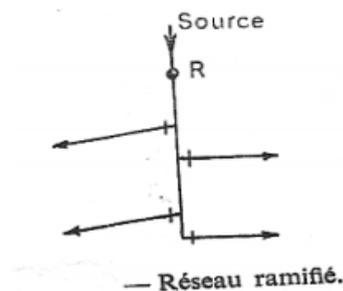


Figure n°07 : Réseau ramifié.

Il est composé de conduites qui vont toujours en se divisant à partir du point d'alimentation sans jamais se refermer. Ce réseau présente l'avantage d'être économique à cause du linéaire réduit des canalisations posées et du nombre moins important des

équipements hydrauliques mis en service. Ses principaux inconvénients résultent de l'absence d'une alimentation en retour dans les conduites : lorsqu'un arrêt se produit en un point quelconque, toutes les conduites placées en aval se trouvent privées d'eau. ⁽¹⁴⁾

✚ Réseaux maillés :

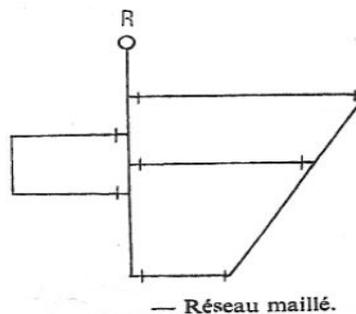


Figure n°08 : Réseau maillé.

Ils sont composés de conduites suivant des contours fermés permettant une alimentation en retour. Les risques de perturbation de service sont ainsi réduits. ⁽¹⁴⁾

✚ Réseaux étagés : Dans le cas d'une agglomération présentant des différences de niveau importantes, la distribution assurée par un seul réseau pose d'énormes problèmes d'exploitation (de très fortes pressions peuvent être enregistrées dans une partie du réseau). Il devient nécessaire de prévoir une distribution étagée en constituant deux réseaux indépendants pouvant assurer des pressions limitées ⁽¹⁴⁾

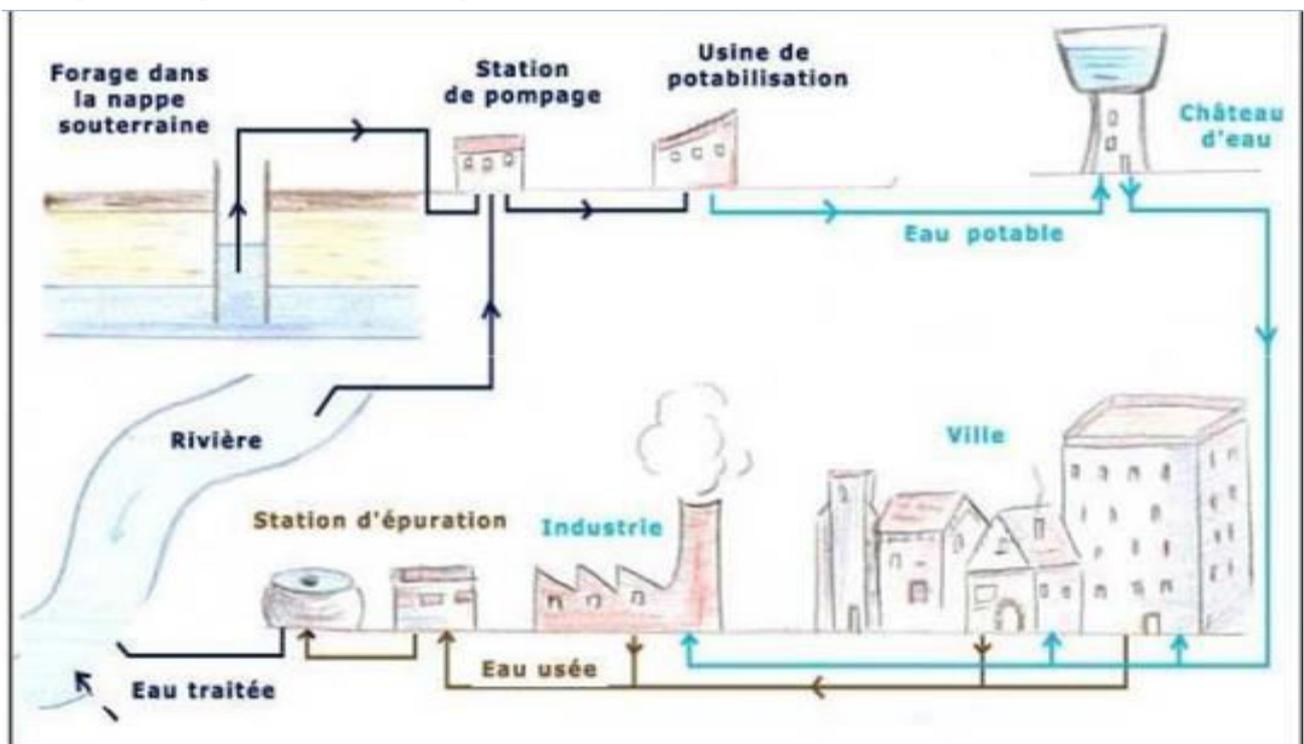


Figure n°09 : Un réseau AEP.

III.2. ETAT ACTUEL DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

DANS LA VILLE DE BISKRA

III.2.1. L'accès a l'eau potable :

Sur la base des données recueillies sur le terrain et le rapport d'exploitation du gestionnaire de l'année 2011, traçons l'épure résumant l'alimentation en eau potable de la ville de Biskra. ⁽⁵²⁾

Les ressources en eau potable, alimentant l'ensemble de l'agglomération de Biskra, les champs captant d'Oued Biskra et de Megloub constituent les ressources principales en eau potable. D'autres points d'eau se situant à l'intérieur même de l'agglomération contribuent au renforcement du débit mis en circulation.

Les eaux souterraines représentent l'unique ressource en eau potable dans toute la région de Biskra. La mobilisation de ces eaux se fait généralement au moyen de forage peu profond. ⁽⁴⁰⁾

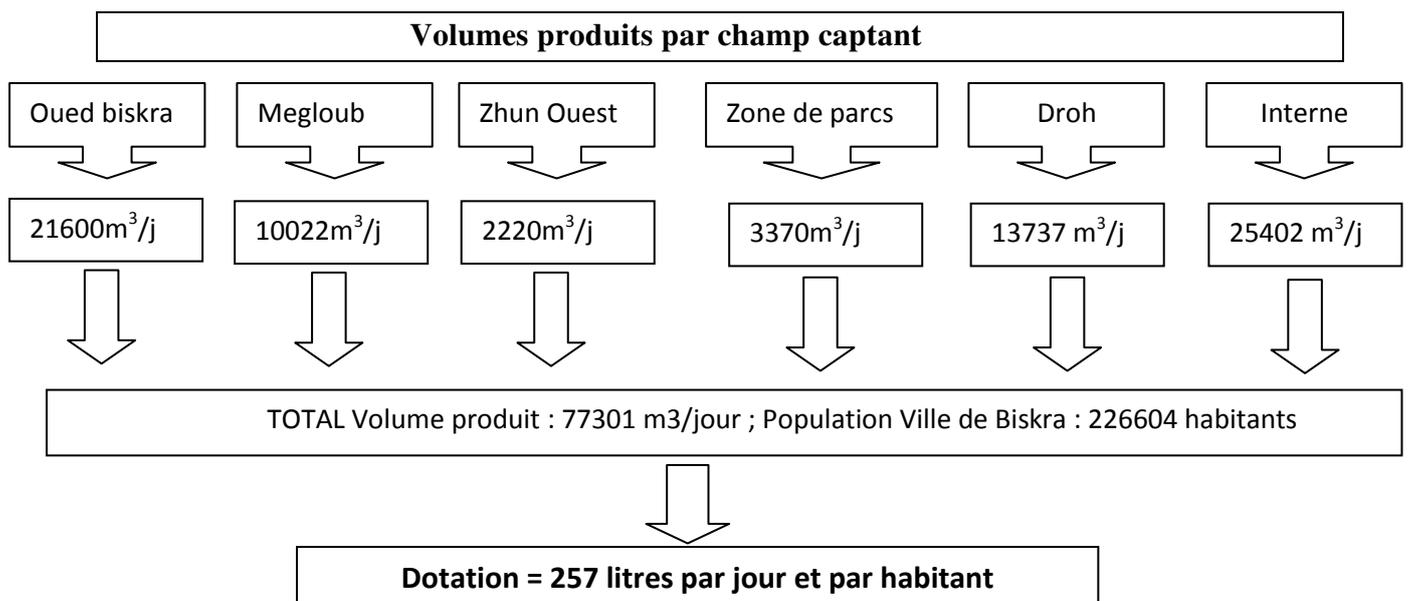


Figure n°10 : Les zones de production d'eau. ⁽⁵²⁾

III.2.2. Caractéristiques générales de l'AEP de la ville de Biskra :

- Nombre d'habitants RGP 2008 : 202 660 habitants
- Zones : Zone industrielle+Zone d'équipement+Zone des parcs
- Longueur du réseau AEP : Adductions=104690 ml ; distribution=292 685 ml
- Longueur du réseau rénové durant les 10 dernières années :

- Nombre d'abonnés : Avec compteur : 19423 ; Sans compteur : 16628
- Réservoirs de stockage : Nombre : 11 ; Capacité : 36150m³
- Nombre de vannes du réseau d'AEP manipulées quotidiennement pour assurer l'équilibre du réseau : 27. ⁽⁵²⁾

III.2.3. Système d'approvisionnement en eau potable : ⁽⁵²⁾

Actuellement, le réseau de la ville de Biskra est divisé en 6 grandes zones de distribution, la configuration générale de ce réseau est de type mixte :

- 1) Centre ville, Rivière Nord, Lotissement Ferhat, Lotissement Khobzi et Star M'louk, cette zone a un réseau type mixte (maillé et ramifié).
- 2) Rivière Sud, Zone Sud, (Vieux Biskra), le réseau est ramifié.
- 3) Zhun Ouest, le réseau est mixte.
- 4) 1000 logements, le réseau est ramifié.
- 5) Haï El Moudjahidine, le réseau est maillé.
- 6) El Alia Nord, El Alia Sud (Zone Est), le réseau est mixte (maillé et ramifié). ⁽⁵²⁾

En ce qui concerne l'état actuel du réseau et selon l'enquête qui a été faite par l'entreprise de gestion des eaux et de la direction d'hydraulique de la wilaya de Biskra (DHW), les données indiquent que l'état du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Biskra est critique vu:

- L'absence de plan d'exécution ou de recollement (implantation du réseau sans une étude technique).
- Distribution irrégulière des eaux à l'agglomération de Biskra.
- Emplacement des conduites d'AEP à un niveau inférieur à celui de la conduite d'assainissement et surtout dans le vieux Biskra (Problème d'infiltration des eaux usées dans les conduites d'AEP).
- Certaines conduites tertiaires ont parfois été posées par des comités locaux (Vieux Biskra) ; L'absence de regards de vannes de sectionnement à certains carrefours. ⁽²⁸⁾

III.2.4. Les indicateurs techniques : ⁽⁵²⁾

A. La production :

L'alimentation en eau potable dans la ville de Biskra s'effectue actuellement à partir de 04 champs captants (Champ captant Oued Biskra, Champ captant Megloub, Champ captant Oued Zmor et Champ captant Droh) et d'un ensemble de forages injectés directement dans le réseau.

A.1- Le champ captant Oued El Hai :

C'est le champ captant le plus ancien et le plus important. Il comprend 14 forages, dont 12 sont en exploitation, 01 forage destiné à l'irrigation et l'autre devra être équipé incessamment. (ANNEXE : 20)

Moudjahidine (3000 m³) ; El Alia 1 (3000 m³) et El Alia 2 (3000 m³).

A.2- Le champ captant interne

Ce champ captant regroupe 23 forages répartis comme suit (ANNEXE : 21) :

1. Champ captant interne Zone des Parcs composé de 03 forages
2. Champ captant interne Oued Zmor composé de 04 forages
3. 16 forages internes.

A.3- Le champ captant interne Oued Zmor :

Ce champ captant alimente la ZHUN Ouest de la ville de Biskra. Sa création et sa mise en service durant le quinquennal 2005 – 2009 a permis de soulager une population de plus de 30 000 habitants du besoin en eau potable. Notons que toutes les dispositions ont été prises pour assurer un véritable confort en moyen de débit et de pression. (ANNEXE : 22)

A.4- Le champ captant Megloub

Le champ captant EL Megloub est composé de 06 forages. Créé en 1983 dans le cadre du renforcement de l'AEP de la ville de Biskra. (ANNEXE : 23)

A.5- Le champ captant Droh :

Ce champ captant, caractérisé par la bonne qualité de ses eaux, est composé de 10 forages dont 08 sont actuellement en service.

Les 02 autres forages non exploités jusque là connaissent pour le premier l'amenée de l'énergie électrique et le second l'équipement en GEPI. (ANNEXE : 24)

Tableau n°10 : Récapitulatif ⁽⁵²⁾

Désignation du champ Captant	Nombre de forages en exploitation	Volume produit (m ³ /jour)
Champ captant Oued El Hai	12	21600
Champ captant Megloub	06	10022
Champ captant interne	16	25402
Champ captant Oued Zmor	04	2220
Champ captant zone des parcs	03	3370
Champ captant Droh	08	13737
Total	41	77301

B - La distribution ⁽⁵²⁾

B.1 - Les réservoirs et les stations de pompage :

Ces équipements sont nécessaires pour assurer un débit et une pression satisfaisants assurant un meilleur confort au consommateur.

Les réservoirs utilisés pour la répartition de l'eau potable à travers la ville de Biskra sont répartis comme suit :

Tableau n°11 : Réservoirs AEP de la Ville de Biskra.

Réservoir	Nature	Capacité (m ³)	Etat de l'ouvrage
Baatouche	Semi enterré	5000	Moyen
Rodari N°2	Semi enterré	5000	Bon
Hai El Moudjahidines	Semi enterré	3000	Moyen
El Alia N°1	Semi enterré	3000	Moyen
El Alia N°2	Semi enterré	3000	Bon
Zhun Ouest N°1	Semi enterré	5000	Bon
Zhun Ouest N°1	Semi enterré	5000	Bon
Droh	Semi enterré	3000	Bon
Camping	Sur élevé	1000	Bon
Zone Des Parcs	Sur élevé	150	Mauvais
		36150	

NB : -Réservoir surélevé 1000 m³ et le forage dépend de l'amenée de l'énergie électrique par la SONELGAZ.; -Réservoirs 2 X 2000 M³ Hammam Salihine en cours de réhabilitation.

B.2- Les réseaux : adductions et distribution ⁽⁵²⁾

Tableau n°12: Adductions

Nature des matériaux	Diamètre (mm)	Linéaire total (ml)	Etat des conduites (%)			OBS
			Bon	Moyen	Mauvais	
Amiante Ciment	500	23000	95	5	0	
Fonte	500	25350	100	0	0	Amenée Droh
Amiante Ciment	400	3000	95	5	0	
Amiante Ciment	300	1500	85	15	0	
Amiante Ciment	250	1850	90	10	0	
Amiante Ciment	200	2977	85	15	0	
Amiante Ciment	150	5774	90	10	0	
Amiante Ciment	125	6029	85	15	0	
P, E, H, D	125	2700	100	0	0	Champ captant ZHUN Ouest
Amiante Ciment	100	5894	85	15	0	
Amiante Ciment	80	5126	85	15	0	
P, E, H, D	200	19390	100	0	0	Champ captant Droh
P, E, H, D	160	2100	100	0	0	
		104690				

La ville de Biskra est approvisionnée à partir de deux principaux champs captant ainsi que par un nombre important de forages à l'intérieur de la ville.

C. Réseau de distribution ⁽⁵²⁾

La ville de Biskra est découpée en six grandes zones de distribution. Ce découpage tient compte de la géographie, de la topographie ainsi que des extensions de l'urbanisme et du développement des diverses activités de la région. Les zones issues de ce découpage sont:

- ✚ Zone A : Centre ville, quartier nord de la rivière, lotissement Ferhat, lotissement khobzi et Star M'louk.
- ✚ Zone B : Quartier sud de la rivière, vieux Biskra
- ✚ Zone C : Z.H.U.N Ouest Zone D : Quartier des 1000 logements.
- ✚ Zone E : Haï El Moudjahidine
- ✚ Zone F : El Alia nord, Z.H.U.N Est (El Alia Sud).

1) Configuration générale du réseau de distribution

La configuration générale du réseau de distribution d'eau potable de la ville de Biskra est présentée sur la base du type de réseau, du nombre de mailles et ramifications ainsi que des grandeurs des diamètres qui le constituent. (ANNEXE : 25).

2) Réservoirs de stockage

Les réservoirs de stockage répartis sur le territoire des trois localités principales de la région de Biskra ont une capacité totale de stockage d'environ 15000 m³ dans la ville de Biskra, 3000 m³ à Tolga et 2400 m³ à Sidi-Okba. Ces capacités sont normalement largement dépassées par les volumes importants des besoins ce qui explique le recours des gestionnaires locaux à procéder à des injections directes dans les réseaux de distribution.

III.3. LA SITUATION DE LA GESTION DE L'EAU, RESEAUX DE DISTRIBUTION, IMPACT ET CONSEQUENCES EN ALGERIE

Nul n'ignore que l'eau est un enjeu majeur pour toute la planète, que les ressources deviennent rares et fragiles et qu'il est désormais vital de promouvoir toutes les initiatives en termes de stratégie et de politique de développement. Ainsi en Algérie, les ressources en eau limitées, vulnérables et inégalement réparties, subissent depuis plus de deux décennies les effets néfastes de la sécheresse et de la pollution.⁽⁴⁴⁾

L'accroissement brutal des besoins, les retards enregistrés dans les programmes de mobilisation et de transfert et l'absence d'outils de planification et de gestion, ont généré des situations de déficit chronique, et se sont répercutés de façon négative sur le développement socio-économique de notre pays.⁽⁴⁴⁾

Face à cette situation, et afin de relever les défis que posent les problèmes de l'eau en Algérie, la priorité vient d'être accordée au secteur des ressources en eau, dans le cadre du plan de relance économique.⁽⁴⁴⁾ Un cadre juridique ambitieux et clair la gestion du secteur de l'eau en Algérie relève principalement de la loi relative à l'eau (loi n°05-12 du 4 août 2005).⁽³²⁾ La gestion de l'eau en Algérie pose un sérieux problème aux autorités et les ressources disponibles sont en deçà des besoins.

✚ La vétusté des réseaux d'adduction et la capacité de stockage déficiente entravent la bonne distribution de l'eau aux consommateurs.

✚ La dotation journalière par habitant reste faible par rapport aux normes internationales, car les instruments de gestion de l'eau ne sont pas efficaces ; En ce qui

concerne la dotation en eau par habitant par jour, il est impossible de faire une comparaison avec les normes de l'OMS, qui offre 250 litres par jour et par habitant. ⁽³³⁾

a) Problèmes rencontrés dans un réseau d'A.E.P :

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'A.E.P ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de compteurs, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. ⁽²⁷⁾

b) Problème de gestion des réseaux d'A.E.P en Algérie :

A ces problèmes s'ajoutent des problèmes de gestion du réseau. Ces différents problèmes causent le mécontentement des consommateurs qui réagissent en déposant des plaintes sur les différents services (quantité insuffisante, qualité médiocre, interruption de l'alimentation, etc.) au niveau des services concernés. ⁽²⁷⁾

Les différents problèmes survenant dans un réseau d'alimentation en eau potable peuvent être classés en trois grandes catégories :

- ✚ - Induisant les ruptures et les casses,
- ✚ - Induisant les fuites,
- ✚ - Induisant la dégradation de la qualité de l'eau.

Les problèmes de gestion des réseaux algériens sont très divers :

- ✚ -Méconnaissance des besoins en eau des populations.
- ✚ - Entretien quasi-nul des canalisations et de leurs accessoires.
- ✚ - Coupures d'eau fréquentes.
- ✚ - Fuites non répertoriées.
- ✚ - Interventions trop lentes sur les fuites.
- ✚ - Personnel insuffisant et non qualifié.
- ✚ -Inexistence de pompes de secours au niveau des stations de pompage. ⁽²⁷⁾

Les besoins en eau dans les centres urbains sont en croissance continue ; La distribution de l'eau se fait par un système de canaux et de conduites, et dans toutes les villes du pays, le problème du stockage local se pose avec acuité ; La quasi-totalité des réservoirs est archaïque, voire en état de délabrement. ⁽¹¹⁾

D'une manière générale, le système de distribution souffre de cassures incessantes. Dans les vieux quartiers, les cassures sont dues aux travaux de canalisation qui n'en finissent jamais (téléphone, gaz, assainissement) soit à la corrosion des conduites.

Dans les nouveaux quartiers collectifs ou individuels, la situation est plus préoccupante. ⁽³³⁾

Le développement socio-économique et l'urbanisation rapide ont eu un impact néfaste sur la qualité des ressources en eau ; L'assainissement ne se fait pas, les consommateurs payent l'eau chaque trimestre et les frais de consommation sont inégalement répartis entre les usagers de l'eau, et les conséquences de cette réalité font ressortir les faits suivants :

- ✚ Le réseau de distribution devrait faire l'objet d'un plan de rénovation en relation avec son développement dans les nouvelles cités.
- ✚ Les conduites doivent être protégées des infiltrations accidentelles des eaux usées et il est souhaitable que les canalisations ne contiennent que les conduites de l'eau potable.
- ✚ Le problème de pression est à étudier pour chaque quartier en tenant compte des rampes et de la hauteur des constructions.
- ✚ La dotation en eau doit être équitable ; Les localités mal desservies ont droit à une amélioration quantitative ; Les normes de l'OMS seraient un objectif à atteindre. ⁽³³⁾

Des mesures draconiennes devraient être développées pour parer toute pollution de l'eau de distribution, et les aspects qualitatifs doivent être traités simultanément avec les aspects quantitatifs. ⁽³³⁾

III.3.1. LE RENOUVELLEMENT DES RESEAUX

C'est également un facteur de la dégradation de qualité. Le réseau national de distribution d'eau possède actuellement une moyenne d'âge d'environ cinquante ans, ce qui correspond à peu près à leur durée de vie.

Non seulement c'est un problème sur le plan du développement des micro-organismes et celui des polluants, mais de plus cela augmente le risque de casse avec intrusion de terre ou autre matériau. Trop vétustes, beaucoup de réseaux ne permettent pas d'assurer une qualité conforme au robinet, même avec les traitements en amont adéquats. ⁽²⁶⁾

III.3.1.1. Surveillance et entretien :

La surveillance et l'analyse des états physiques, hydrauliques et d'encrassement du réseau permettent de mieux appréhender les problèmes qui surviennent dans le réseau. Cela consiste à :

- Faire un entretien périodique (visite, graissage, révision) des organes mécaniques des appareils de fontainerie ;
- Vidanger et purger les régulateurs de pression ;
- Vérifier le bon fonctionnement des ventouses ;
- Resserrer les presse-étoupe des vannes.

III.3.1.2. Entretien des réseaux d'A.E.P :

L'entretien du système de distribution d'eau vise plusieurs objectifs comme le maintien d'un service fiable, d'une eau de bonne qualité et de coûts d'opération minimum.

III.3.1.3. Entretien des réservoirs : Cela consiste à faire :

- Une analyse de la qualité de l'eau ;
- Vidange et nettoyage de l'ouvrage au moins une fois par an. Ces opérations doivent être suivies de désinfection de l'ouvrage et d'un contrôle de la qualité de l'eau après remise en eau de l'ouvrage ;
- Des travaux de génie civil : ces travaux concernent la dégradation du béton et les défauts d'étanchéité.
- Réparation des équipements détériorés (vannes, clapets de vidange, flotteurs, etc.)⁽²⁷⁾

III.3.1.4. Entretien des adductions et du réseau de distribution :

Les travaux d'entretien du réseau de distribution et de l'adduction concernent les conduites et tous les accessoires qui les accompagnent. Ces travaux sont :

- Surveillance et entretien
- Actions de réductions des pertes.⁽²⁷⁾

III.3.1.5. Actions de réduction des pertes en eau :

Pour réduire les pertes en eau dans l'adduction et dans le réseau de distribution, deux actions sont nécessaires pour l'exploitant ; la première, la plus importante est la recherche et la réparation des fuites. La seconde plus ou moins importante est le comptage.⁽²⁷⁾

III.3.1.6. Recherche et réparation des fuites :

La maîtrise des pertes dans un réseau de distribution d'eau potable est une tâche complexe et la gestion de fuites est un critère de performance pour les services de distribution d'eau.⁽⁵¹⁾ Trouver, quantifier et gérer les fuites est un défi pour la plupart des systèmes d'approvisionnement en eau existants. Elles représentent souvent la plus importante cause des pertes dans le système et peuvent atteindre jusqu'à 30 % de l'eau captée, même dans les systèmes bien gérés. Plusieurs méthodes ont été développées afin de permettre la détection des fuites et même leur localisation avec une précision plus ou moins grande. Ces méthodes sont classées en trois catégories :- Méthodes de recherche à grande échelle- Méthodes acoustiques - Méthodes modernes

✚ **Réparation des fuites** : Après la détection des fuites, on procèdera à sa réparation.

✚ **Le comptage** : Une partie considérable des pertes d'eau est due au sous comptage, une bonne gestion des compteurs à la production et au niveau des abonnés s'impose. ⁽²⁷⁾

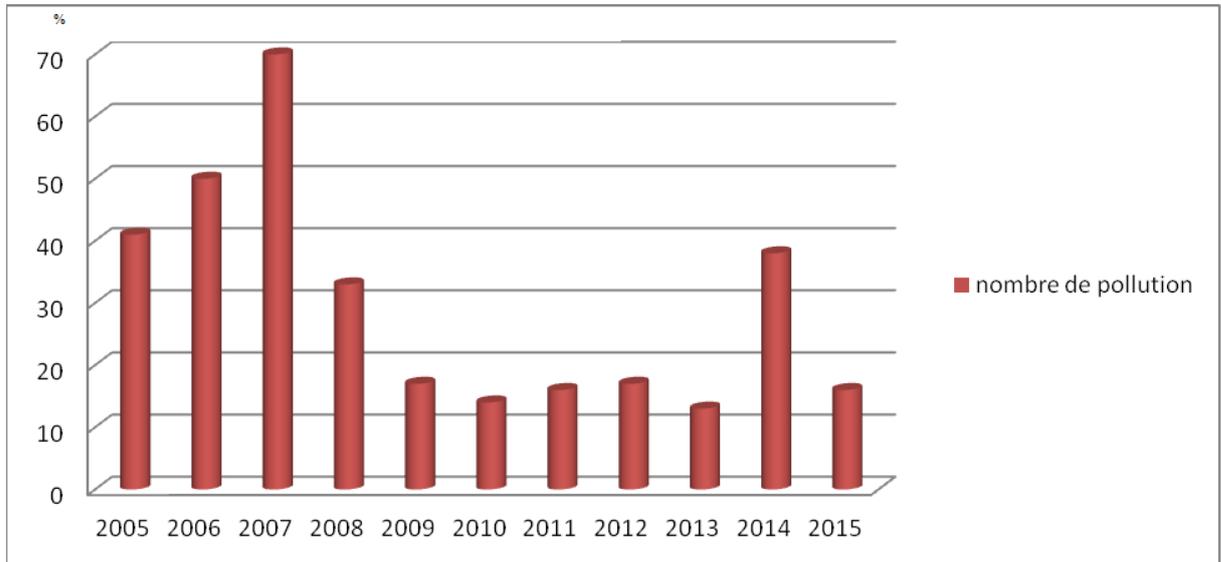
✚ **Le gainage plastique** : Cette méthode est très intéressante dans la cas où la canalisation est très endommagée, et son remplacement pose trop de difficultés ou de perturbations d'exploitation. Cette méthode utilise deux procédés : Utilisation des tuyaux en chlorure polyvinyle PVC, et/ ou de polyéthylène haute densité HD.⁽²⁷⁾

III.4. EVOLUTION DES CAUSES DE CONTAMINATION DES EAUX POTABLES DURANT QUATRE ANS A BISKRA VILLE : ⁽⁵²⁾

Tableau n° 14 : Comparaison des rapports des causes de contamination des eaux potables durant quatre ans à Biskra Ville de 2012/2015. (Source APC – Biskra)

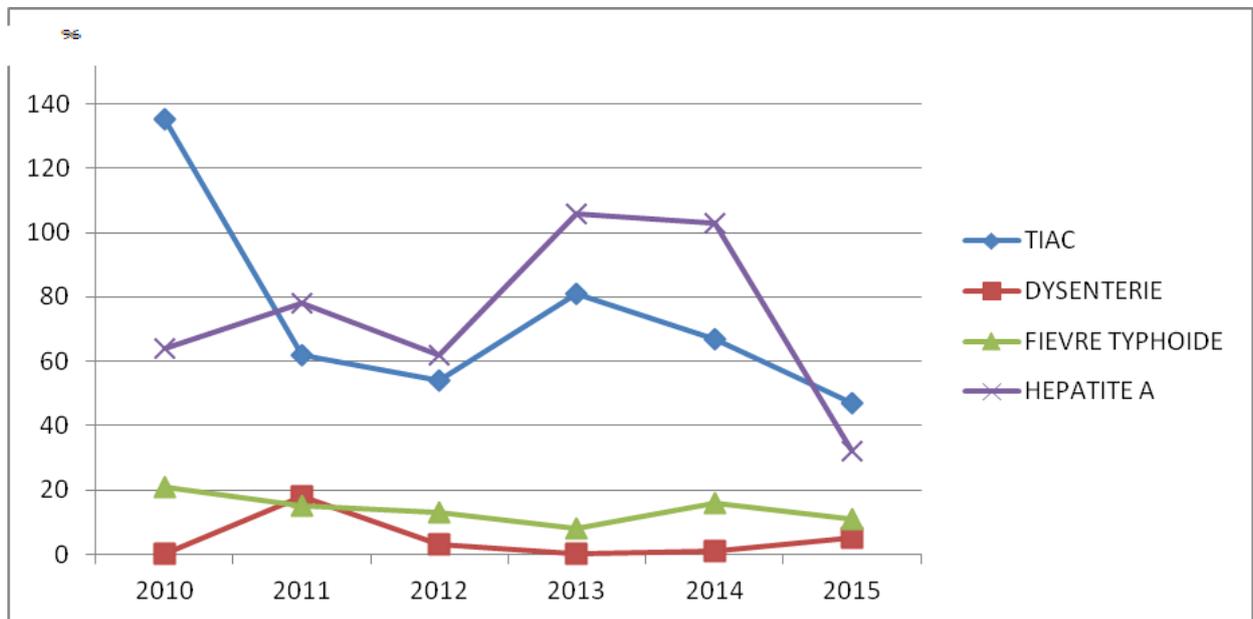
Causes	2012	2013	2014	2015
épuisement et vieillissement de réseau de drainage	7	7	10	14
Erosion et vieillissement de réseau de drainage	5	6	-	7
Connexions aléatoires: AEP+AEU	4	-	-	3
Colmatage réseau de drainage	13	7	27	20
Réfraction de Réseau de drainage	8	1	6	8
Problèmes techniques	5	-	1	2
Immergèrent des Caves de bâtiments	3	2	2	6
Travaux de pavage	1	-	-	1
Réfraction de Réseau potable	2	1	12	7
Travaux de renouvellement du réseau de drainage	1	-	8	2
Travaux de renouvellement du réseau d'eau Potable	-	-	8	2

III.5. EVOLUTION EPIDEMIOLOGIQUE DES MTH DANS LA VILLE DE BISKRA : ⁽⁵²⁾



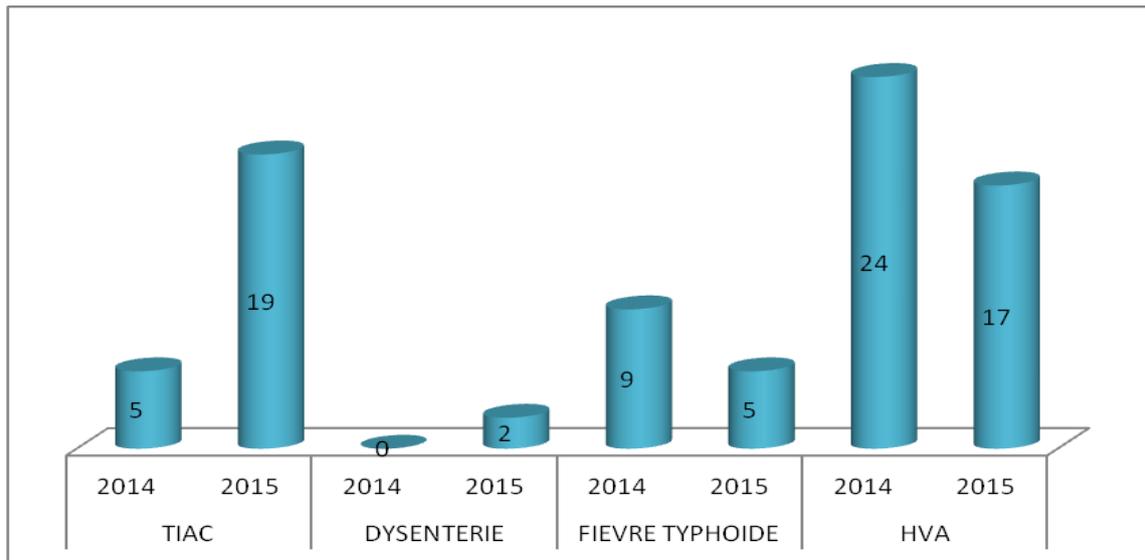
Graphe n°01 : Histogramme de l'évolution de pollution de l'eau Biskra ville de 2005 à 2015

(Source DSP - Biskra)

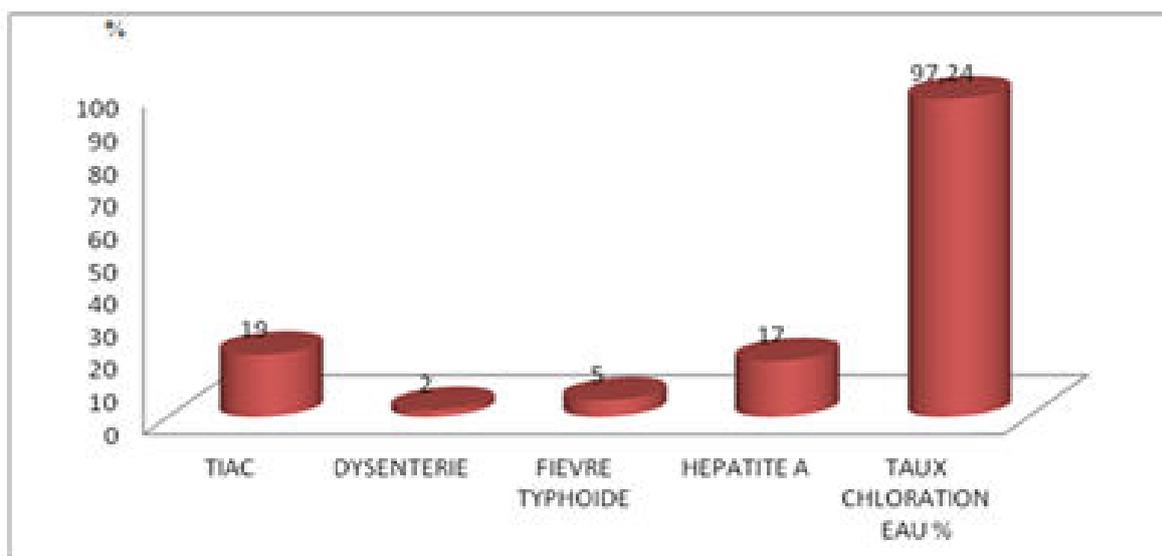


Graphe n°02 : Histogramme de l'évolution des maladies transmises de 2010 à 2015

(Source DSP - Biskra)



Graphe n°03 : Histogramme de Situation Epidémiologique des MTH - Biskra Ville Année 2015/2014 (Source DSP – Biskra)



Graphe n°04 : Histogramme de Situation Epidémiologique des MTH - Biskra Ville Année 2015 (Source DSP – Biskra)

Remarque : On signale que les graphes n° 01, 02, 03 et 04 nous renseignent sur l'évolution des maladies transmises par l'eau et épidémiologique due par l'évolution de pollution de l'eau dans la ville de Biskra et suite à la conséquence de nombreux causes de contamination des eaux potables durant quatre ans à Biskra ville de 2013/2015 dûmes mentionnés dans le tableau n° 14 (Source APC – Biskra)⁽⁵²⁾

III.6. LES PRINCIPAUX FACTEURS GENERATEURS DES MALADIES A TRANSMISSION HYDRIQUES : ⁽⁵²⁾

Selon l'OMS, il existe une corrélation entre le taux de mortalité et le niveau d'hygiène d'un pays ; Dans les pays développés, la chloration de l'eau de boisson a été entreprise dès 1900, ce qui a permis de diminuer et d'éradiquer les MTH.

1) La non conformité des réseaux d'AEP et d'assainissement, ceci a été favorisé par :

- l'insuffisance voire l'absence du contrôle technique des services de l'hydraulique à toutes les étapes (l'étude, la conception, le suivi, la réalisation et la réception).
- la pénurie de certains matériaux essentiels comme la fonte.
- l'insuffisance voire l'absence de professionnalisme chez la majeure partie des entreprises locales chargées de la pose de ces réseaux stratégiques.

- l'empiètement des tâches et prérogatives entre plusieurs institutions et organismes: DUCH, SUCH, OPGI, EPIC de l'eau, entreprises publiques et privées de construction, divisions et subdivisions de l'hydraulique, etc. Cet empiètement et cet enchevêtrement sont d'actualité car tout le monde est responsable et personne n'est responsable.

2) Le développement de l'habitat précaire, l'absence de réseaux d'AEP et d'assainissement contrôlé engendre une multitude de modes d'approvisionnement de ces populations en eau qui sont autant de risques de contamination et donc de foyers épidémiques non maîtrisables (non seulement MTH mais d'autres maladies comme la méningite, la tuberculose, les MST, le RAA, les maladies sociales et psychiques favorisées par l'absence de cadre de vie et par la promiscuité).

3) L'utilisation de procédés techniques non adaptés à notre pays, les vides sanitaires et les gaines techniques ont été à l'origine de nombreux foyers épidémiques importants.

4) L'insuffisance voire l'absence des schémas des ramifications des réseaux d'AEP et d'assainissement.

5) Les pollutions accidentelles des interconnexions (cross-connexions) entre les réseaux de l'AEP et les réseaux d'assainissement.

6) L'exploitation et l'entretien corrects des systèmes d'adduction d'eau potable et d'assainissement revêtent une importance capitale pour réduire les MHT et les risques pour la santé de la population.

7) Urbanisation rapide et désordonnée : non approvisionnement en eau potable et non respect de l'évacuation hygiénique des eaux usées, et concentration des rejets d'eaux usées d'origine urbaine dans les oueds ou la mer, constitue une menace pour la qualité des ressources en eau et pour l'environnement.

III.6.1. Indicateurs du problème : ⁽⁵²⁾

a. Indicateurs démographiques : l'évolution démographique a engendré de nouvelles demandes en infrastructures socio-économiques, éducatives, sanitaires et une grande demande en eau potable.

b. Indicateurs géographiques : le taux d'urbanisation est passé de 31,4% en 1966 à 52,2% en 1995 ; En 2020, l'Algérie atteindra le niveau d'urbanisation des pays développés (75%), la demande du traitement des eaux usées urbaines va aller en augmentant.

c. Indicateurs financiers et sociaux des MTH : la prise en charge des MTH constitue un lourd fardeau économique par rapport au coût de leur prévention.

d. Indicateurs de l'environnement : la demande en logements et le surpeuplement et la non application des normes d'urbanisation a généré de multiples problèmes d'alimentation en eau potable et d'assainissement créant ainsi des quartiers insalubres ; Dans cet habitat précaire, l'absence de réseau d'AEP et d'assainissement contrôlés engendre une multitude de modes d'approvisionnement en eau de ces populations, qui sont autant de facteurs de risques de contamination et donc de foyers épidémiques de MTH non maîtrisables.

NOTRE QUALITÉ DE VIE
DÉPEND DE LA QUALITÉ
DE NOTRE EAU



Chapitre IV:

PARTIE EXPÉRIMENTALE



IV. MATERIELS :

L'aboratoire de l'A D E contient deux services, un service pour les analyses physico-chimiques, et l'autre pour les analyses bactériologiques, ils existent dans les services bactériologique et physico-chimique les matériels suivant :

a) Laboratoire bactériologique :

1. Des membranes de filtration
2. Haut bactériologique
3. Réfrigérateur



(02) (BIO II 12 N° SERIE 13290 ADS LAMINAIRE)

4. Etuve (KB53 N°SERIE7000T ,0027 BINDER)
5. Milieu de culture
6. Des boites de pétries
7. Pompe à vide (N86KN18 D-79112FREIBURG KNF neuberger)
8. Bain marie (N°SERIEB231310 WB M15 FLAC)
9. Bec benzène
10. Loupe bactériologique
11. Rampe de filtration (A5 60015 N°REF : 10444850 6 PLACE DE FILTRATION SCHLEICHER)
12. Autoclave (N°SERIE 40014150 AUTESTER-F 75DRY PV)



(06)



(09)



(10)



(11)



(12)

b) Laboratoire physico-chimique :

12. Distillateur (N° SERIE 01/504 BASIC/p H4 PURE – HIT STILL)
13. Popinel (ED115 N°SERIE 7001T, 0026 BINDER)
14. Haut chimique (LAM 12CA N° SERIE13251 ADS LAMINAIRE)
15. Agitateur (N° SERIE A225001 F30 FALC)
16. Multiparamètres portable (HANNA INSTRIMENT HI25550)
17. PH – mètre (HANNA INSTRIMENT)
18. Digitale Thermomètre (utilisé à prélèvement)
19. Spectrophotomètre (5U5707-141021-00 MECASYS)
20. Balance analytique (GR 1200-EC N°SERIE 14267374 AND)



(12)



(13)



(16)



(17)



(18)



(19)



(20)

IV.1. MODES DE PRELEVEMENTS ET METHODES D'ANALYSES

L'étude expérimentale consiste à effectuer la collecte de l'eau présumé potable destinée à la consommation humaine au sein de quatre quartiers différents de la ville de Biskra (Alia Nord, Ancien Biskra, Cors et Cité el Oued).

Puis ces échantillons d'eaux sont soumis à des analyses bactériologiques et physicochimiques réalisées au sein du laboratoire de l'ADE Biskra.

Le travail expérimental se déroule comme suit :

- Prélèvement, échantillonnage
- Analyses et interprétation.

IV.1.2. Prélèvements :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate nécessite un grand soin. L'échantillon doit être homogène, représentatif et sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau.

➤ Les échantillons sont pris dans des flacons en verre de 250 ml et 150 ml stérilisés, s'ils font l'objet d'une analyse bactériologique et pour l'analyse physico-chimique.

➤ Pour analyser les éléments minéraux on a utilisé : des flacons de 250 ml en verre blanc. Ces flacons ont été traités à l'acide chlorhydrique (50%), rincés avec de l'eau du robinet puis avec de l'eau distillée, égouttés, fermés sans être séchés. Deux types de prélèvement ont été effectués pour cette étude :

a - Prélèvement pour analyses bactériologiques :

➤ des flacons en verre blanc de 250 ml, stérilisés dans l'autoclave à 120 C° pendant 20 min. On met une petite quantité de thiosulfate de sodium dans les flacons avant la stérilisation, on laisse donc l'eau couler pendant un certain moment au voisinage d'une flamme puis on remplit les flacons. Après le prélèvement, les échantillons sont transportés dans une glacière à une Température de 4C°, en évitant le maximum de contact avec la lumière, car la variation de ce dernier est susceptible de modifier la population bactérienne.

Au moment du prélèvement, on flambe le robinet, on laisse couler l'eau pendant quelques minutes tout en gardant la flamme allumée à côté du robinet, puis on ouvre le flacon en prenant soin de ne pas contaminer l'échantillon ⁽⁴³⁾, on le remplit au 1/4 de son volume et on referme immédiatement le flacon dans les conditions aseptiques requises jusqu'au moment de l'analyse. La teneur des échantillons en coliformes peut se modifier entre le moment du

prélèvement et celui de l'examen. Il est important donc de procéder à l'analyse le plus tôt possible après le prélèvement, de préférence dans l'heure qui suit.

b - Prélèvement pour analyses physico-chimiques :

Les flacons utilisés ne sont pas stérilisés. On laisse couler de l'eau pendant quelques minutes, on rince trois fois le flacon avec de l'eau à analyser puis on fait les prélèvements en remplissant le flacon jusqu'au bord et on referme le flacon de telle sorte qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Après le prélèvement, le flacon doit lisiblement être étiqueté, puis mis dans une glacière et envoyé sans retard au laboratoire accompagné d'une note portant tous les renseignements nécessaires, le transport des échantillons se fait à une température de 4°C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permettant d'assurer une conservation satisfaisante.

IV.1.3. Analyses organoleptiques:

Les paramètres organoleptiques de l'eau doivent être appréciés au moment du prélèvement :

- **Test de la couleur :** a été évaluée par observation oculaire de plusieurs bouteilles et flacons remplies d'eaux prélevées.

- **Test de l'odeur et de la saveur :** L'odeur a été évaluée par simple sensation olfactive et la saveur est décelée par dégustation qui exige à rincer la bouche avec l'eau distillée avant chaque dégustation.

IV.1.4. Analyses physico - chimiques

La caractérisation des eaux souterraines concerne essentiellement l'analyse des paramètres de base (pH, température, conductivité), des ions majeurs et d'éventuels éléments traces.⁽⁵⁰⁾ Les méthodes d'analyses utilisées pour le dosage des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont variées et diverses. La majorité ont été effectuées par spectrophotométrie pour les paramètres physico-chimiques.

Tableau n°15 : Détermination des paramètres physico-chimiques.

Paramètres à analyser	Méthodes	Références
Azote ammoniacal NH ₄	Spectrophotométrie $\lambda = 655\text{nm}$	ISO 7150/1-1984 (F)
Nitrites NO ₂	Spectrométrie d'absorption moléculaire à la sulfanilamide $\lambda = 543\text{ nm}$	ISO 5667
Nitrates NO ₃	Spectrométrie au salicylate de sodium $\lambda = 420\text{nm}$	NF-T90-012
Phosphate	spectrophotométrie au molybdate d'ammonium $\lambda = 880\text{nm}$	ISO 6878
Fer	spectrophotométrie à la phénanthroline $\lambda = 510\text{nm}$	(ISO 6332 1988 F)
Sulfate	spectrophotomètre UV visible. $\lambda = 420\text{nm}$	(une méthode Allemande)
Dureté totale	Méthode titrimétrique à EDTA	ISO 6058
Alcalinité	Méthode titrimétrique à l'acide chlorhydrique	NFT 0-036
Matières organiques	l'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO ₄) en milieu acide	NF-T90-050
Chlorures	Méthode de MOHR	ISO -9297
Résidus secs	Evaporation à 105 °C	NA 6356

IV.1.5. Analyses électrochimiques :

Pour toutes les analyses électrochimiques (TDS, Salinité, conductivité, température), nous avons utilisé un multiparamètre de type « HI 2550 pH / ORP & EC /TDS/ NaCl Mètre».

Nous avons utilisé un pH Mètre « HI 2211 pH / ORP Mètre HANNA Instruments » cet appareil doit être étalonné avant chaque prise d'essai à l'aide de deux solutions étalons (pH 4 et pH 7), Les valeurs peuvent être lues directement sur l'appareil après l'avoir ajusté pour chaque paramètre.

A - Mesure de la conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm, elle est l'inverse de la résistivité électrique.

L'unité de conductivité est le Siemens par mètre (S/m).

La conductivité électrique d'une eau s'exprime généralement en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La relation entre la résistivité et la conductivité est la suivante:

$$\text{Résistivité}(\Omega.\text{cm}) = \frac{1000000}{\text{conductivité}(\mu\text{S}/\text{cm})}$$

Principe :

Mesure de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (Pt) (ou couvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

Si R est la résistance de la colonne d'eau en ohms.

S sa section en cm^2 et l sa longueur en cm.

La résistivité électrique en ohms-cm est

$$P = R \cdot S/l$$

La conductivité électrique en S/ cm est :

$$V = 1/P = 1/R \cdot l/S$$

$\frac{l}{S}$ Est appelé constante de l'élément de mesure. ⁽⁵²⁾

- Le résultat est donné directement en $\mu\text{S}/\text{cm}$. (ANNEXE : 01)

B - Mesure du pH

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène $[\text{H}^+]$ présent dans l'eau ou les solutions. La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (Calomel - KCl saturé). Plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. Le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ . (ANNEXE : 02). ⁽⁵²⁾

IV.1.6. Analyses volumétriques :

A - L'alcalinité (Méthode titrimétrique à l'acide chlorhydrique)

L'analyse de l'alcalinité est basée sur le principe de la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré.

Puisque tous nos échantillons ont un $\text{pH} < 8,3$, ce qui correspond à un $\text{TA}=0$ (cas des eaux naturelles), nous avons mesuré que le TAC, en titrant l'eau à analyser (100 ml) additionnée de deux gouttes de méthyle orange avec l'acide chlorhydrique jusqu'à coloration jaune orange.

Donc la concentration de bicarbonate $[\text{HCO}_3] = V (\text{H}_2\text{SO}_4) * C (\text{H}_2\text{SO}_4) * M (\text{HCO}_3) . PE$

$$[\text{HCO}_3] = V (\text{H}_2\text{SO}_4) * 61 \text{ mg/l}$$

$V (\text{H}_2\text{SO}_4)$: volume nécessaire de H_2SO_4 pour une concentration donnée.

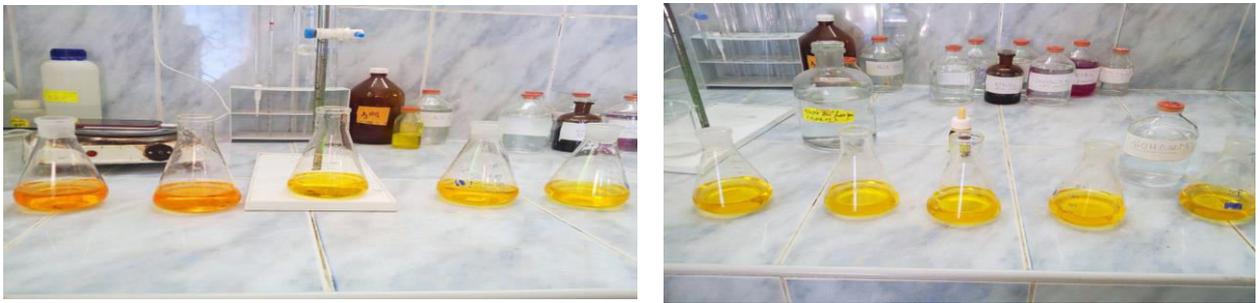
$C (\text{H}_2\text{SO}_4)$: concentration molaire de H_2SO_4 (0.1M)

$M (\text{HCO}_3)$: masse molaire de bicarbonates (g).

PE : prise d'essai.

B - Détermination de TAC et HCO_3

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence bicarbonates, carbonates et hydroxydes.



Photos n° 01: Détermination de TAC et HCO_3 .

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux niveaux de $\text{pH} = 8.3$ et 4.3 , le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC), soit :

$$[\text{TAC}] = (V_A - V_B) * 4 * M (\text{CaCO}_3) / V_t = \text{mg/CaCO}_3$$

V_A : Volume d'acide versé.

V_B : volume d'acide versé avec le blanc.

V_t : Volume d'acide versé avec l 'NaOH (0.02M)

$M \text{CaCO}_3^-$: masse des carbonates calcium =100g/mole

Remarque : Si le pH de l'échantillon est supérieur à $8,3$; titrer jusqu'à cette valeur (volume d'HCl obtenu correspond au (CO_3^{2-}) puis continuer le dosage jusqu'à pH de $4,3$ noter le volume V_{A2} .

$$[\text{CO}_3^{2-}] = V_{A2} \times 60 \text{ mg/l (ANNEXE: 03).}^{(52)}$$

C - La dureté totale : Méthode titrimétrique à EDTA

Procéder au titrage molaire des ions calcium et magnésium avec l'EDTA à $\text{pH} = 10$

(à cette valeur le complexe EDTA-Mg est plus stable).

L'utilisation aussi du noir eriochrome T(NET) qui donne une couleur rouge foncée ou violette en présence des ions Ca^{2+} et Mg^{2+} .

La somme des concentrations en Ca^+ et Mg^+ a été dosée par complexométrie dans un échantillon d'eau de (50ml) en présence de (2ml) de NH_4OH et de deux gouttes de NET, puis titrage avec l'EDTA jusqu'au virage de la couleur vers le bleu. ⁽³¹⁾

$$\text{Ca}^+ = V_{\text{EDTA1}} * 40,08$$

$$\text{TH} = V_{\text{EDTA2}} * 100$$

$$\text{Mg}^+ = (V_{\text{EDTA2}} - V_{\text{EDTA1}}) * 24,32$$

D - Détermination de dureté totale et de calcium :

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique(EDTA) à pH 10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur. (ANNEXE : 04). ⁽⁵²⁾

La détermination du mg/l de Calcium est donnée par la formule suivante:

$$\text{D'où: } [\text{Ca}^{2+}] = V_1 * C_{(\text{EDTA})} * F * M_{(\text{Ca}^{2+})} / \text{P.E} * 1000 = (\text{mg/l})$$

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$C_{(\text{EDTA})}$: Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{(\text{Ca}^{2+})}$: Masse molaire du calcium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

F : Facteur de concentration de titre d'ETDA (Facteur de dilution).

$$[\text{Ca}^{2+}] = (V_1 * 0.01 * F * 40,08 / 50) * 1000 = \text{mg/l}$$

$$\text{Donc : } [\text{Ca}^{2+}] = V_1 * F * 8.016 \text{ mg/l}$$

La détermination du mg/l de Magnésium est donnée par la formule suivante:

$$[\text{Mg}^{2+}] = ((V_2 - V_1) * C_{(\text{EDTA})} * F * M_{(\text{Mg}^{2+})} / \text{P.E}) * 1000 = (\text{mg/l})$$

D'où :

V_2 : Volume total d'E.D.T.A

V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

$C_{(\text{EDTA})}$: Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l).

$M_{(\text{Mg}^{2+})}$: Masse molaire du Magnésium en g.

P.E : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage).

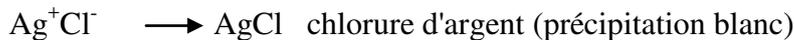
F : Facteur de concentration de titre d'ETDA

$$[\text{Mg}^{2+}] = ((V_2 - V_1) * 0.01 * F * 24.3 / 50) * 1000 = (\text{mg/l})$$

$$\text{Donc : } [\text{Mg}^{2+}] = (V_2 - V_1) * F * 4.86 \text{ mg/l}$$

E - Dosage des chlorures (Cl⁻) (Méthode de MORH)

Réaction des ions chlorurés avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage (ANNEXE : 05).



$\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{Ag}^+ \longrightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4$ chromates d'argent (précipitation rouge) durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation ⁽⁵²⁾

La concentration de chlorure sera calculée selon l'équation suivante :

Expression des résultats :

$$[\text{Cl}^-] = V_{(\text{AgNO}_3)} * C_{(\text{AgNO}_3)} * F * M_{(\text{Cl}^-)} / \text{P.E}$$

$$[\text{Cl}^-] = V_{(\text{AgNO}_3)} * F * 71 = (\text{mg/l})$$

$V_{(\text{AgNO}_3)}$: volume d'AgNO₃ nécessaire pour une concentration donnée

$C_{(\text{AgNO}_3)}$: concentration molaire d'AgNO₃ (0.01N)

$M_{(\text{Cl}^-)}$: masse molaire de chlorure g/mol

P.E : prise d'essai

F: facteur de correction du titre de nitrates d'argent

$$F = 1 / V_{(\text{AgNO}_3)}$$

F - Détermination des résidu-sec (Méthode Evaporation à 105 °C)



FIGURE 11 62 : LA RESIDU-SEC .

La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le

résidu correspond alors aux matières dissoutes. Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé ; (ANNEXE : 06).

Mais Les eaux contenant des matières en suspension (turbides) doivent être filtrées.

Expression des résultats : Les résultats sont donnés en mg/l.

$$(PP - PV) 10 * 1000 = \text{mg/l de RS}$$

D'où PP : est le poids plein de la capsule.

PV : est le poids vide de la capsule.

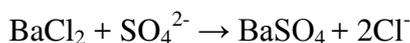
G - Dosage du Manganèse :

Le dosage doit être pratiqué immédiatement après le prélèvement car il a tendance à s'oxyder rapidement, à précipiter et à se fixer sur les parois du récipient. Dans le cas contraire, acidifier l'échantillon au moment du prélèvement. (ANNEXE : 07)

IV.1.7. ANALYSES SPECTROPHOTOMETRIQUES :

A - Détermination des sulfates (Méthode spectrophotomètre UV visible)

Les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de Baryum en présence de BaCl₂. (ANNEXE: 08)



Expression des résultats : la valeur lue sur le spectrophotomètre en (mg/l).

B - Dosage des nitrates NO₃⁻ (Méthode Spectrométrie au salicylate de sodium)

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

☞ **Détermination des nitrates :** (ANNEXE : 09) ⁽³¹⁾

C - Dosage des nitrites NO₂⁻ (Méthode Spectrométrie d'absorption moléculaire à la sulfanilamide)

Les nitrites réagissent avec la sulfanilamide pour former composé un diazoïque qui après copulation avec le (N-1) naphthéthylénediamine dichloride donne naissance à une coloration rose.

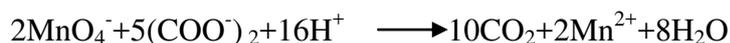
☞ **Détermination des nitrites :** (ANNEXE : 10) ⁽³¹⁾

D - Dosage de la matière organique : Méthode l'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO₄) en milieu acide



Photos n° 03 : La matière organique.

L'oxydation par un excès de KMnO_4 , en milieu acide et à l'ébullition, des matières oxydables contenues dans l'échantillon. Réduction de l'excès de permanganates par l'oxalate de sodium en excès et titrage en retour de l'excès d'oxalate par le permanganate de potassium.



La détermination des matières organiques a été réalisée par l'oxydabilité au permanganate de Potassium (KMnO_4) en milieu acide.

☞ Détermination de la matière organique (ANNEXE : 11)

Expression des résultats :

L'indice permanganate(X) de l'échantillon, exprimé en milligrammes d'oxygène par litre est donné par l'expression suivante:

$$[\text{M.O}] \text{ mg/l} = (V_1 - V_2 / V_3) * (C/V_s) * V_4 * F * 16$$

D'où :

V_1 : Volume KMnO_4 à 2mmol/l (échantillon).

V_2 : Volume KMnO_4 à 2mmol/l (blanc : H_2O distillée).

V_3 : Volume de la solution de permanganate de potassium utilisé pour le titrage de la solution de permanganate de potassium.

V_4 : Volume de la solution d'oxalate de sodium utilisé pour le titrage de la solution de permanganate de potassium.

C : La concentration de la solution d'oxalate de sodium à 5mmol/l

V_s : Volume de la prise d'essai de l'échantillon.

F : Facteur de dilution éventuel de l'échantillon avant analyse.

D'où : $V_4 = 20\text{ml}$

$V_s = 100\text{ml}$.

$C = 5 \text{ mmol/l}$

L'expression devient :

$$[M.O]mg/l = \frac{V_1 - V_2}{V_3} * f * 16$$

E - Dosage des phosphates PO₄³⁻ (Méthode spectrophotométrie au molybdate d'ammonium)

Formation milieu en acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et tartrate double d'antimoine et de potassium, réduction par acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers $\lambda = 700\text{nm}$, l'autre plus importante à $\lambda = 880\text{nm}$).

☞ Détermination des phosphates

La réaction des ions orthophosphate avec une solution acide contenant des ions molybdate antimoine, forme un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate, puis réduction de ce complexe par l'acide ascorbique pour former un complexe de bleu de molybdène de couleur vive (ANNEXE : 12) .⁽³¹⁾.

F - Détermination du fer (Méthode spectrophotométrie à la phénanthroline)

Le complexe fer - phénanthroline 1,10 est stable dans l'intervalle de pH 2.5 à 9 et l'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité du fer présent ; (ANNEXE : 13).

G - Dosage de l'ammonium : Méthode spectrométrique⁽⁵²⁾

La mesure spectrométrique du composé vert formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylates et hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium. (ANNEXE : 14).

IV.1.8. ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Les analyses bactériologiques qui ont été effectuées au niveau du laboratoire de L'A.D.E de Biskra.

Tableau n°16 : Détermination des paramètres bactériologiques

Paramètres à analyser	Méthodes	Références
Germes totaux	Comptage des colonies par incubation dans un milieu de culture gélosé	NF-T 90-413
Coliformes totaux et fécaux	Filtration sur membrane	ISO 9308-1
Clostridiiums sulfitoréducteurs	Filtration sur membrane	ISO 6222
Streptocoques fécaux	Filtration sur membrane	ISO 7899/1

1) Recherche et dénombrement des germes totaux

Les germes totaux sont la totalité des bactéries, levures et moisissures aérobies, capables de former des colonies dans ou sur un milieu de culture.

☞ **Milieu de culture :** Gélose Glucose Tryptonée à l'extrait de Levure et Agar TGEA.

☞ **Mode opératoire:**

- On prend quatre boîtes de pétri stériles et on note sur chaque boîte la date et la température d'incubation ;
- Près d'un bec benzène, on prélève 1 ml d'eau à analyser pour les dilutions (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4}) et on ensemence dans chaque boîte de pétrie d'un milieu de culture nutritif gélose (TGEA) ;
- On fait couler la gélose préalablement fondue et refroidie à 45 °C; On agite doucement par un mouvement circulaire pour assurer un mélange homogène;
- On incube une boîte à 37 °C pendant 48 heures.

Expression des résultats : Les résultats sont exprimés en nombre des UFC par 1 ml, et on multiplie le nombre de colonie par 10^{-n} .

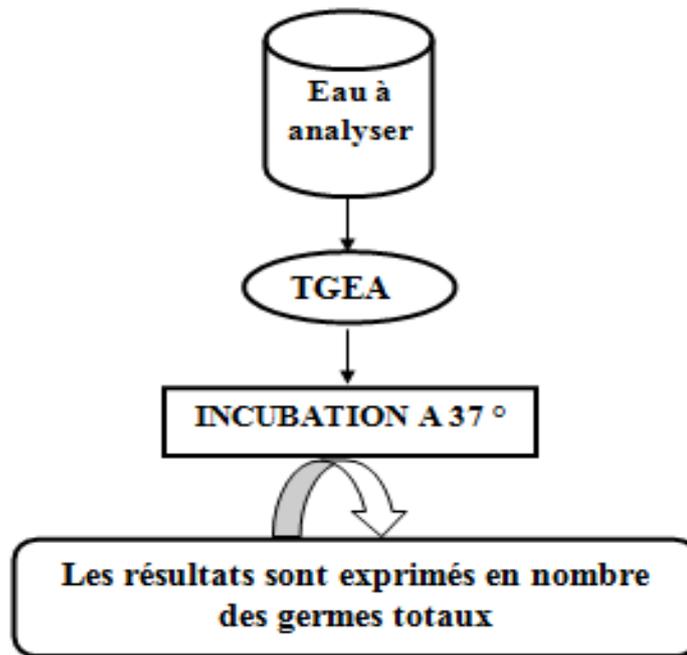


Figure n° 12 : Recherche et dénombrement des germes totaux

2) **Dénombrement des coliformes totaux et fécaux:** (ANNEXE : 15 et 16).

3) **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux :**

La méthode utilisée est par filtration sur membrane. Les streptocoques fécaux sont des germes qui colonisent des matières fécales, ils appartiennent essentiellement au genre streptocoques possédant le même antigène, comme streptococcies bovins, ils sont aussi des hôtes normaux de l'intestin que l'on ne pourra distinguer des entérocoques que par la culture en milieu hyper salé (65 g. dm^{-2}) (ANNEXE : 17).

4) **Recherche et dénombrement des Clostridium sulfitoréducteurs** ⁽³¹⁾

La méthode utilisée est par filtration sur membrane. La détection et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices se fait en suivant les étapes de l'annexe 18.

IV.2. RESULTATS ET INTERPRETATION

IV.2.1. Les analyses physico-chimiques :

Les analyses ont pour but d'évaluer la qualité physico-chimique de l'eau dans différent quartier de Biskra ; pour cela les quater prélèvements ont été effectués dans la période de: 07/03/2016 et 08/03/2016.

Tableau n°17 : Les résultats des analyses physico-chimiques de l'eau des quatre quartiers de la ville de Biskra.

N°	PARAMETRES	NORMES	UNITE	Cors	Ancien Biskra	Cité el Oued	Alia Nord	Observation
01	T°	25	°C	15.2	14.6	15.2	15.3	<i>Nous pouvant signaler que les résultats physico-chimique obtenus montre que la qualité des eaux distribues en niveaux de la ville de Biskra ce varient de médiocre à moyenne.</i>
02	pH	6.5-8.5	/	7.60	7.26	7.29	7.34	
03	Conductivité	2800	µS/Cm	4840	6380	3750	2284	
04	Salinité	/	‰	2.4	3.1	1.9	1.1	
05	Taux des sels dissous	/	mg/l	2430	3170	1860	1141	
06	Titre TAC	/	mg/l	160	165	169	162	
07	Bicarbonates	250	mg/l	195	201	206	198	
08	TH	50	F°	1280	1080	750	650	
09	Calcium	200	mg/l	269	268	196	152	
10	Magnésium	150	mg/l	148	100	63	66	
11	Chlorure	500	mg/l	451	497	282	122	
12	Fer total	0.3	mg/l	00	00	00	00	
13	Phosphates	0.5	mg/l	00	0.032	0.038	00	
14	Nitrite	0.1	mg/l	0.019	00	00	00	
15	Ammonium	0.5	mg/l	0.130	00	0.137	00	
16	Sulfates	250	mg/l	91.05	131.327	109.79	111.023	
17	Nitrates	50	mg/l	21.02	14.04	19.02	7.328	
18	Résidu-sec	2000	mg/l	2800	3680	2000	1400	
19	Matière Organique	00	mg/l	00	00	00	00	

IV.2.1.1. Interprétation des résultats :

Les analyses permettent de déterminer la concentration de certaines substances qui peuvent rendre ces eaux suspectes ou impropres à la consommation. La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques ainsi que la charge physico-chimique et biologique des eaux d'infiltrations ⁽⁵⁰⁾

En ce qui concerne les eaux étudiées, les analyses physico-chimiques ont permis de révéler les résultats suivants :

A / Paramètres organoleptiques

1. **Odeur** : toujours était inodore, ce qui indique probablement l'absence de produits chimiques, de matières organiques en décomposition et de protozoaires.

2. **Couleur** : est toujours limpide, ceci indique l'absence des ions métallique fer ferreux (Fe^{2+}) et fer ferrique (Fe^{3+}) ; qui sont les facteurs principaux du changement de la couleur d'eau, voire aussi les divers colloïdes.

3. **Turbidité** : L'eau étudiée est une eau claire, la mesure de la turbidité permet de donner les informations visuelles sur l'eau, traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques...etc.).

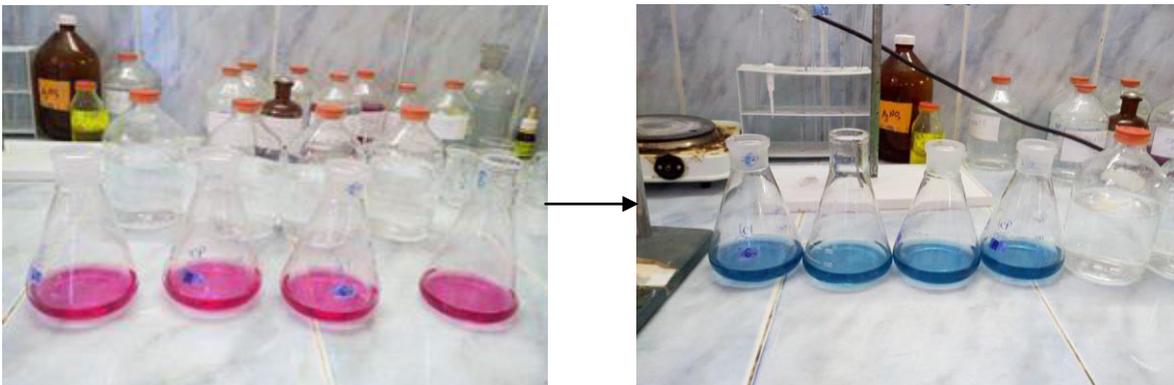
B / Paramètres physico- chimiques

➤ **Le potentiel d'hydrogène (pH)** : Le pH obtenu varie de 7,26 à 7,60, ceci est conforme aux normes algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5.

➤ **La température**: La température de notre eaux étudiées est presque constante (14.6 et 15.3) °C).

➤ **La conductivité**: Les valeurs sont comprises entre 2284 et 6380 μ s/cm qui non conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2880 us/cm à 20°C.

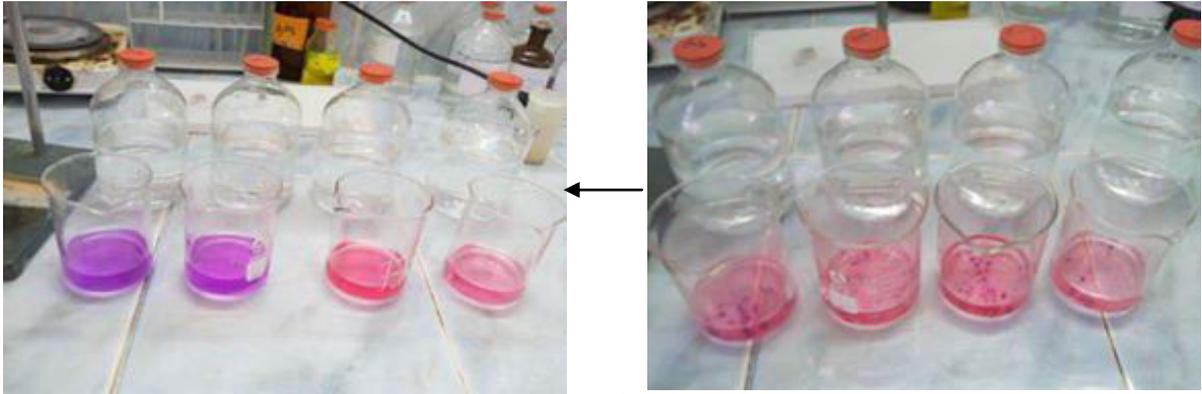
➤ **La dureté totale** :



Photos n° 04 : La dureté totale (TH).

La dureté totale de l'eau de Biskra de quatre quartiers est comprise entre 65 et 128 °F (650 et 1280 mg/l de CaCO_3). Elle ne répond pas aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.

➤ **Le calcium :**



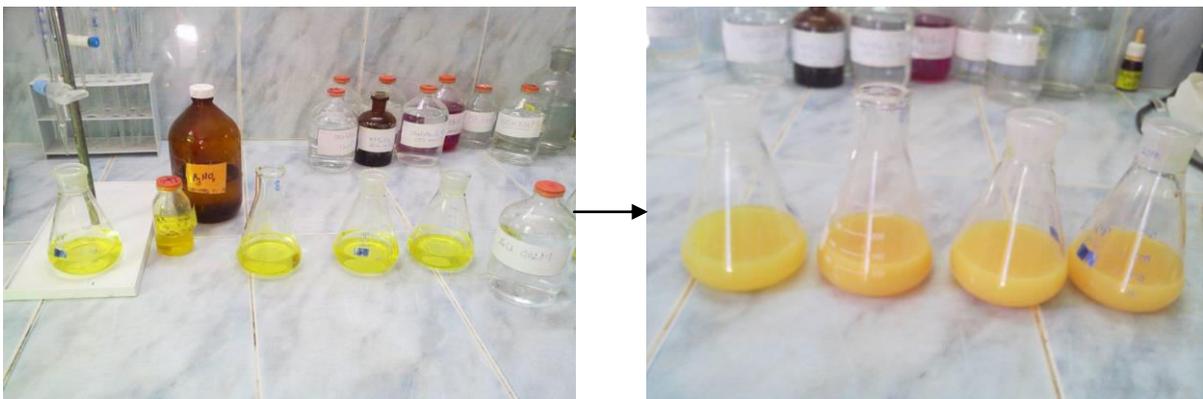
Photos n° 05 : L'ion calcium.

Les valeurs de calcium trouvées sont comprises entre 152 et 269 mg/l. Ce résultat est non conforme aux normes algériennes qui préconisent une concentration maximale de 200 mg/l, c'est généralement l'élément dominant des eaux potables.

➤ **L'ion magnésium :**

Des teneurs importantes, les valeurs déterminées des échantillons varient entre 63 à 148 mg/l. Elle est bien inférieure à la valeur préconisée par la réglementation algérienne qui exige une concentration maximum de 150 mg/l.

➤ **L'ion chlorure**



Photos n° 06 : L'ion chlorure.

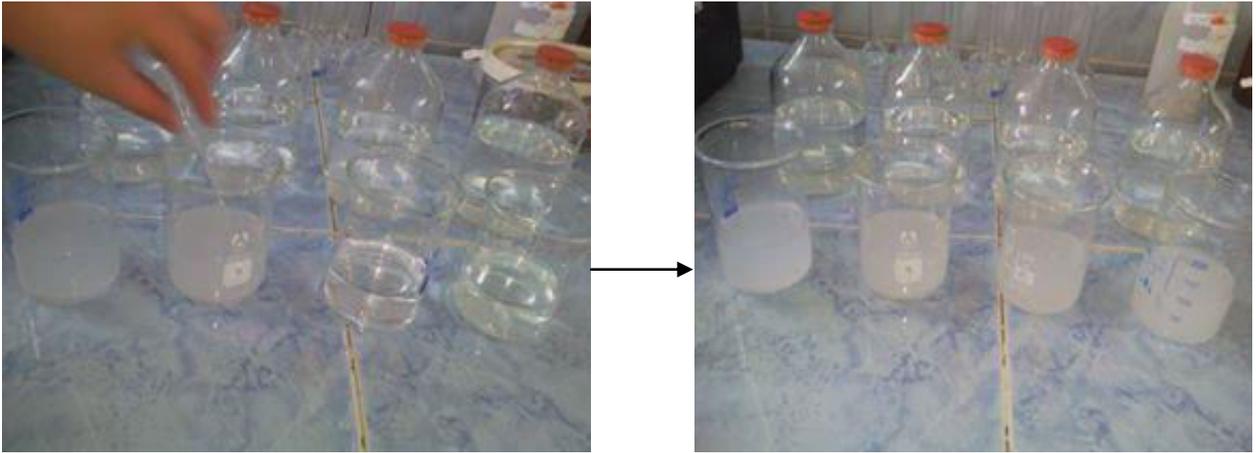
La teneur de nos échantillons est comprise entre 122 et 497 mg/l, conforme aux normes de notre pays qui fixe une concentration maximale admissible de 500 mg/l.

Le gros inconvénient des chlorures est la saveur désagréable qu'ils communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l.

➤ **Les bicarbonates**

L'eau de Biskra de quatre quartiers à une teneur élevée en bicarbonates par rapport aux ions considérés. Cette teneur confirme son origine bicarbonatée, les normes algériennes ne fixent aucune valeur pour ce paramètre, puisque, quel que soit les teneurs en bicarbonate dans les eaux de consommation, la potabilité n'est pas affectée.

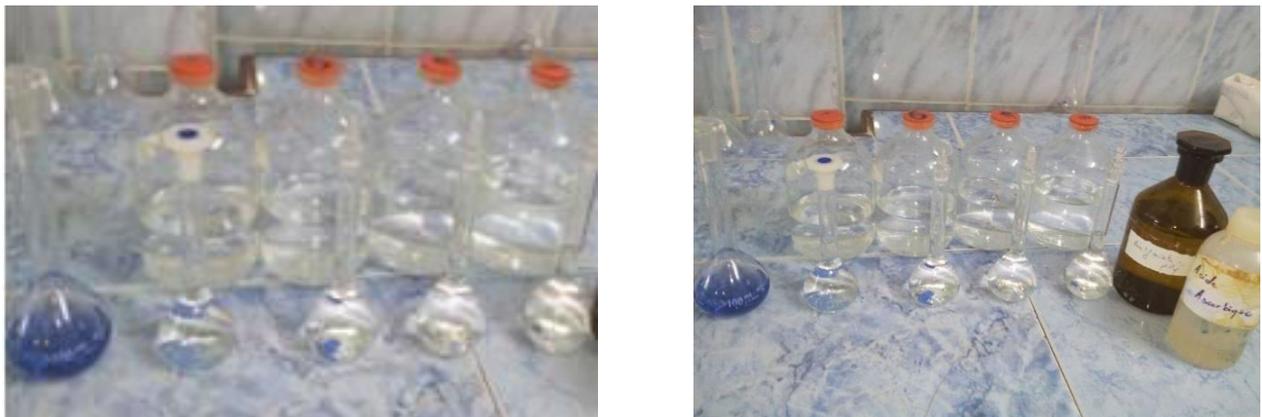
➤ **L'ion sulfate**



Photos n° 07 : L'ion sulfate.

Les valeurs des sulfates trouvés sont comprises entre 91 et 131 mg/l, elles restent inférieures à la concentration maximale décrétée par les normes Algériennes 250 mg/l.

➤ **L'ion phosphate**



Photos n° 08 : L'ion phosphate.

Des teneurs supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution. Ce n'est pas le cas pour nos échantillons, nous avons trouvé des teneurs comprises entre 0.0 et 0.038 mg/l.

➤ L'ion nitrite



Photos n° 09 : L'ion nitrite.

Les nitrites sont les indicateurs de la pollution. Elles proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammonium soit d'une réduction des nitrates. Les normes algériennes indiquent une valeur maximale de 0.1 mg/l, les valeurs enregistrées de nitrite sont inférieures à 0.019 mg/l ce qui répond aux normes.

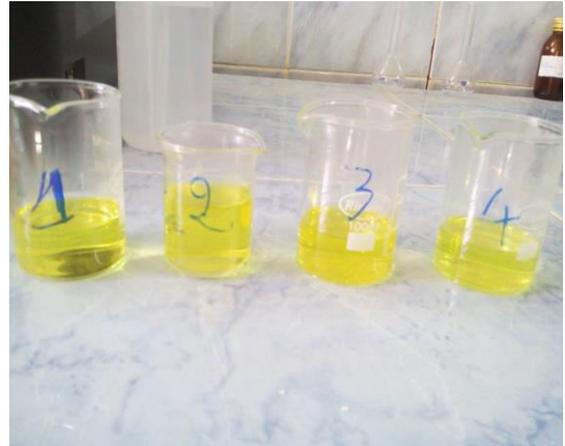
➤ L'ion d'ammonium



Photos n° 10 : L'ion d'ammonium.

Les eaux profondes peuvent se charger en ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries. La réglementation de notre pays fixe 0.5 mg/l comme teneur limite. Les teneurs trouvées sont inférieures à 0.137 mg/l, elles sont conformes aux normes prescrites.

➤ **L'ion nitrate**



Photos n° 11 : L'ion nitrate.

La concentration en nitrate dans les eaux souterraines est normalement basse, mais peut atteindre des niveaux élevés en raison de l'écoulement agricole, l'écoulement de décharge d'ordures, ou de contamination avec les déchets des animaux ou des humaines. Les valeurs enregistrées des nitrates varient de 7.328mg/l à 21.02mg/l ce qui répond aux normes.

➤ **L'ion fer**



Photos n° 12 : L'ion fer.

La valeur limite donnée par la réglementation Algérienne est de 0.3 mg/l, et nos résultats obtenus 0mg/l sont conformes aux normes prescrites.

IV.3. RESULTATS DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au niveau du laboratoire ADE, et consiste à la recherche des *Coliformes totaux* et *fécaux*, des *Streptocoques fécaux*, des *Clostridium sulfito-réducteurs* et des *germes totaux*.

Tableau n°18 : Les résultats des analyses bactériologiques de l'eau des quatre quartiers de la ville de Biskra.

N°	Date d'analyse	Adresse	Paramètres (UFC/ml)					Observation
			Coliformes Totaux	Coliformes Fécaux	Clostridium sulfito-réducteurs	Germes totaux	Streptocoques fécaux	
01	13/03/2016	Cors	abs	abs	abs	02	abs	Les résultats obtenus indique la bonne qualité bactériologique des eaux distribuées en niveaux de la ville de Biskra.
02	15/03/2016	Ancien Biskra	abs	abs	abs	03	abs	
03	17/03/2016	Cité el Oued	abs	abs	abs	01	abs	
04	21/03/2016	Alia Nord	abs	abs	abs	abs	abs	
Normes Algériennes (NA)			00	00	00	10	00	

IV.3.1. Interprétation des résultats :

Les analyses bactériologiques ont permis d'en déduire les résultats suivants :

➤ Les Coliformes totaux et fécaux



Photos n° 13 : des coliformes totaux et fécaux.

Les Coliformes totaux parmi lesquels *E.coli*, représentent approximativement 10% des micro-organismes intestinaux humaines et animaux, sont considérées comme étant un organisme indicateur de pollution.

La réglementation algérienne exclue impérativement la présence des coliformes fécaux et des coliformes totaux dans 100 ml.

☞ En ce qui concerne nos échantillons, on constate l'absence des coliformes totaux témoignée par l'inexistence de la colonie jaune et orange confirmant l'absence des coliformes fécaux, en particulier *Escherichia-Coli*.

☞ Ceci montre que l'eau de ces quatre quartiers de la ville de Biskra sont conformement aux normes concernant les coliformes fécaux. (Annexe 15 et 16)

➤ **Les Streptocoques fécaux**



Photos n° 14 : Les streptocoques fécaux.

La même exigence pour les coliformes fécaux est portée sur les Streptocoques fécaux.

☞ On constate l'absence totale des Streptocoques fécaux, confirmant ainsi les normes de potabilité en relation avec ce paramètre. (ANNEXE 17)

➤ **Les Clostridium sulfito- réducteurs**

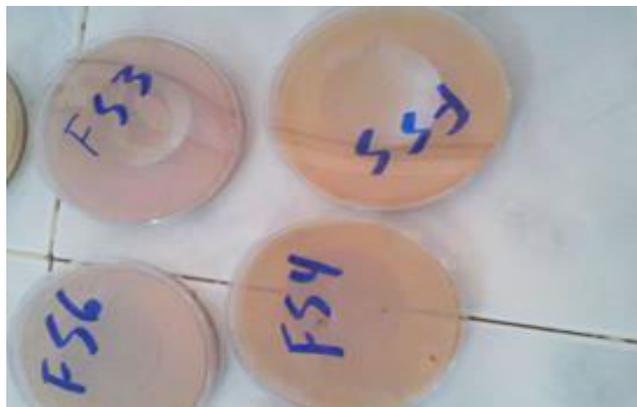


Photo n° 15 : Les Clostridium sulfito- réducteurs.

Les Clostridium sulfito- réducteurs sont aussi d'origine fécale, si elles se trouvent normalement dans les matières fécales elles peuvent également vivre et se multiplier dans les milieux naturels. Les deux formes des Clostridium Sulfito- Réducteurs (sporulées et végétatives) sont absentes dans nos eaux étudiées, ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence. (ANNEXE 18)

➤ **Les Germes totaux**

Le dénombrement des germes totaux est considéré comme indicateurs beaucoup plus général, vis-à-vis de toute pollution microbiologique. Celui-ci détermine la totalité de la charge bactérienne.

La stabilité des dénombrements bactériens est donc un bon signe du nombre des germes totaux détecter pour les quatre quartiers montre l'efficacité de traitement de coloration, les résultats obtenus varient entre 03 à 10 germes /ml à 37°C, elles restent toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 10 germes par ml à 37°C).

Remarque : L'absence des indicateurs de pollution (coliforme totaux, le streptocoque, les Clostridium sulfito- réducteurs) indique la bonne qualité bactériologique des eaux de quatre quartier de la ville de Biskra.

La composition minérale des eaux dépend généralement des terrains traversés, principalement des différentes couches géologiques ainsi que la charge physico-chimique et biologique des eaux d'infiltrations.

Une eau potable est une eau qui peut être consommée sans danger pour la santé, cette eau potable doit répondre à des critères de qualité qui sont fixés par la loi et définis selon des critères du code de la santé publique. Si un des paramètres dépasse les concentrations limitent autorisées, il y a absence de conformité aux normes établies. Mais si on est en présence d'un faible dépassement limité dans le temps et en absence de pollution accidentelle importante, le dépassement de la norme ne doit pas être systématiquement considéré comme introduisant un risque significatif pour la population. ⁽⁴⁶⁾

A travers ce travail on a essayé d'évaluer la qualité de l'eau destiné à la consommation de quatre quartiers différents au sein de la ville de Biskra (Alia nord, Cors, Ancien Biskra, Cité el oued).

Pour cela des analyses physico chimiques et bactériologiques des eaux étudiées ont été effectuées au laboratoire de l'ADE de Biskra, qui nous a permis de déterminer la concentration de certaines substances qui peuvent rendre ces eaux suspectes ou impropres à la consommation.

La classification des eaux se fait tout simplement en comparant les teneurs en pourcentage des cations entre eux et des anions entre eux, en tenant compte les normes définies par la réglementation algériennes.

☞ Dans notre étude, la teneur en Calcium (Ca^{2+}) est la plus élevée parmi les cations considérés et pour les anions c'est la teneur en chlorure (Cl^-) qui est la plus élevée, ces résultats montre que les eaux des quatre quartiers de la ville de Biskra sont dures et salées.

1. Paramètres organoleptiques : Odeur : inodore, **Couleur** : est toujours limpide,

2. Paramètres physico- chimiques :

- **Le potentiel d'hydrogène (pH)** : est de 7,26 à 7,60 conforme aux normes algériennes qui fixent des valeurs de pH entre 6.5 et 8.5.

- **La température** : est presque constante (14.6 et 15.3) °C)

- **La conductivité** : comprise entre 2284 et 6380 μ s/cm, non conformes à la norme algérienne indiquant une valeur limitée de 2880 us/cm à 20°C.

- **La dureté total** : comprise entre 65 et 128 °F (650 et 1280 mg/l de CaCO_3), et ne répond pas aux normes indiquées par la réglementation Algérienne.

- **L'ion calcium** : entre 152 et 269 mg/l, non conforme aux normes Algériennes.

- **L'ion magnésium:** varie entre 63 à 148 mg/L, inférieure à la valeur préconisée par la réglementation de notre pays 150 mg/L au maximum.
- **L'ion chlorure :** entre 122 et 497 mg/, conforme aux normes de notre pays.
- **Les bicarbonates :** teneur élevée en par rapport aux ions considérés.
- **L'ion sulfate :** entre 91 et 131 mg/l, inférieure aux normes Algériennes.
- **L'ion phosphate :** comprise entre 0.0 et 0.038 mg/L, inférieure aux normes.
- **L'ion nitrite :** valeurs inférieures à 0.019 mg/L ce qui répond aux normes.
- **L'ion d'ammonium :** La teneur trouvée au niveau de notre source est inférieure à 0.137 mg/L, elle est dans la norme prescrite.
- **L'ion nitrate :** la valeur des nitrates 7.328 à 21.02 conforme aux normes.
- **L'ion fer :** les résultats obtenus pour notre eau étudiée sont conformes aux normes prescrites est 0mg/l.

☞ Après avoir, procédé à un contrôle complet bactériologique, on a déduit que les résultats obtenus indiquent la bonne qualité bactériologique des eaux distribués en niveaux des quatre quartiers de la ville de Biskra.

1. Les Coliformes totaux, fécaux et les Streptocoques fécaux : on constate l'absence des coliformes totaux et les coliformes fécaux dans les quatre quartiers de la ville de Biskra, conformément aux normes de potabilité.

2. Les Clostridium sulfito- réducteurs : Les deux formes des Clostridium Sulfito- Réducteurs (sporulées et végétatives) sont absentes dans l'eau étudiée, ce qui correspond aux normes algériennes qui excluent sa présence.

3. Les Germes totaux : Les résultats obtenus varient entre 03 à 10 germes /ml à 37°C, toutes fois conformes aux normes prescrites par la réglementation algérienne (≤ 10 germes par ml à 37°C).

☞ Les résultats obtenus dévoilent que la qualité des eaux distribués dans la ville de Biskra de façon générale varient de médiocre à moyenne, mais en comparant entre nos quatre quartiers on conclue que l'ordre de classement de nos quatre quartiers selon la qualité est comme suite : **Alia Nord : bonne** qualité ; **Cité el Oued : moyen** qualité, **Cors : médiocre** qualité et enfin **ancien Biskra : mauvaise** qualité.

Cette classification peut être le résultat de l'état actuel du système d'alimentation en eau potable dans la ville de Biskra qui est considéré critique vu le manque ou l'absence de gestion des réseaux et d'intervention technique, le vieillissement du matériels, les fuites et chute de pression et source d'approvisionnement.....etc.

La préservation de la santé de la population vient en premier lieu. Pour cela une protection contenue doit être garantie, une surveillance et des contrôles rigoureuses de la qualité de l'eau de boisson depuis la source d'approvisionnement jusqu'au aux consommateurs sont impératifs et l'application des traitements appropriés des micro-organismes pathogènes et des impuretés désagréables ou dangereuses sont plus que obligatoire pour assurer la qualité de l'eau de consommation et la santé humaine.

BIBLIOGRAPHIE :

- 1) **ALI ABBOU S. BENMLOUKA M., 2013** - Caractéristique Physico-Chimiques Des Eaux Embouteillées Algérienne Et Vérification D'étiquetage. Master II, Département chimie physique, Université U.S.T.O d'Oran Mohamed Boudiaf. P83.
- 2) **ANCTIL F., 2008** - L'eau et ses enjeux. Edition de Boeck. P:134.
- 3) **ANONYME, 2004** - L'eau du Québec, source de fierté : règlement sur la qualité de l'eau potable en bref. Québec (Province). Ministère de l'environnement. Dépôt Légal – Bibliothèque nationale du Québec. ISBN 2-550-42425-5. Envirodoq ENV/2004/0108.P32.
- 4) **ANONYME, 2009 a** – La qualité chimique de l'eau. Revue L'eau de votre puits 3 série 3. Le ministère de l'Environnement de la Nouvelle-Écosse. P08. (www.gov.ns.ca/nse/water.(<https://novascotia.ca/nse/water/docs/WellWaterBookletFrench3.pdf>).
- 5) **ANONYME, 2009 b** - La distribution de l'eau destinée à la consommation humaine Les responsabilités des collectivités locales. Guide de l'eau N°21. Missions inter services de l'eau de Lorraine. (http://www.lorraine.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/theme21_cle2dad55.pdf).
- 6) **ANONYME., 2016 a** - Rapport : Qualité des eaux distribuées par le réseau public en Wallonie. Service public de Wallonie. 4ème révision. Direction générale opérationnelle agriculture. Ressources naturelles et Environnement. Direction des eaux souterraines.
- 7) **ANONYME., 2016 b** – fiche d'information de l'ADE.
- 8) **ARMAND L., 1996** - Mémento technique de l'eau. Edition : Tec et Doc. P : 37.
- 9) **BAZIZ N., 2007**- Etude sur la qualité de l'eau potable et risques potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Thèse de magister option : dynamique des milieux physiques et risques naturels. Univervsite Colonel Elhadj Lakhdar Batna.p154.
- 10) **BEDJAOUI A., 2005** - Etude d la possibilité d'approvisionnement de l'eau à la ville de Biskra des zones proches à fin d'amélioré la qualité des eaux. Courrier du Savoir – N°06, Juin 2005, pp.161-167.
- 11) **BEDJAOUI A., ACHOUR B., 2014** - Dimensionnement des réseaux de distribution d'eau potable par la méthode du modèle rugueux de référence (mmr). Courrier du Savoir – N°18, pp.129-136.
- 12) **BOURGEOIS C.M., MESCLE J. F.et ZUCCA J., 1991**- Microbiologie alimentaire: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1 .Edition: Lavoisier .Tec et Doc .P: 260- 261.
- 13) **BONTOUX J., 1993** - Introduction à l'étude des eaux douces : qualité et santé, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons.2^{eme} édition : Cebedoc. P : 81-82-120.

- 14) **BOUZIANE A., 2014** - Cours d'alimentation en eau potable. Université Mohamed V, école Mohammadia d'ingénieurs, département génie civil.
- 15) **BOMAN F., 2016** - Radioactivité de l'eau de boisson. Affiche. Paris. (https://pectineactualites.files.wordpress.com/2016/01/f-boman-fiche-09-radioactivitc3a9_eau-2016-01-311.pdf)
- 16) **BRIERE F.G., 2000** - Distribution et collecte des eaux. 2^{eme} édition : École Polytechnique de Montréal .P :299-300
- 17) **CELERIER J.L. et FABY J.A., non daté**- la dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique FNDAE « fonds national pour le développement des adductions d'eau » hors serie n°12. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche et des affaires rurales direction de l'espace rural et de la forêt.
- 18) **CHOUTI W. K., 2006** - Evaluation de la qualité des eaux des puits couverts munis de pompe dans la commune de Porto-Novo. Mémoire d'études supérieures spécialisées (DESS), option : Décentralisation et Gestion des Eaux (DGE). Université d'Abomey-Calavi (uac) the Abdu Salam international centre for theoretical physics (ictp), institut de mathématiques et de sciences physiques (imsp) porto-novo, facultes universitaires notre dame de la paix de Namur (FUNDP) Belgique. (http://www.memoireonline.com/10/10/3944/m_Evaluation-de-la-qualite-des-eaux-des-puits-couverts-munis-de-pompe-dans-la-commune-de-Porto-Novo11.html).
- 19) **C.I.EAU, non daté** – La qualité de l'eau du robinet. Centre d'information sur l'eau.(<http://www.cieau.com/images/brochures/pdf/la%20qualite%20de%20eau%20du%20robinet%20.pdf>)
- 20) **COULIBALY K., 2005** - Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique de l'eau des puits de certains quartiers du district de Bamako. Thèse doctorat en Pharmacie. Université de Bamako, faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie. P 69.
- 21) **DEGREMONT G., 2005** - Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10^{eme} édition : Tec et doc. P: 3- 38.
- 22) **DESJARDINS R., 1997** - Le traitement des eaux. Deuxième édition revue et enrichie, 3^e trimestre. Groupe territorial Voiron, ISBN 978-2-553-00643-2 Imprimé au Canada.
- 23) **EDBERG R., RACZYNSKI M., PROST J.C. et ELMUR T., 2000.** Aide à la fiabilisation de l'eau potable en milieu rural. Aspect techniques et financiers .Oieau, France .P : 5.
- 24) **GAUJOUR D., 1985** - La pollution des milieux aquatiques: Aide mémoire. Édition: revue et augmenté. P: 49.
- 25) **GENOUTDET, 2001** - L'eau de robinet : de la source au verre. Extrait de dossier de bulletin de l'association médicale Kouzmine internationale.

- 26) **GRAINDORGE J. et LANDOT E., 2007-** La qualité de l'eau potable .Techniques et responsabilités. ISBN : 978-2-35295-441-5.
- 27) **GUEDDOUDJ M.et BENOUARET R., 2003** - Optimisation multicritère pour la gestion d'un réseau d'AEP. Thèse d'ingénieur en hydraulique, Option : hydraulique urbaine, Université de Béjaia.
http://www.memoireonline.com/05/08/1141/m_optimisation-multicritere-gestion-AEP.html.
- 28) **GUERGAZI S., ACHOUR S., 2005** - Caracteristiques Physico-Chimiques Des Eaux D'alimentation De La Ville De Biskra. Pratique De La Chloration. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 04, Juin 2005, pp.119-127.
- 29) **HARRAT N., 2013** - Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface. Thèse de Doctorat en sciences Spécialité : HYDRAULIQUE. Université Mohamed Khider – Biskra.P168.
- 30) **HASLAY C. et LECELER H., 1993** - Microbiologie des eaux d'alimentation. Edition : Tec et Doc .Lavoisier . Paris : 101-107
- 31) **HAOUSSA N., 2013** - Etude de la qualité des eaux des mélanges 'Eau d'oued Biskra - Eau de Droh'. Mémoire de master, option : Hydraulique urbaine. Université Mohamed Khider – Biskra, département de Génie Civil et Hydraulique.
- 32) **JORA, 2005-** Journal officiel de la république algérienne N° 60 - 30 Rajab 1426 4 Septembre 2005.
- 33) **KADI A., 2011** - La gestion de l'eau en Algérie : Un problème épineux. Article, El Watan.(http://www.algeria-watch.de/fr/article/eco/eau/probleme_epineux.htm.)
- 34) **LOBATO FARIA A., 1984** - Guide pratique pour l'eau potable et l'assainissement rural et suburbain. Organisation Mondiale de la santé.Equipe sous la direction de l'ingénieur sanitaire. Imprimé au Portugal.
- 35) **LEFÈVRE J.G., 1991.** Les analyses d'eau avec les tests prêts à l'emploi: la potabilité de l'eau, les eaux piscicoles, l'eau des piscines, laboratoire Merck-Clevenot.
- 36) **LOUMI N., 2006** - Surveillance de la qualité de l'eau destinée à la consommation. Rapport de formation des médecins et techniciens des bureaux d'hygiène communale. Ministère de la sante de la population et de la reforme hospitalière, institut national de sante publique, département information sanitaire sante environnement.
- 37) **MAIGA A. S., 2005** - Qualité organoleptique de l'eau dans la ville de Bamako : évaluation saisonnière. Thèse de doctorat en pharmacie. Université de Bamako. Mali. P 20.
- 38) **MISSOUM M.F.K., 2006** - Contrôle bactériologique de l'eau destinée a la consommation. Rapport de formation des médecins et techniciens des bureaux d'hygiène communale. Ministère de la sante de la population et de la reforme hospitalière, institut national de sante publique, département soutien technique –

- microbiologie INSP, El biar, Alger.
- 39) **MEYNIEL M., NON DATE** - 1°ES/L_Thème 1_nourrir l'humanité, chapitre 2_Qualité de l'eau ».
 - 40) **MASMOUDI R., 2009** - Etude de la fiabilité des systèmes de distribution d'eau potable en zones arides cas de la région de Biskra. Thèse doctorat en sciences en hydraulique. Université Mohamed Khider, Biskra. (http://thesis.univ-biskra.dz/998/1/Hydrau_d1_2009.pdf)
 - 41) **MORARECH M., 2014** - Chapitre I - Introduction à l'alimentation en eau potable (AEP) et Chapitre II - Evaluation des besoins en eau. Cours :hydrogéochimie, eau potable et assainissement liquide. Faculté des Sciences de Rabat. (<http://www.fsr.ac.ma/cours/geologie/morarech/Cours-STU6-AEP-Besoins%20MORARECH.pdf>)
 - 42) **REED B., 2013** - Fiches techniques eau, hygiène, et assainissement en situation d'urgence .Préparé pour l'OMS par le WEDC. Water, Engineering and Development Centre Loughborough. University Leicestershire - UK. 1^{er} édition en Français: January 2014 ISBN: 978-1-84380-154-2. http://wedc.lboro.ac.uk/resources/who_notes/WHO_TNEF_ALL.pdf
 - 43) **REJSEK F., 2002** - Analyse des eaux. Aspects réglementaires et techniques. ISBN 2-86617-420-8.
 - 44) **ROUISSAT B., 2013** - La gestion des ressources en eau en Algérie : Situation, défis et apport de l'approche systémique.
 - 45) **RODIER J., 1996** - L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6^{ème} édition: Dunod, Paris.
 - 46) **RODIER J., 1999** - L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 7^{ème} édition: Dunod, Paris
 - 47) **RODIER J., 2005** - L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8^{ème} édition: Dunod, Paris.
 - 48) **RODIER J., 2009** - L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} édition: Dunod, Paris.
 - 49) **SARDI K., 2014** - Contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse De l'EHU 1^{er} Novembre. Mémoire de master.Université d'Oran, Mohamed Boudiaf, faculté de chimie département de chimie physique.
 - 50) **SARI H., 2014** - Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source « Attar » Tlemcen.Mémoire de master, option : sciences des aliments. Université Abou-Bekr Belkaid Tlemcen.
 - 51) **SEBBAGH K., 2014** - Optimisation de la Démarche de la Réduction des pertes physiques par l'utilisation de modèles hydrauliques, évolutionnaires et prédictifs.

- Amélioration de la gestion de la distribution d'eau potable. Rapport SEAAL. Thèse Doctorat « en cours ». Université des sciences et de la technologie Houari Boumédiène-Alger. (<http://www.usthb.dz/IMG/pdf/Forum-usthb-%20seaal%20amelioration-de-la-gestion-de-l-alimentation.pdf>)
- 52) **SOUDANI S., 2016** - Rapport de stage à l'ADE (algérienne des eaux) de Biskra.
- 53) **TAMPO L., AYAH M., KODOM T., TCHAKALA I., BOGUIDO P., BAWA L., DJANEYE B., 2014** - Impact de la demande en chlore et de la chloration sur la désinfection des eaux de puits des quartiers de Lomé : cas des quartiers de Démakpoé et d'Agbalépédogan (Togo). Journal of Applied Biosciences 75:6272– 6281 ISSN 1997–5902.
- 54) **THOMAZEAU R., 1981**- stations d'épuration eaux potables-eaux usées « Technique et documentation ISBN / 2-85206-114-7, paris.
- 55) **VALENTIN N., 2000**. Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris.

SITOGRAFIE :

- 56) <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/menuRessour.html>
- 57) <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/compoChim.html>
- 58) <http://www.environnement-poitou-charentes.org/La-qualite-de-l-eau-pour-l.html>
- 59) <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/Eau/potable/depliant/index.htm>
- 60) <http://traitementeaux.e-monsite.com/pages/i-l-eau-potable/i-b-les-normes-de-potabilite/>
- 61) http://www.lorraine.developpementdurable.gouv.fr/IMG/pdf/theme21_cle2dad55.pdf.
- 62) <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/potable/brochure/parties-1-2-htm>
- 63) http://www.lausanne.ch/lausanne-officielle/administration/travaux/eauservice/espace-didactique-et-loisirs/aventure-au-fil-de-l-eau/mainArea/00/col1/00/links/02/linkBinary/Info_04_La%20composition%20de%20l'eau.pdf.
- 64) <http://www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/wiki/econnaissances/view/Notions-Cles/Leaupotableadductiondeleaubrute>.
- 65) <http://www.eaufrance.fr/ressources/documents/bilan-de-la-qualite-de-l-eau-du>
- 66) <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/cholera/maladiehydrique/cholera.htm>
- 67) <http://www.lenntech.fr/bibliotheque/maladies/typhoide/maladiehydrique/typhoide.htm>
- 68) http://www.senat.fr/rap/102-215-1/102-215-1_mono.html
- 69) <http://www.wikiterritorial.cnfpt.fr/xwiki/wiki/econnaissances/view/Notions-Cles/Leaupotablelestraitements>

- 70) <http://www.ilocis.org/fr/documents/ILO063.htm>
- 71) <http://www.u-picardie.fr/beauchamp/duce/biofilms.pdf>

ANNEXE : 01

MESURE DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE**Mode opératoire :**

D'une façon générale,

- opérer de la verrerie rigoureusement propre et rincée, avant usage, avec de l'eau distillée.
- Rincer plusieurs fois la cellule à conductivité, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner;
- faire la mesure dans un deuxième récipient en prenant soin que les électrodes de platine soient complètement immergées.
- Agiter le liquide (barreau magnétique) afin que la concentration ionique entre les électrodes soit identique à celle du liquide ambiant. Cette agitation permet aussi d'éliminer les bulles d'air sur les électrodes.

Matériel :

Conductimètre

ANNEXE : 02

MESURE ELECTROMETRIES DU PH AVEC L'ELECTRODE DE VERRE

Appareil : pH Mètre

Réactifs :

- ✓ Tampon pH = 9
- ✓ Tampon pH = 7
- ✓ Tampon pH = 4

Mode opératoire :

Étalonnage de l'appareil :

- Allumer le pH Mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre dans un petit bécher, la solution tampon pH = 7
- Régler l'agitation à faible vitesse.
- Tremper l'électrode de pH dans la solution tampon pH = 7

- Laisser stabiliser un moment jusqu'à affichage du standard 2.
- Enlever l'électrode et la rincer abondamment avec l'eau distillée.
- Ré étalonner de la même manière avec les solutions tampon pH = 9 ou pH = 4.
- Puis rincer abondamment l'électrode avec l'eau distillée.

- **Dosage de l'échantillon :**

- Prendre environ ≈ 100 ml d'eau à analyser.
- Mettre un agitateur avec une faible agitation.
- Tremper l'électrode dans le bêcher.
- Laisser stabiliser un moment avec une faible vitesse d'agitation.
- Puis noter le pH.

ANNEXE : 03

DETERMINATION DE TAC ET HCO₃⁻

Mode opératoire :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser
- 2 gouttes de méthyle orange
- Titrer avec acide sulfurique (H₂SO₄) à 0,02 M jusqu'à obtention une colore orange

ANNEXE : 04

DETERMINATION DE DURTE TOTAL ET DE CALCIUM

Mode opératoire :

- (V₁) Ca²⁺ :
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NaOH à 2 N.
 - Ajouter du Murexide ou acide calco-carboxylique.
 - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (violet).
- (V₂) Ca²⁺Mg²⁺ :
- Prendre 50 ml d'eau à analyser.
 - Ajouter 2 ml de NH₄OH (10,1).
 - Ajouter noir eriochrome.
 - Et titrer avec l'E.D.T.A jusqu'au virage (bleu).

ANNEXE : 05

DOSAGE DES CHLORURES (CL)**Mode opératoire :**

Pour le titre (titrage pour l'étalonnage) :

- Prendre 5ml d'eau analyses
- Ajouter 2 gouttes d'indicateur coloré K_2CrO_4 à 10%
- Titrer avec $AgNO_3$ à 0.01N jusqu'à coloration brun rougeâtre

Les ions chlorures réagissent quantitativement avec le nitrate d'argent avec formation de chlorure d'argent, qui est très peu soluble. On utilise le chromate de potassium K_2CrO_4 comme indicateur coloré (TRADAT-HENRY et BEAUDRY, 1984).

Référence : MH.433 pdf

ANNEXE : 06

DETERMINATION DES RESIDU-SEC**Matériel :**

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

Mode opératoire :

- Tarer une capsule préalablement lavée, rincée à l'eau distillée et desséchée.
- Prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et déverser la dans la capsule.
- Porter cette dernière à l'étuve à $105^\circ C$ pendant 24 heures.
- Laisser refroidir pendant $\frac{1}{4}$ d'heure au dessiccateur.
- Peser immédiatement et rapidement.

ANNEXE : 07

DOSAGE DU MANGANESE**Mode opératoire**

Le manganèse est oxydé en permanganate à l'aide de persulfate d'ammonium en présence de nitrate d'argent. Le permanganate ainsi formé est dosé colorimétrique. Le résultat est donné en mg/l.

➤ La méthode au persulfate d'ammonium est rapide, particulièrement en présence de très faible trace de manganèse, son inconvénient réside dans le manque de stabilité des solutions de MnO_4^- et la formation de bulles d'oxygène sur les parois des cuves colorimétriques.

Opérer comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage, en ayant soin de traiter de la même manière un témoin constitué par de l'eau distillée.

Effectuer les lectures au spectrophotomètre et tenir compte de la valeur lue pour le témoin.

ANNEXE : 08

DETERMINATION DES SULFATES**Appareil :**

Spectrophotomètre UV Visible

Mode opératoire :

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

ANNEXE : 09**DOSAGE DES NITRATES NO₃⁻****Appareillage :**

Spectrophotomètre UV-VISIBLE

Mode opératoire :

- Dans une capsule de 60ml prendre 10ml d'eau à analyser
- Ajouté 2à3 gouttes de NaOH 30%
- Ajouter 1ml de salicylate de sodium, puis évaporer à sec au bain marie à 75 C° – 80C°. (Ne pas surcharger ni surchauffer)
- Laisser refroidir puis reprendre le résidu avec 2 ml de H₂SO₄ pur.
- Attendre 10 min pour ajouter 15 ml d'eau distillée et 15ml de tartrate double de sodium et de potassium.
- Faire passer au spectrophotomètre à $\lambda = 420$ nm.
- L'apparition de la coloration jaune indique la présence de NO₃⁻

ANNEXE : 10**DOSAGE DES NITRITES NO₂⁻****Appareillage :**

Spectrophotomètre UV-VISIBLE

Mode opératoire :

Dans une fiole prendre 50ml d'eau à analyser ajouter 1ml du réactif mixte et attendre 10min. Effectuer la lecture à 543nm

L'apparition de la coloration rose indique la présence de NO₂⁻

ANNEXE : 11

DETERMINATION DE LA MATIERE ORGANIQUE :

- Prendre 100 ml d'eau à analyser
- Ajouter 20 ml d'acide sulfurique dilué à 2.2 M et homogénéiser. Porter à ébullition douce puis ajouter 20ml de la solution de permanganate de potassium à 2mmol/l. Après 10min, ajouter 20ml de la solution d'oxalate de sodium à 5mmol/l.
- Titrer après décoloration, alors que la solution est encore chaude, avec la solution de permanganate de potassium à 2mmol/l jusqu'à apparition d'une coloration rose.

ANNEXE : 12

DOSAGE DES PHOSPHATES PO_4^{3-} **Appareillage :**

Spectrophotomètre UV-VISIBLE

Mode opératoire :

Dans une fiole prendre 40ml d'eau à analyser ajouter 1ml du acide ascorbique +2ml du réactif mixte et compléter et attendre 10min. Effectuer la lecture à $\lambda = 880\text{nm}$

L'apparition de la coloration bleue indique la présence de PO_4^{3-} .

ANNEXE : 13

DOSAGE DU FER TOTAL**Appareillage :**

Spectrophotomètre UV-VISIBLE

Mode opératoire :

Dans une fiole de 100ml prendre 50ml d'eau à analyser ajouter 1ml de solution de chlorhydrate d'hydroxylamine, puis ajouter 2 ml de tampon acétate et 2ml de solution phénanthroline 1,10.

Conserver l'échantillon à l'obscurité pendant 15 min avant de le passer au spectrophotomètre à $\lambda = 510\text{nm}$; L'apparition de la coloration orange indique la présence de fer.

ANNEXE : 14**DOSAGE DE L'AMMONIUM****Appareillage :**

Spectrophotomètre UV-VISIBLE

Mode opératoire :

Dans une fiole prendre 40ml d'eau à analyser ajouter 4ml du réactif I +4ml du réactif coloré II et compléter jusqu'à 50ml d'eau distillait et attendre 1h30min. Effectuer la lecture à 655nm

L'apparition de la coloration verdâtre indique la présence de NH_4^+

ANNEXE : 15**RECHERCHE DES COLIFORMES TOTAUX:****Définition :**

Parmi les entérobactéries, les bactéries coliformes vivants notamment dans l'intestin des êtres vivants.

Ces bactéries ont les propriétés suivantes :

- Ce sont des bacilles à Gram négatif non sporules, oxydase aéro-anaérobies ou anaérobies facultatifs.
- Ils fermentent lactose avec production d'acide et de gaz après 24 à 48 h d'incubation et à $T^\circ (35 \pm 2)$.

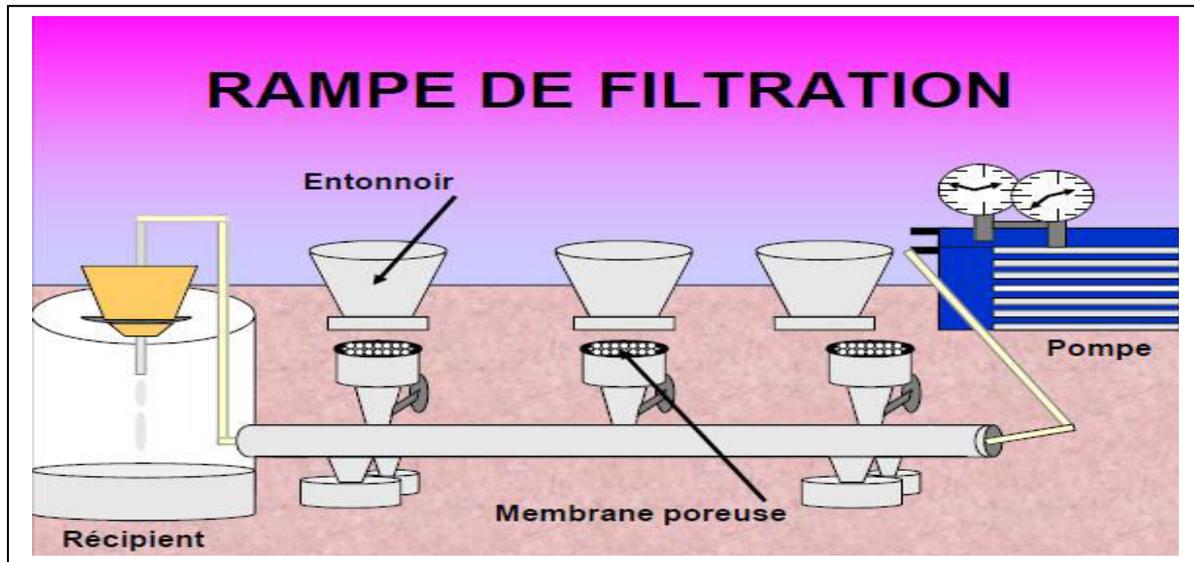
Mode opératoire :**Technique sur membrane filtrante :**

Figure : La rampe de filtration

- L'eau qu'on veut analyser doit être filtrée sur une membrane en nitrate de cellulose de porosité bien définie ($0.45 \mu m$) capable de retenir les bactéries.
- Flamber la face supérieure de l'appareil
- Poser les membranes filtrants entre l'entonnoir et la pince : le coté poreux au dessous.
- Installer le dispositif d'assemblage.
- Agiter bien le flacon d'eau à analyser et le verser dans l'entonnoir jusqu'à son remplissage.
- Ouvrir le robinet du support entièrement afin de laisser l'eau s'écouler sous l'action d'aspiration d'eau.
- Après l'aspiration de toute la quantité d'eau, fermer les robinets puis enlever les dispositifs d'assemblage et avec une pince flambée prélever les membranes saisies par leur extrémité.
- Transporter chaque membrane de titration soigneusement sur un milieu de culture solide additionné de Tergitol 7, et Tergitol TTC puis Incubation $37 C^{\circ}$ pendant 24 h

ANNEXE : 16

RECHERCHE DES COLIFORMES FECAUX :

La recherche des coliformes fécaux est accompagnée impérativement par une recherche des coliformes totaux.

Mode opératoire :

Le même mode opératoire que les coliformes fécaux sauf période d'incubation qui doit être faite à 44 C° pendant 24 h

Résultats : le dénombrement des colonies se fait après l'incubation.

ANNEXE : 17

RECHERCHE DES STREPTOCOQUES FECAUX:**Mode opératoire :**

- On filtre la même quantité d'eau selon la même technologie après filtration les membranes sont déposées sur le milieu addition de TTC slantetz puis incubées à 37 C°
- pendant → 24 h 48 h.

ANNEXE : 18

DETECTION DES SPORES DE MICROORGANISMES DE BACTERIES ANAEROBIES CLOSTRIDIUM –REDUCTEUR PAR FILTRATION:

La détection des spores de micro-organismes anaérobies (Clostridium) sulfite-réducteurs dans un volume spécifique d'un échantillon d'eau passe par les étapes suivantes :

a-Sélection des spores

La sélection des spores présentes dans l'échantillon se fait par l'application de chaleur pendant une période de temps suffisante pour détruire les bactéries végétatives.

b-Culture et la membrane de filtration

L'échantillon de l'eau est filtré à travers un filtre à membrane, dont les pores ont une dimension qui contient des spores bactériennes (0,2 µm) à l'intérieur ou sur la membrane.

Déplace le filtre à membrane dans un milieu particulièrement sélectif TSC, suivi de l'incubation à une température de 37 °C, Lire après 24h et confirmation après 48h

Si colonies noir : présences des spores de clostridium-sulfite-réducteur.

ANNEXE : 19

Tableau : Normes algériennes de potabilité des eaux de consommation

➤ Facteur indésirables ou toxiques

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration max. admissible	observations
Argent	m g / l	-	0,05	
Arsenic	//	-	0,05	
Baryum	//	-	1	
Cadmium	//	-	0,01	
Cyanures	//	-	0,05	
Chrome	//	-	0,05	
Cuivre	//	0,05	1,5	
Fer	//	-	0,3	
Fluor	//	0,3	2	
Manganèse	//	-	0,5	
Mercure	//	-	0,001	
Plomb	//	-	0,05	
Hydrogène Sulfuré	//		0,02	Non décelable organologiquement
Sélénium	//	-	0,01	
Zinc	//	-	5	
Pesticides et produit apparentés Au total par substance individualisée		-	0,5 0,1	<ul style="list-style-type: none"> • des insecticides - organochlorés persistants - organophosphorés - carbonates • herbicides • fongicides • PCBE PCI
Détergent ABS	μ g /l	-	0,2	Chloration
Phénols	Mg/l		2	S'il ya chloration à l'exclusion des phénols naturels qui ne réagissent pas au chlore
Hydrocarbures dissous	μ g /l	-	10	

➤ Facteurs physico- chimiques

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration max. admissible	observations
pH		6,5 à 8,5		
Conductivité	μ S / cm à 20°C	-	2280	
Résidu sec	mg/l après séchage à 105°		2000	En correspondance avec la normalisation des eaux
Dureté totale	mg/l CaCO ₃	100	500	
Calcium	mg/l	75	200	
Magnésium	//	-	150	
Sodium	/	-	200	
Potassium	//	-	10	
Sulfates	//	200	400	
Chlorures	//	200	500	
Nitrates	//	-	50	
Nitrites	//	-	0,1	
Ammonium	//	0,05	0,5	
Phosphates	//	-	0,5	
Oxydabilité (KMnO₄)	//		3	Mesure faite à chaud et en milieu acide
O₂ dissous	//	5	8	
Aluminium	//	-	0,2	

➤ Paramètres bactériologiques

Paramètres	Unité	Niveau Guide	Concentration max. admissible	Observations
1- Eau traitée à l'entrée du réseau				
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	Turbidité (1NTU), pour la désinfection au chlore, il est préférable que le pH=6,8
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	Chlore libre résiduel 2,2 à 0,5mg/l après 30Mn (minimum) de contact
2- Eau de boisson en bouteille				
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	La source doit être exempte de contaminant fécal
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	
3- Eau potable de source				
Coliformes fécaux	Nbre/100ml	-	0	Avertir la population de javelliser ou faire bouillir l'eau au cas où l'on n'arrive pas à respecter les valeurs indicatives
Coliformes	Nbre/100ml	-	0	
Germes totaux 37°C /48h	Nbre/ lml	10	-	Pour une eau traitée le dénombrement des «germes totaux effectué à l'extrémité réseau de distribution ne doit pas excéder le taux obtenu en début de réseau dans 90% des échantillons analysés au cours de l'année
22°C/72h	Nbre/ lml	100	-	
Streptocoques Streptocoques fécaux	Nbre/100ml	-	0 0	-
Clostridium sulfite réducteurs	Nbre/20ml	-	0	

ANNEXE : 20
Tableau 05 : Forages du champ captant Oued el Hai

N°	Forages	Débit Initial (l/s)	Débit d'exploitation (l/s)	Profondeur (m)	OBS
1	F1	40	32	40	
2	F2	40	32	40	
3	Sif4	33	0	50	Débit d'exploitation égal à 31 l/s. Nécessite réparation du Câble d'alimentation électrique (masse).
4	F3	50	13	41	
5	F4	57	0	44	Hors Service ; Forage accidenté
6	B1	100	54	40	
7	Sif5	35	15	39.5	Rabattement
8	Sif6	30	15	40	
9	Sif6bis	45	21	44	Rabattement
10	B5	23	20	42	
11	B5bis	30	18	70	
12	B2	35	30	30	Manque comptage
13	B1bis	25	20		Irrigation
14	B3				Détruit par les crues d'oued Biskra
		543	250		Volume produit journalier = 21600m ³ /j

ANNEXE : 21

Tableau 06 : Forages du champ captant interne plus Zone des Parcs

N°	Forages	Débit Initial (l/s)	Dé bit d'exploitation (l/s)	Profondeur (m)	OBS
1	El-Haouza	27	22	140	
2	Hakim Saadane	35	20	122.5	
3	Ras-El-Geriah N°1	20	20	153	
4	Ras-El-Geriah N°2	27	23	130	
5	Ras-El-Geriah N°3	17	13	130	
6	Jeunes Aveugles	30	18	130	
7	Sidi Abdoune	27	22	125	
8	Camping	27	22	155	
9	Résidence	25	17	110	
10	Sureté	30	0	122	Forage pollué (débit exploité = 11 l/s)
11	Boukhelfa	35	31	100	
12	Université	30	24	140	
13	Felliache	40	25	120	
14	Ben Nacer	33	16	152	
15	Gendarmerie	15	10	101	
16	ZP N °1	16	11	162	Zone des parcs
17	ZP N °2	14	14	110	Zone des parcs
18	ZP N °3	16	14	120	Zone des parcs
19	1 ^{er} Novembre	15	15	200	
		479	333		Volume produit journalier = 29722m ³ /j

ANNEXE : 22

Tableau 07 : Centre Biskra champ captant Oued Zmor

N°	Forages	Débit Initiale (l/s)	Débit d'exploitation (l/s)	Profondeur (m)	OBS
1	F-Surpresseur	25	11	320	
2	ZF1	25	21	320	
3	ZF2	25	16	320	
4	ZF3	25	24	320	
		100	72		Volume produit journalier = 6220 m ³ /j

ANNEXE : 23
Tableau 08 : Le champ Captant el Megloub

N°	Forages	Débit Initiale l/s	Débit d'exploitation l/s	Profondeur M	OBS
1	F5	57	45	100	
2	F9	35	10	155	
3	F11	30	20	100	
4	F12	30	13	100	
5	BN1	30	22	200	
6	BN2	15	6	200	
7	BN3		0		Forage hors service (pollué)
		197	116		Volume produit journalier = 10022 m3/j

ANNEXE : 24
Tableau 09 : Centre / Biskra : Champ Captant Droh

N°	Forages	Débit Initiale (l/s)	Débit d'exploité (l/s)	Profondeur (m)	OBS
1	FD1	40	39	320	
2	FD2	25	12	350	
3	FD3	30	30	350	
4	FD4	35	0	350	Forage à l'arrêt (Débit exploité =30 l/s)
5	FD5	35	26	340	
6	FD6	35	20	340	
7	FD7				Forage non réceptionné (Problème SONELGAZ)
8	FD8	20	13	340	
9	FD9	45	39	360	
10	FD10	38	30	370	
		303	209		Volume produit journalier =18060m3/j

ANNEXE : 25

Tableau 13 : Caractéristiques géométriques du réseau d'eau potable de la ville de Biskra par zone selon le découpage déjà établi.

Zone	Type du réseau	Gammes de diamètres (mm)
A	Maillé-Ramifié	150, 200, 300, 350, 500
B	Ramifié	125, 150, 200, 300
C	Maillé-Ramifié	150, 200, 250, 350
D	Ramifié	150, 200, 500
E	Maillé	150, 200, 400, 500
F	Maillé-Ramifié	250, 400

Résumé : Evaluation et caractérisation de l'eau potable dans différents quartiers de la ville de Biskra

L'approvisionnement en eau constitue actuellement un besoin majeur dans les différents domaines de la vie, en raison de l'accroissement de la population et du développement sans cesse du niveau de vie au fil du temps.

L'étude réalisée a pour but d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de quatre quartiers de la ville de Biskra (Alia nord, Cors, Ancien Biskra, Cité el oued) destinée à la consommation humaine. A travers des analyses physico chimiques et bactériologiques des eaux échantillonnées, et examinées au laboratoire de l'ADE Algérienne des eaux de Biskra, puis les données font l'objet d'une comparaison entre eux et par rapport aux normes de potabilité Algérienne. Les résultats obtenus des échantillons prélevés révèlent de point de vues, bactériologique, l'absence de tous germes indicateurs de pollution prouvent la bonne qualité ; Organoleptiques, elles sont claires ne présentent ni odeur, ni saveur désagréable ; Physico-chimique, les concentrations des éléments obéissent aux normes de potabilité de l'eau à l'exception de la conductivité, la dureté total et l'ion calcium, se qui montre que les eaux sont dures, salées et la qualité de ces eau varie de médiocre à moyenne, mais en comparant entre ces résultats on remarque que : Alia Nord : bonne qualité ; Cité el Oued : moyen qualité, Cors : médiocre qualité et enfin ancien Biskra : mauvaise qualité ; Cette classification peut être la conséquence de l'état actuel du système d'alimentation en eau potable dans la ville de Biskra qui est considéré critique.

Mots clés : Eau potable, évaluation, qualité, normes de potabilité, ville de Biskra, analyses physico chimiques et bactériologiques.

ملخص : تقييم و وصف مياه الشرب في أحياء مختلفة من مدينة بسكرة

إمداد المياه حاليا يعتبر حاجة كبيرة في مختلف مجالات الحياة، وذلك بسبب النمو السكاني و تطور مستوى المعيشة مع مرور الوقت و بشكل مستمر.

أجريت هذه الدراسة لتقييم نوعية المياه الموجهة للإستهلاك البشري من الناحية الفيزيائية والكيميائية و الجرثومية لأربعة أحياء في مدينة بسكرة و هي : العليا الشمالية، الكورس، بسكرة القديمة، حي الواد). من خلال تحاليل كيميائية، فيزيائية و بكتريولوجية لعينات المياه و فحصها في مختبر ADE الجزائرية للمياه بسكرة، ثم يتم مقارنة البيانات مع بعضها البعض وفيما يتعلق معايير مياه الشرب لولاية بسكرة. النتائج المتحصل عليها من العينات التي أخذت تظهر من الناحية البكتريولوجية أنها ذات نوعية جيدة ذلك لغياب كل مؤشرات جراثيم التلوث. و من الناحية الحسية، تظهر انها صافية ليس لها رائحة أو طعم سيئ. من الناحية الفيزيائية، تراكيز العناصر تتوافق مع معايير صلاحية المياه للشرب المعمول بها إلا الموصلية CE، العسر الكلي وأيونات الكالسيوم لا تتوافق و تبين أن المياه هي الصعبة، المالحة و نوعية المياه تتراوح من متوسطة إلى سيئة، لكن من خلال مقارنة هذه النتائج نستنتج أن نوعية مياه العليا الشمالية: ذات نوعية جيدة، حي الواد: نوعية متوسطة، الكورس: نوعية رديئة و أخيرا بسكرة القديمة: نوعية سيئة؛ قد يكون هذا التصنيف نتيجة للحالة الراهنة للنظام توزيع و تسيير مياه الشرب في مدينة بسكرة الذي هو في وضعية حرجة. كلمات المفتاحية: مياه الشرب، التقييم، النوعية، معايير مياه الشرب، مدينة بسكرة، التحاليل الكيميائية الفيزيائية و البكتريولوجية.

Summary: Evaluation and characterization of drinking water in various districts of the town of Biskra

The water provision is currently a major need in the various fields of life, because of the increase in the population and development constantly living standards over time.

The study carried out to assess the physico-chemical and bacteriological water quality of four districts of the city of Biskra (Alia north, Cors, Old Biskra, el Oued City) intended for human consumption. Through chemical and bacteriological analyzes of physico waters sampled and examined in the laboratory of ADE Algerian water- Biskra, then the data shall be compared with each other and with respect to drinking water standards Algeria. The results obtained from samples taken show views point, bacteriological, the absence of all germs pollution indicators show the good quality; Organoleptic, they are clear have no smell, no unpleasant taste; Physicochemical, concentrations of the elements obey the water potability standards except conductivity, total hardness and calcium ion, is showing that the water is hard, salty and quality of water varies from Poor to average, but by comparing these results we see that Alia North: good quality; Cité el Oued: medium quality, Horns: poor quality and finally Old Biskra: poor; This classification may be the consequence of the current state of the power system of drinking water in the city of Biskra is considered critical.

Keywords: Drinking water, evaluation, quality, standards of potability, town of Biskra, physico analyses - chemical and bacteriological.