

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGUERRA- BOUMERDES



FACULTE DE TECHNOLOGIE DEPARTEMENT GENIE DES PROCEDES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Option : Génie Chimiques

THEME

La caractérisation de la qualité des eaux de
distribution de la ville de Boudouaou et Cap djinet
(Wilaya de Boumerdès)

Réalisé par : TOUNSI FERIAEL

BIOU HANANE

Promoteur : M^r.HACHEMI

Co-promotrice : M^{me}.CHETTAH

Promotion 2021-2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qu'il nous a guidé tout au long de nos vie, qu'il nous a donné courage et patience pour passer tous les moments difficiles, qu'il nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre Promoteur M'.HACHEMI et notre Co-Promotrice M^{me}.CHETTAH d'avoir accepté de nous encadrer. Nous saluons leurs patiences, leurs remarques fructueuses, leurs orientations, leurs implications, exemplaires et surtout leurs disponibilités pour notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à la directrice M^{me} LEILA FARAH de nous avoir accueilli dans son laboratoire et pour la confiance et l'aide qu'il nous a accordé, ainsi que toute l'équipe du laboratoire de SEAAL d'Alger pour l'accueil cordial et pour l'attention avec laquelle ils ont soutenu nous travail. Nous n'aurions pas pouvoir réaliser les expérimentations sans leurs aide.

Nous remercions par ailleurs le chef département de Génie des procédés M'AKSAS et la responsable de laboratoire M^{me} BOUIZERI pour leurs aides.

Finalement, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.

Feriel et Hanane

Dédicace

Il me tient à Cœur de dédier ce modeste travail à ceux qui m'ont donné la vie source de mon courage et mon inspiration.

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi Mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur : maman que j'adore.

A Mes très chères Sara et Hanane

A toutes la famille TOUNSI

A Tous mes cousins et cousines

A toutes les personnes que je porte dans mon cœur et qui se reconnaîtront car elles en font autant.

Feriel

Dédicace

Je dédie ce travail à :

L'homme, Mon précieux offre du dieu, la prunelle de mes yeux, ma réussite, source de vie d'amour et d'affection et tout mon respect : mon cher père Abderrahmane.

La femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences : mon adorable mère Tata.

Une personne unique au monde ma grande sœur Fatma, ma joie, mon bonheur.

Ma confidente, mon amour éternel, ma psychologue ma nièce sabrine.

Mansour, Souad, hayet, mes frères, mes neveux et mes nièces, houaria, source d'espoir et de joie de bonheur et de motivation.

Farida bouizeri, ma deuxième grande sœur, tu m'as toujours soutenue, je remercie dieu de t'avoir connue.

C'est à grâce à vous que je suis ce que je suis maintenant. Que dieu vous protège.

Hanane

Sommaire

| | |
|---------------------------|-----------|
| Introductions..... | 01 |
|---------------------------|-----------|

Partie théorique

Chapitre I : Généralité sur l'eau

| | |
|--|----|
| 1- Définition de l'eau | 03 |
| 2- Composition de l'eau | 03 |
| 3- Les états de l'eau | 03 |
| 4- Cycle de l'eau | 04 |
| 5- Les différentes sources d'approvisionnement en eau | 05 |
| 5.1- eaux de pluie | 05 |
| 5.2- eaux de surface | 06 |
| 5.3- Eaux de mer | 06 |
| 5.4- Eaux souterraines | 06 |
| 6-Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines | 06 |
| 7- Importance de l'eau | 08 |
| 7.1- Pour la biodiversité | 08 |
| 7.2- Pour l'homme | 08 |
| 7.2.1- Pour l'industrie | 08 |
| 7.2.2- Pour l'agriculture | 09 |

| | |
|--|----|
| 7.2.3-Pour la production d'électricité | 09 |
| 8- Définition de l'eau potable | 09 |
| 9- Traitement d'eau potable | 09 |
| 9.1- Traitement des eaux de surface | 09 |
| 9.1.1- Prétraitement | 10 |
| 9.1.2- Pré-oxydation | 10 |
| 9.1.3- Clarification | 10 |
| 9.1.4- Désinfection | 11 |
| 9.1.5- Traitement d'affinage | 12 |
| 9.2- Traitement des eaux souterraines | 12 |

Chapitre II : Les paramètres de qualité d'une eau potable

| | |
|--|----|
| II- Les paramètres physico-chimiques | 14 |
| II.1- Les paramètres organoleptiques | 14 |
| II.1.1- Couleur | 14 |
| II.1.2-Odeur et goût | 14 |
| II.2- Les paramètres physiques | 14 |
| II.2.1- Température | 14 |
| II.2.2- pH | 15 |
| II.2.3- La conductivité | 15 |
| II.2.4- Turbidité | 16 |
| II.3- Les paramètres de pollution | 16 |
| II.3.1- Nitrites (NO_2^-) | 16 |
| II.3.2- Nitrates (NO_3^-) | 17 |

| | |
|---|----|
| II.3.3- les phosphates (PO_3^{4-}) | 17 |
| II.3.4- L'ammonium (NH_4^+) | 17 |
| II.4- Minéralisation globale | 17 |
| II.4.1- Calcium (Ca^{2+}) | 17 |
| II.4.2- Magnésium (Mg^{2+}) | 17 |
| II.4.3-Titre hydrotimétrique (TH) | 18 |
| II.4.4- Chlorures (Cl^-) | 18 |
| II.4.5- Alcalinité | 18 |
| II.4.6- Equilibre calco-carbonique | 19 |
| II.4.7- Oxygène dissous | 19 |
| II.4.7- Sodium (Na^+) | 20 |
| II.4.8- Potassium (K^+) | 20 |
| II.4.9- Sulfates (SO_4^{2-}) | 20 |
| II.5- Les paramètres indésirables | 20 |
| II.5.1- Fer (Fe^{2+}) | 20 |
| II.5.2- Manganèse (Mn^{2+}) | 21 |
| II.5.3- Cuivre (Cu^{2+}) | 21 |
| II.5.4- Aluminium (Al^{3+}) | 21 |
| II.6- Les paramètre de toxicité | 22 |
| II.6.1- Arsenic (As) | 22 |
| II.6.2- Cadmium (Cd) | 22 |
| II.6.3- Cyanures (CN) | 22 |
| II.6.4- Chrome (Cr) | 23 |

| | |
|--|----|
| II.6.5- Mercure (Hg) | 23 |
| II.6.6- Nickel (Ni) | 23 |
| II.6.7- Plomb (Pb) | 23 |
| II.6.8- Sélénium (Se) | 24 |
| II.2- Les paramètres bactériologiques | 24 |
| II.2.1- Les coliformes totaux | 24 |
| II.2.2- Les coliformes fécaux | 24 |
| II.2.3- Les streptocoques fécaux | 25 |
| II.2.4- Les clostridium sulfite- réducteur | 25 |

Chapitre III : Pollution des eaux

| | |
|--|----|
| 1- définition de la pollution de l'eau | 27 |
| 2- Origine de la pollution | 27 |
| 2.1- Origine naturelle | 27 |
| 2.2- Origine domestique | 27 |
| 2.3- Origine industrielle | 27 |
| 2.4- Origine agricole | 27 |
| 3- Les types de la pollution | 28 |
| 3.1- Pollution physique | 28 |
| 3.2- Pollution chimique | 28 |
| 3.3- La pollution microbienne | 29 |
| 4- Impact de la pollution de l'eau | 29 |
| 4.1- Sur la santé humaine | 29 |
| 4.2- Sur la nature | 30 |

Partie Expérimentale

Chapitre I : Présentation des zones d'études

| | |
|---|----|
| Présentation de la SEAAL..... | 32 |
| I.1 Présentation de la zone d'étude Boudouaou | 33 |
| I.1.1 Situation géographique de Boudouaou | 33 |
| I.1.2 Etude climatique de Boudouaoua | 33 |
| I.1.2.1 Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Boudouaou | 34 |
| I.1.2.2 Température moyenne à Boudouaou | 34 |
| I.1.2.3 Précipitations | 35 |
| I.1.2.4 Pluie | 36 |
| I.1.2.5 Humidité | 37 |
| I.1.2.6 vent | 38 |
| I.1.2.7 Température de l'eau | 40 |
| I.2 Présentation de la zone d'étude Cap Djinet | 41 |
| I.2.1 Présentation géographique de Cap Djinet | 41 |
| I.2.2 Etude climatique de Cap djinet | 41 |
| I.2.2.1 Changement annuel de température Cap Djinet | 41 |
| I.2.2.2 Changement annuel de précipitation - Cap Djinet | 42 |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | |
|---|----|
| II.1 L'objet de l'étude | 44 |
| II.2 Echantillonnage | 44 |
| II.3- Les analyses physico-chimiques | 44 |
| II.3.1- Méthode de prélèvement de l'eau | 44 |

| | |
|--|----|
| II.3.2- Transport des échantillons | 45 |
| II.3.3- Les paramètres physiques | 45 |
| II.3.3.1- Test de chlore | 45 |
| II.3.3.2- Mesure de pH | 47 |
| II.3.3.3- Mesure de la température | 48 |
| II.3.3.4- Mesure de la conductivité | 48 |
| II.3.3.5- Turbidité | 49 |
| II.3.4- Les paramètres de pollution | 50 |
| II.3.4.1- Dosage des nitrites (NO_2^-) | 50 |
| II.3.4.2- Dosage des nitrates (NO_3^-) | 52 |
| II.3.4.3- Dosage des ortho phosphates (PO_4^-) | 53 |
| II.3.4.4- Dosage de l'ammonium (NH_4^+) | 55 |
| II.3.5- Les paramètres de minéralisation globale | 57 |
| II.3.5.1- Dosage de calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}) | 57 |
| II.3.5.2- Dosage de chlorure (Cl^-) | 60 |
| II.3.5.3- Dosage des sulfates (SO_4^{2-}) | 63 |
| II.3.5.4- Oxygène dissous | 64 |
| II.3.5.5- Alcalinité | 65 |
| II.3.6- Les paramètres indésirables | 67 |
| II.3.6.1- Dosage de fer (Fe^{2+}) | 67 |
| II.3.6.2- Dosage de manganèse (Mn^{2+}) | 68 |
| II.3.6.3- Dosage de l'aluminium (Al^{3+}) | 70 |
| I.4- Les analyses bactériologiques | 71 |

| | |
|---|----|
| I.4.1- Méthode de prélèvement | 71 |
| I.4.2- Transport des échantillons | 72 |
| I.4.3- Recherche et dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes par filtration sur membrane | 72 |

Résultat des interprétations

| | |
|--|-----------|
| I- Résultats et discussions | 77 |
| I.1- Les analyses physico-chimiques..... | 77 |
| I.1.1- les paramètres physiques | 77 |
| I.1.2- Les paramètre de pollutions..... | 78 |
| I.1.3- Minéralisation Globale | 79 |
| I.1.4- Les paramètres indésirables..... | 80 |
| I.2- Les analyses bactériologiques | 81 |
| I.2.1- Discussion..... | 84 |
| Conclusion Générale | 87 |

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure 1 : La molécule de l'eau.

Figure 2 : Cycle de l'eau.

Figure 3 : Chaîne de traitement

Figure 4 : Figure : Situation générale de la commune Boudouaou.

Figure 5 : Météo mensuelle pour Boudouaou.

Figure 6 : Température moyenne à Boudouaou

Figure 7 : Probabilité de précipitation quotidienne à Boudouaou.

Figure 8 : Pluviométrie mensuelle moyenne à Boudouaou.

Figure 9 : Niveaux de confort selon l'humidité à Boudouaou.

Figure 10 : Vitesse moyenne du vent à Boudouaou.

Figure 11 : Direction du vent à Boudouaou.

Figure 12 : Température moyenne de l'eau de Boudouaou.

Figure 13 : Situation générale de la commune Cap Djinet.

Figure 14 : changement annuel de température Cap djinet (1980-2021).

Figure 15: Changement annuel de précipitation - Cap Djinet (1980-2021).

Figure 16 : Tube à essai.

Figure 17 : DPD 1 (N.N Diéthyl Parapheylène Diamine).

Figure 18 : Colorimètre (comparateur).

Figure 19 : pH-mètre « HACH »

Figure 20 : Conductimètre électrique METTER TOLEDO Seven Compact.

Figure 21 : Turbidimètre.

Figure 22 : Dosage des nitrites.

Figure 23 : spectrophotométrie DR6000 « HACH »

Figure 24 : Solution acide ascorbique à 100mg/l.

Figure 25 : Solution molybdate d'ammonium.

Figure 26 : Dosage des ortho phosphates.

Figure 27: Solution de dichloro-isocyanurate de sodium.

Figure 28 : Dosage de l'ammonium.

Figure 29 : Chromate de potassium.

Figure 30 : Dosage de chlorure

Figure 31 : Oxymètre Type HQ Modèle 40 D de marque «HACH»

Figure 32 : Réactif A (LCW 532 A).

Figure 33 : Solution B (LCW 532 B).

Figure 34 : Solution C (LCW 532 C).

Figure 35 : Solution A (LCK301 A).

Figure 36 : Réactif B (LCK301 B).

Figure 37 : Dosage de l'aluminium.

Figure 38 : Stérilisation de l'embout du robinet

Figure 39 : Appareil de filtration par membrane de l'eau.

Figure 40 : Incubation des milieux dans des boîtes de pétri avec le couvercle vers le bas.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux de surface et souterraines.

Tableau 2 : Classification des eaux selon leur pH.

Tableau 3 : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité.

Tableau 4 : classes de turbidité usuel le (NTU).

Tableau 5 : les effets des polluants de l'eau sur la santé humaine.

Tableau 6 : Résultats relatifs aux analyses des paramètres physiques des eaux de consommation.

Tableau 7 : Résultats relatifs aux analyses des paramètres de pollution des eaux de consommation.

Tableau 8 : Résultats relatifs aux paramètres de minéralisations globales des eaux de consommation.

Tableau 9 : Résultats relatifs aux paramètres indésirables des eaux de consommation.

Tableau 10 : Résultats relatifs aux analyses bactériologiques des eaux de consommation.

Liste des abréviations

SEAAL : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger.

ADE : Algérienne des eaux.

MES : Matières En suspension

TDS : Solides totaux dissous

UC : Unité de couleur.

OMS : Organisation mondiale de la santé

DPD : N.N Diéthyl Paraphénylène Diamine).

pH : Potentiel Hydrogène.

T : Température

NTU : Néphélométrie Turbidité Unité.

ISO : Organisation internationale de normalisation.

N : Normalité

TA : Titre alcalimétrique simple.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TH : Titre hydrotimétrique.

DO : Oxygène dissous

nm: Nanomètre

µs/cm : Micro siemens sur centimètre.

BQP : Bonne Qualité Physique.

BQC : Bonne Qualité Chimique.

BQB : Bonne Qualité Bactériologique.

ABS : Absence.

INTRODUCTION

Le thème de l'eau est l'un des plus importants en ce début du XXI^e siècle car, au fur et à mesure que la population de la terre augmente, la demande en eau s'accroît. Notamment, on constate de plus en plus de déséquilibre entre les quantités disponibles et la consommation par l'Homme. [1]

La qualité de l'eau est influencée par un large éventail de phénomènes naturels et anthropiques. Différents processus naturels (hydrologiques, physiques, chimiques et biologiques) peuvent nuire aux caractéristiques des éléments et des composés chimiques de l'eau douce. De plus, plusieurs impacts anthropiques peuvent dégrader la qualité de l'eau comme l'activité industrielle, l'usage agricole ou des chantiers d'ingénierie fluviale. [2]

Les problèmes d'alimentation en eau potable en Algérie révèlent des aspects à la fois quantitatifs (accroissement constant de la consommation) et qualitatif (pollution sous ses divers formes). Pour répondre à ces besoins, le législateur algérien a mis en place un dispositif réglementaire qualifié d'approche à obligation de moyens. [3]

La pollution de l'eau est une altération qui rend son utilisation dangereuse et/ou perturbe l'écosystème aquatique. Elle peut concerner les eaux superficielles (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. [4]

Le contrôle de la qualité de l'eau joue un rôle important dans la santé publique, car il peut entraîner des changements catastrophiques pour les sols, les humains et même la santé de populations entières.

Au cours de notre étude, nous nous sommes intéressées au contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de distribution de la région de Boudouadou et Cap Djinet (Wilaya de Boumerdès) et sa vérification de sa conformité aux normes établies.

Ce manuscrit est structuré en deux parties, une partie bibliographique et une partie expérimentale.

- ✓ La première partie scindée en trois chapitres : le premier chapitre est consacré à généralités sur l'eau, le deuxième chapitre traite des paramètres physico-chimique et bactériologique d'une eau potable et le troisième sera dédié la pollution des eaux qui peut agir sur la santé publique.
- ✓ La partie expérimentale est réservée à la description du matériel et des méthodes aussi bien analytiques que spectrales utilisées sans oublier les résultats obtenus et leurs interprétations, une conclusion générale clos le document.

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I
GENERALITE SUR L'EAU

1- Définition de l'eau :

L'eau liquide (H_2O) est souvent perçue comme une substance assez ordinaire car elle est transparente, inodore, insipide et se présente sur terre en grande quantité. Il est un élément naturel d'une importance primordiale, indispensable à toute forme de vie, l'eau est une richesse nécessaire à toutes activités humaines, c'est un facteur de production déterminant dans le développement durable, elle devient de plus en plus au centre des intérêts stratégiques. [5]

2- Composition de l'eau :

La molécule d'eau est un type particulier de molécule, ses propriétés particulières sont liées à sa nature dipolaire permet à la vie sur terre. La formation de liaisons hydrogènes entre les molécules explique que, sous nos conditions de température et de pression, il existe une phase liquide abondante sur notre planète.

La molécule d'eau, de formule H_2O est composée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène liés à l'atome d'oxygène par deux liaisons de covalence. sa masse molaire est de 18g. [6]

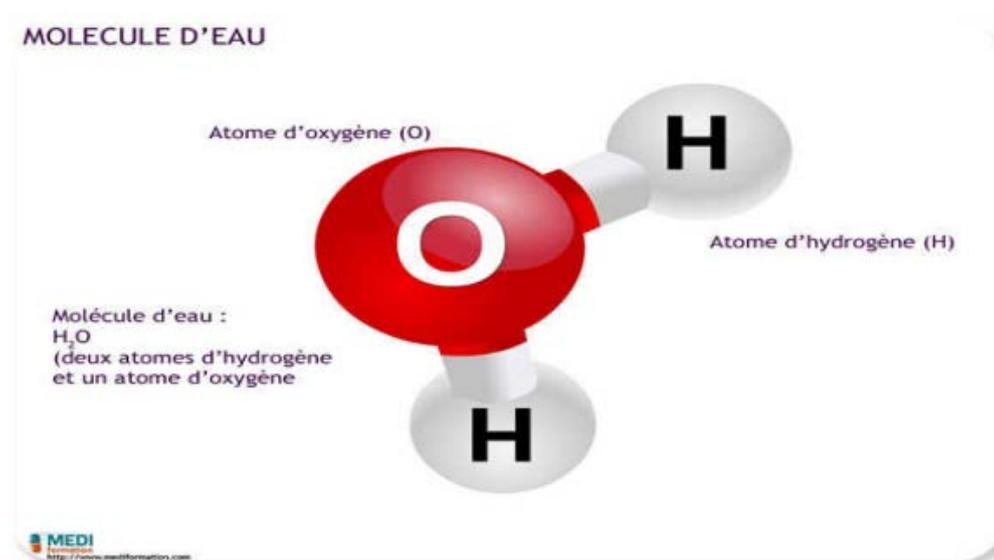


Figure 1 : La molécule de l'eau. [7]

3- Les états de l'eau :

Dans la nature sous l'action des différents facteurs tel que : la pression atmosphérique et la température, nous pouvons trouver l'eau sous trois formes :

- **État solide** : A basse température, l'eau est appelée glace et possède des structures cristallines régulières ;
- **État gazeux** : Caractérisé par une absence de forme et de limite physique, il n'y a pas de liaisons entre les molécules, et sont indépendantes les unes des autres ;
- **État liquide** : Caractérisé par une forme non définie, ces molécules peuvent se déplacer les unes par rapport aux autres mais elles restent proches car elles sont liées par des forces intermoléculaires. [8]

4- Cycle de l'eau :

Le cycle de l'eau appelé aussi le cycle hydrologique met en jeu l'évaporation, la précipitation et ruissellement par le cycle externe de l'eau, ceci par opposition au cycle interne de l'eau, qui correspond à l'infiltration de l'eau dans les pores et les fractures du manteau terrestre. [6]

En effet, le cycle de l'eau (figure) prit dans son ensemble, regroupe deux phases bien distinctes et bien couplées entre elles : le cycle de l'eau dans l'atmosphère et le cycle de l'eau dans le sol. La première phase, atmosphérique, est la partie la plus visible du cycle (nuages, précipitations...), elle est caractérisée par une circulation rapide de l'eau, essentiellement sous forme de vapeur. [9]

Cette vapeur d'eau, qui est transportée sur les continents sous forme de pluie a l'originalité de ne déplacer que l'eau dans l'atmosphère. En effet, lors de l'évaporation la quasi-totalité des minéraux restent dans l'océan (seulement certains éléments volatils, tels que le mercure (Hg) ou des molécules organiques s'évaporent). Ceci conduit à une concentration des éléments minéraux dans l'eau de mer. [10]

Par contraste, la deuxième partie, qui est le cycle de l'eau dans le sol se passe essentiellement en phase liquide, elle est marquée par une vitesse de circulation de l'eau relativement lente. [9]

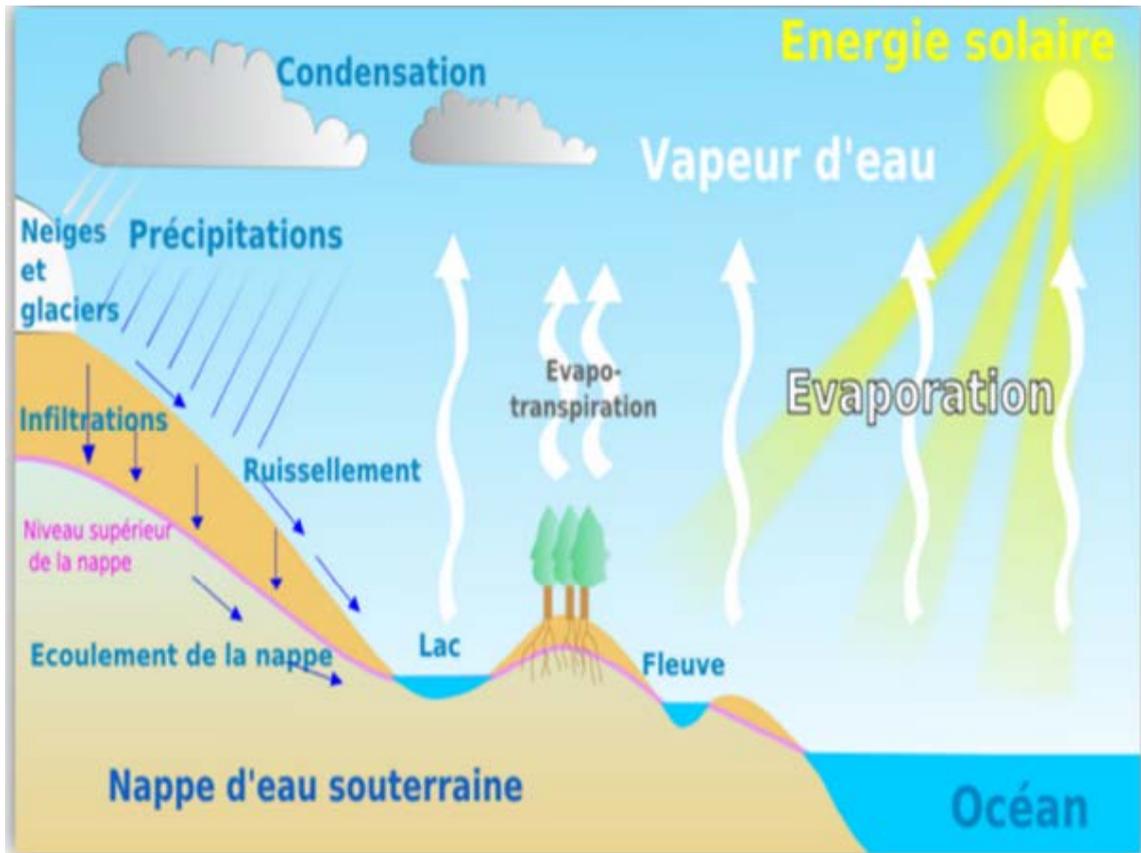


Figure 2 : Cycle de l'eau. [11]

5- Les différentes sources d'approvisionnement en eau :

Depuis l'Antiquité, l'homme s'est arrangé pour assurer l'approvisionnement en eau potable et les cultures. Il utilisera une variété de techniques pour aller chercher de l'eau à différents endroits.

5.1- eaux de pluie :

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour l'alimentation humaine. Elles sont saturées en oxygène et en azote et ne contiennent aucun sel dissous, comme le sel de magnésium et de calcium ; elles sont donc très douces. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être contaminées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau. [12]

5.2- eaux de surface :

Les eaux de surface sont constituées par les eaux de mer, des rivières, des fleuves, des étangs, des lacs, des barrages, des réservoirs et des glaciers. Il s'agit d'une masse d'eau bien individualisée, solide ou liquide, immobile ou en mouvement. [13]

Sa température varie en fonction du climat et des saisons. Ces matières en suspension sont variables selon la pluviométrie, la nature et le relief des terres à son voisinage. Sa composition en sels minéraux est variable en fonction du terrain, de la pluviométrie et des rejets. Une eau de surface est ordinairement riche en oxygène et pauvre en dioxyde de carbone. [14]

Cette source est caractérisée par des pollutions microbiennes et chimiques maximales. C'est la raison pour laquelle elles sont l'objet d'un classement permettant théoriquement d'éliminer les plus contaminées et de sélectionner les plus pures d'entre-elles pour en faire des eaux d'alimentation. Ces eaux sont fréquemment utilisées dans les régions à forte densité de populations ou très industrialisées. [15]

5.3- Eaux de mer :

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Elles sont caractérisées par leur concentration en sels dissous. La salinité de la plupart des eaux de mer varie de 33 000 à 37 000 mg/L. [12]

5.4- Eaux souterraines :

Ce sont les eaux des nappes phréatiques qui correspondent à 22% des réserves d'eaux douces, leur origine est représentée par l'accumulation des infiltrations dans le sol qui varient en fonction de la porosité et de la structure géologique du sol. Les eaux souterraines sont à l'abri de sources de pollution, elles sont donc d'excellente qualité physico-chimique et microbiologique par rapport aux eaux de surface. [16]

6- Principales différences entre les eaux de surfaces et les eaux souterraines :

Chacun de ces deux types d'eau présente des caractéristiques spécifiques qui le différencient de l'autre type, et c'est ce qu'on veut mettre en évidence à travers le tableau qui récapitule l'ensemble de ces différences.

Tableau 1 : Principales différences entre les eaux de surface et souterraines. [17]

| Caractéristiques | Eaux de surface | Eaux souterraines |
|--|--|---|
| Température | Variable suivant les saisons | relativement constante |
| Turbidité, MES | variable, parfois élevée | faible ou nulle (sauf en terrain karstique) |
| Couleur | liée surtout aux MES (argiles, algues...) sauf dans les eaux très douces et acides (acides humiques) | liée surtout aux matières en solution (acides humiques) ou due à une précipitation (Fe-Mn) |
| Goûts et odeurs | Fréquents | rare (sauf H ₂ S) |
| Minéralisation globale (ou : salinité, TDS ...) | variable en fonction des terrains, des précipitations, des rejets ... | sensiblement constante ; en général, nettement plus élevée que dans les eaux de surface de la même région |
| Fe et Mn divalents (à l'état dissous) | généralement absents, sauf en profondeur des pièces d'eau en état d'eutrophisation | généralement présents |
| CO₂ agressif | généralement absent | Souvent présent en grande quantité |
| O₂ dissous | le plus souvent au voisinage de la saturation: absent dans le cas d'eaux très polluées | absent la plupart du temps |
| H₂S | généralement absent | souvent présent |
| NH₄ | présent seulement dans les eaux polluées | présents fréquemment sans être un indice systématique de pollution bactérienne |
| Nitrates | peu abondants en général | teneur parfois élevée |
| Silice | teneur en général modérée | teneur souvent élevée |
| Micropolluants minéraux et organiques | présents dans les eaux de pays industrialisés, mais susceptibles de disparaître | généralement absents, mais une pollution accidentelle subsiste beaucoup plus longtemps |

| | | |
|---------------------------|---|---|
| | rapidement après suppression de la source | |
| Solvants chlorés | Rarement présents | peuvent être présents (pollution de la nappe) |
| Caractère eutrophe | possible: accentué par les températures élevées | Non |

MES : Matières En Suspension ; **TDS** : Solides Totaux Dissous.

7- Importance de l'eau :

L'eau est une ressource vitale, elle est indispensable pour tout développement socioéconomique ; aucune société dans le monde ne peut aujourd'hui prétendre à une croissance, voire même à une survie sans qu'elle ne dispose de quantités suffisantes de cette richesse naturelle. [18]

7.1- Pour la biodiversité :

La biodiversité est préservée principalement par l'eau dans tous les environnements [19]. Pour la flore, les végétaux sont essentiellement formés d'eau et ils puisent dans le sol l'eau et les sels minéraux qui lui permettent d'assurer son développement normal [20]. L'organisme de l'animal doit remplacer quotidiennement une certaine quantité d'eau perdue par l'urine, la transpiration et l'évaporation pulmonaire [21]

7.2- Pour l'homme :

L'eau est indispensable au fonctionnement du corps humain, dont les réserves en eau doivent être alimentées en permanence pour ne jamais être déshydraté. [22]

L'eau est encours utilisée en déférentes services concernés la vie de l'homme :

7.2.1- Pour l'industrie :

L'industrie est également consommatrice d'eau douce, puisqu'elle absorbe 20 % des volumes disponibles, elle utilise l'eau pour refroidir, dissoudre, séparer les constituants de ses productions, enfin pour éliminer les résidus, elle a besoin de 100 litres pour un kilogramme de sucre, de 250 litre pour un kilo de papier, voire de 1000 litres pour un kilo d'aluminium,

malheureusement, pour produire toujours plus, l'industrie absorbe des volumes d'eau de plus en plus élevés qui pourraient au moins doubler dans les trente prochaines années à venir. [23]

7.2.2- Pour l'agriculture :

A l'heure actuelle l'irrigation représente 70% des prélèvements et les quantités augmenteront de 14% dans les trente prochaines années car la superficie des terres irriguées augmentera de 20%. [24]

7.2.3-Pour la production d'électricité :

Depuis des siècles, l'homme a utilisé l'énergie des eaux superficielles à des fins énergétiques [25] qui permet de répondre à des besoins en énergie sans importer ni brûler de combustibles fossiles émettant des gaz à effet de serre ou d'autres polluants atmosphériques car une centrale hydro énergétique au fil de l'eau utilise localement l'énergie d'une partie du débit d'une rivière pour actionner une turbine. [26]

8- Définition de l'eau potable :

L'eau potable est une eau qui doit être exempte de microorganismes pathogènes et de substances toxiques. Elle doit, par ailleurs, être limpide, incolore et ne présente aucun goût ni odeur désagréable. [27]

9- Traitement d'eau potable :

Qu'elles soient d'origine souterraine ou superficielle, 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. 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. [28]

9.1- Traitement des eaux de surface :

Le traitement physique et physico-chimique des eaux de surface se déroule en plusieurs étapes :

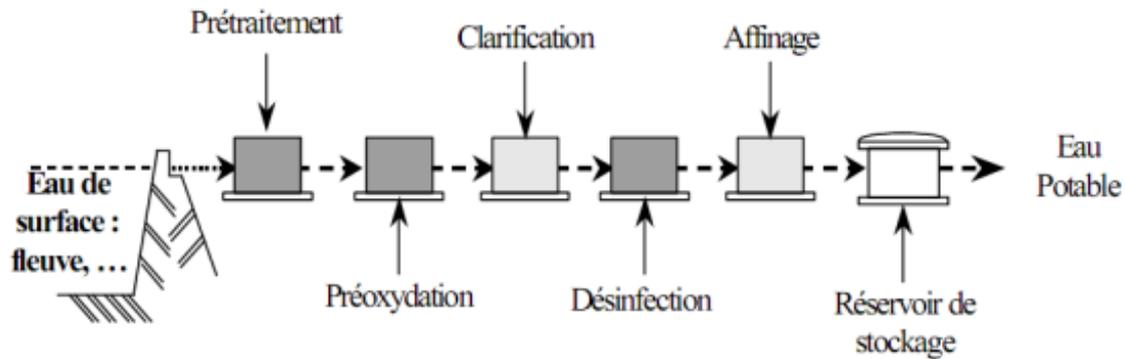


Figure 3 : Chaîne de traitement. [29]

9.1.1- Prétraitement :

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leurs traitements proprement dit, un prétraitement comportant un certain nombre d'opérations physiques ou mécaniques. Il est destiné à extraire de l'eau brute la plus grande quantité possible d'éléments, dont la nature ou la dimension constituerait une gêne pour le traitement ultérieur. Les opérations de prétraitement peuvent comporter un dégrillage, un dessablage ou un tamisage et un déshuilage. [30]

9.1.2- Pré-oxydation :

A l'issue du prétraitement, on a une eau relativement propre mais qui contient encore des particules colloïdales en suspension, et des matières organiques en solution. Celles-ci n'ont en elles-mêmes rien de dangereux, car il nous arrive souvent de consommer de l'eau en contenant tels que : le thé, le café ou le lait. Ces produits sont des eaux chargées en matières organiques, mais on sait qu'elles s'oxydent spontanément en contact avec l'air. On va donc les détruire par une pré-oxydation qui peut être faite par trois méthodes différentes : l'ajout de chlore (pré-chloration), l'ajout de dioxyde de chlore ou ajout d'ozone (pré-ozonation). [30]

9.1.3- Clarification :

C'est une étape indispensable pour le traitement, elle permet d'obtenir une eau limpide par élimination plus poussée des particules en suspension (sable, limon...), des matières colloïdales plus petites (bactéries, argiles fines...) et d'une partie des matières dissoutes (matière organique...). Elle s'effectue par coagulation-floculation, décantation flottation et une filtration. [31]

➤ **Coagulation-floculation suivie d'une décantation-flottation :**

Ce traitement permet de réduire la couleur et la turbidité normalement causées par les contaminants aux niveaux acceptables pour l'eau potable ou pour les eaux usées. L'introduction d'un coagulant, généralement un sel de fer ou d'aluminium, permet de réduire les forces de répulsion électrostatique qui existent entre les particules. Ces particules déstabilisées se rassemblent pour former un petit agrégat. Après l'étape de coagulation, la floculation a pour objectif d'accroître la cohésion des particules, elle conduit à la formation des floccs par l'ajout d'un flocculant. Le flocc se dépose au fond sous l'effet de poids. A l'inverse de la décantation, la flottation consiste à remonter les floccs en utilisant de l'air sous pression. Les floccs s'accrochent aux bulles d'air qui les entraînent à la surface. Ils sont ensuite récupérés par un système de raclage. [32]

➤ **Filtration :**

La filtration a pour objectif de retenir les dernières particules en suspension non éliminées dans le décanteur (précipité de fer, aluminium, matière organique...), en faisant circuler l'eau à travers un milieu poreux qui est le plus souvent le sable. L'efficacité de la filtration dépend de la taille des grains de sable, de la hauteur de la couche de sable et de la vitesse de filtration. Au fur et à mesure du passage de l'eau au travers du lit filtrant, les matières retenues s'accumulent dans les interstices entre les grains de sable et le filtre se colmate. Il faut donc le laver régulièrement en envoyant de bas en haut un courant d'eau et d'air qui permet de détacher et d'entraîner les particules fixées sur les grains. A la remise en service du filtre, les premières eaux sont soit rejetées au milieu naturel, soit recyclées en tête de traitement. [33]

Dans une filière moderne on utilise la filtration rapide qui est la plus répandue. Elle sera d'autant plus efficace que les grains de sables seront fins. Aussi, la filtration biologique lente, nécessite l'usage d'une couche de sable très fine. L'écoulement est suffisamment lent pour le développement d'un bio-film à la surface du sable qui a une activité épuratrice et donc il dégrade partiellement la matière organique. [33]

9.1.4- Désinfection :

Cette étape a pour objectif d'éliminer les organismes pathogènes et de maintenir un résiduel bactériostatique dans les réseaux de distribution, de manière à éviter la dégradation de l'eau, son efficacité dépend du pouvoir létal du désinfectant utilisé, du temps de contact avec l'eau, et des conditions physico-chimiques (pH, température, turbidité). [34]

La désinfection au chlore est simple à mise en œuvre, le chlore est le plus employé et le plus économique mais il a comme inconvénient de former avec certains micropolluants des composés organochlorés et de générer des mauvais goûts. Aussi, il a l'avantage d'être rémanent : une fois que les réactions d'oxydation ont eu lieu, il ne disparaît que lentement. L'ozone est un désinfectant puissant, capable d'éliminer les virus et les bactéries. [34]

9.1.5- Traitement d'affinage :

L'objectif est d'éliminer les matières organiques et les matières minérales et améliorer la qualité organoleptique de l'eau. L'adsorption est un phénomène de surface consistant en la fixation de certains ions ou molécules du corps adsorbé sur les molécules du corps adsorbant. L'adsorbant le plus utilisé est le charbon actif. [35]

9.2- Traitement des eaux souterraines :

La moitié des eaux souterraines que nous consommons n'a besoin d'aucun traitement mais certaines d'entre elles présentent toutefois, naturellement, des teneurs excessives en certains éléments (fer, manganèse, turbidité). D'autres dépourvues de protection naturelle, sont soumises à des pollutions ponctuelles (souvent accidentelles), diffuses (nitrates et produits phytosanitaires) ou microbiologiques (liées à certains aquifères sensibles tels que les milieux fissurés karstiques ou à des contaminations de proximité au niveau des installations de captage) et donc doivent subir un traitement spécifique avant mise en distribution. [28]

CHAPITRE II
LES PARAMETRES DE
QUALITE D'UNE EAU
POTABLE

II- Les paramètres physico-chimiques :

II.1- Les paramètres organoleptiques :

Ces paramètres sont liés aux propriétés sensibles de l'eau : couleur, gout, odeur, transparence. Ils n'ont pas de valeur immédiate pour la santé et l'eau potable doit être clair, incolore, sans gout ni odeur désagréable.

II.1.1- Couleur :

Paramètre qui traduit une nuisance d'ordre esthétique, la coloration des eaux peut avoir une origine naturelle, industrielle chimique, ou biologique.

Cet élément va être éliminé pour rendre l'eau agréable à boire, même une fois traitée n'est jamais rigoureusement incolore (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 15 UC (Unité de couleur) à partir duquel le consommateur peut percevoir la coloration de l'eau dans un verre d'eau. [36]

II.1.2-Odeur et goût :

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 flairant certaines substances volatiles. La qualité de cette sensation particulière provoquée par chacune de ces substances. D'autre part 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. [8]

Dans le cas d'une eau potable, l'apparition ou le changement de goût et d'odeur peuvent être signe d'activité microbienne et de lacune dans le traitement ou de contamination dans le réseau de distribution. Par ailleurs, une eau traitée peut avoir un goût plus prononcé qu'une eau non potable du fait du chlore résiduel. [37]

II.2- Les paramètres physiques :

II.2.1- Température :

C'est l'une des caractéristiques physiques les plus importantes, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de

Chapitre II : Les paramètres de qualité d'une eau potable

l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. [38]

II.2.2- pH :

Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est-à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. On admet généralement qu'un pH naturel situé entre 6,5 et 8,5 caractérise des eaux où la vie se développe de manière optimale. [39]

Tableau 2 : Classification des eaux selon leur pH. [40]

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

II.2.3- La conductivité :

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 [41]. L'unité de la conductivité électrique est le siemens par mètre (S/m) mais est généralement exprimée en micro-siemens par centimètre (µS/cm).

La conductivité à la plupart du temps, une origine naturelle due au lessivage des terrains ou une origine d'activité humaine (agricole ou domestique) contribuant aussi à l'accroissement de la conductivité. Elle est également en fonction de la température de l'eau, et proportionnelle à la minéralisation. Elle est très utile pour mettre en évidence la qualité de l'eau. [42]

Chapitre II : Les paramètres de qualité d'une eau potable

Tableau 3 : Minéralisation des eaux en fonction de la conductivité. [43]

| Conductivité en $\mu\text{S/cm}$ | Minéralisation |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| $\text{Cond} < 100$ | Eau de minéralisation très faible |
| $100 \leq \text{Cond} \leq 200$ | Eau de minéralisation faible |
| $200 \leq \text{Cond} \leq 400$ | Eau de minéralisation peu accentuée |
| $400 \leq \text{Cond} \leq 600$ | Eau de minéralisation moyenne |
| $600 \leq \text{Cond} \leq 1000$ | Eau de minéralisation importante |
| $\text{Cond} \geq 1000$ | Eau de minéralisation excessive |

II.2.4- Turbidité :

La turbidité des eaux étant généralement due à la matière colloïdale (les matières inertes ou vivants exemples : argiles, hydroxyde métallique, les microorganismes, les fibres, protéines,) et aussi à couleur à cause de la présence des matières organiques dissoutes de fer ferrique à l'état d'hydroxyde colloïdale, de fer ferreux à des complexes organiques. La turbidité est déterminée par la méthode céphalométrique qui se base sur la diffraction de la lumière pour cela on utilise un turbidimètre. [44]

Tableau 4 : classes de turbidité usuelle le (NTU). [44]

| | |
|-----------------------|------------------------|
| $\text{NTU} < 5$ | Eau claire |
| $5 < \text{NTU} < 30$ | Eau légèrement trouble |
| $\text{NTU} > 50$ | Eau trouble |

II.3- Les paramètre de pollution :

II.3.1- Nitrites (NO_2^-) :

Les ions nitrites (NO_2^-) sont un stade intermédiaire entre l'ammonium (NH_4^+) et les ions nitratent (NO_3^-). Les bactéries nitrifiantes transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, nécessite une forte consommation d'oxygène, c'est la nitratation. [45]

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la température. Ils provoquent une dégradation de l'hémoglobine du sang des poissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Les organismes aquatiques meurent par asphyxie. [45]

II.3.2- Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrates sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes. [46]

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes transforment les nitrites en nitrates.

Les nitrates ne sont pas toxiques, mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. [45]

II.3.3- les phosphates (PO_4^{3-}) :

Ces sels peuvent être présents dans les eaux sous des formes et des concentrations variables :

- Acide phosphorique des effluents d'usine d'engrais phosphatés avec présence de HF et de SiO_2 ,
- Phosphates des eaux usées domestiques,
- Phosphate des purges de chaudières,
- Polyphosphates et hexaméta-phosphate de circuits de refroidissement. [47]

II.3.4- L'ammonium (NH_4^+) :

L'ammonium n'a pas d'effet appréciable sur la santé du consommateur mais sa présence dans les eaux est un indicateur de pollution dans les eaux profondes, sa présence peut également être due aux conditions réductrices régnant dans une nappe, il doit être éliminé dans les eaux de consommation car c'est un élément qui peut permettre à certaines bactéries de proliférer dans les réseaux de distribution. [12]

II.4- Minéralisation globale :

II.4.1- Calcium (Ca^{2+}) :

C'est un élément dominant dans les eaux potables et il traduit la dureté de l'eau, il est trace dans les eaux de pluie, les quantités susceptibles d'être ingérée sous forme de poison sont inférieures aux quantités nécessaires à l'organisme, estimée approximativement à 0.7g/j. [12]

II.4.2- Magnésium (Mg^{2+}) :

Le magnésium peut avoir d'une part une origine provenant de la dissolution des roches dolomitiques, magnésites, basaltes et argiles et d'autre part une origine industrielle. Son abondance géologique et sa grande solubilité font que les teneurs dans l'eau peuvent être

Chapitre II : Les paramètres de qualité d'une eau potable

importantes allant de quelques milligrammes à quelques centaines de milligrammes par litre. A partir d'une concentration supérieure à 100 mg/l, le magnésium donne à l'eau un goût désagréable. [48]

II.4.3-Titre hydrotimétrique (TH) :

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspond à la somme des concentrations en cations métalliques à l'exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène.

Le titre hydrotimétrique représente la concentration en ions alcalinoterreux présents dans l'eau.

On distingue :

A) TH total : teneur en Ca et Mg.

B) TH calcique : teneur en Ca. [41]

II.4.4- Chlorures (Cl⁻) :

Les chlorure existent dans toutes les eaux à des concentrations variables ils peuvent avoir plusieurs origines :

- Percolation à travers des terrains salés.
- Infiltration d'eaux marines dans les nappes phréatiques.
- Activités humaines et industrielles.

Les normes algériennes préconisent pour les chlorures une concentration maximale acceptable de 200 mg/l et une concentration maximale admissible de 500mg/l, une présence excessive des chlorures dans l'eau d'alimentation, la rend corrosive pour les réseaux de distribution et nocive pour les plantes. Une forte fluctuation des chlorures dans le temps peut être considérée comme indice de pollution. [49]

II.4.5- Alcalinité :

L'alcalinité d'une eau correspond à sa capacité à réagir avec les ions hydrogènes (H⁺) qui est due à la présence des ions hydrogénocarbonates (HCO₃⁻), carbonate (CO₃²⁻) et hydroxyde (OH⁻). La norme ISO 9963 définit différents types d'alcalinité :

- Titre Alcalimétrique Complet (TAC) : Correspondant à l'alcalinité totale au pH de 4.5, ce qui revient à déterminer les ions HCO₃⁻, CO₃²⁻, OH⁻.

Chapitre II : Les paramètres de qualité d'une eau potable

- Titre Alcalimétrique simple (TA) (Alcalinité composite) : Elle correspond à l'alcalinité entraînée par les ions OH^- et à la moitié des ions CO_3^{2-} . Cette alcalinité est nulle pour une eau dont le pH est inférieur ou égale à 8,3. [50]

➤ Intérêt de la détermination de l'alcalinité :

C'est un paramètre très important pour l'eau distribuée dans les canalisations du fait de son action sur celle-ci. En effet, le TAC ne doit pas être considéré seul mais doit être pris en compte dans un ensemble de paramètres tels que la minéralisation, le pH, la température et la dureté de l'eau. Cet ensemble de paramètres permet de définir le caractère de l'eau par rapport à l'équilibre calco-carbonique. [50]

II.4.6- Equilibre calco-carbonique :

En considérant une eau contenant du CO_2 et mise en contact avec du carbonate de calcium (CaCO_3) solide en excès, ce dernier est attaqué par le CO_2 .

Au bout d'un certain temps, un équilibre physico-chimique se produit alors qu'il reste encore du CaCO_3 solide et du CO_2 dissous. La réaction prépondérante est la suivante :



Il existe donc un équilibre de saturation du CaCO_3 et un pH de saturation du CaCO_3 puisque le pH dépende du rapport : CO_2 libre / CO_2 des hydrogénocarbonates. Si la totalité d'anhydride carbonique contenue dans une eau est supérieur à la dose d'anhydride carbonique agressif, ce dernier, en détruisant les carbonates, empêche le dépôt carbonaté protecteur sur les parois métalliques en contact avec les eaux. [51]

Ont situé le problème de façon suivante :

CO_2 libre > CO_2 équilibrant = présence de CO_2 agressif = eau agressive.

CO_2 libre = CO_2 équilibrant = absence de CO_2 agressif = eau en équilibre.

CO_2 libre < CO_2 équilibrant = déficit en CO_2 agressif = eau incrustante.

II.4.7- Oxygène dissous :

Sur la terre comme dans l'eau, l'oxygène est indispensable à la très grande majorité des organismes vivants. Dans l'eau, la solubilité de l'oxygène varie en fonction de la température de l'eau et de la pression atmosphérique. Ainsi, l'eau froide peut contenir une concentration

plus élevée d'oxygène dissous que l'eau chaude, tout comme les lacs situés à basse altitude par rapport aux lacs alpins. [52]

II.4.7- Sodium (Na^+) :

Le sodium est un métal alcalin que l'on trouve dans des sels sous forme d'ion Na^+ c'est un élément constant de l'eau, mais sa teneur peut y varier considérablement, d'une façon générale. Il est très soluble dans l'eau et se trouve à des concentrations plutôt faibles dans les eaux brutes. Il affecte les qualités organoleptiques de l'eau lorsque sa concentration dépasse 200 mg/l. [53]

II.4.8- Potassium (K^+) :

Le potassium est généralement peu concentré dans les eaux naturelles. Dans les eaux souterraines, sa concentration ne dépasse généralement pas 10 mg/l .De plus fortes teneurs peuvent, cependant, être observées dans des eaux ayant traversé des formations évaporitiques. [54]

Le potassium joue un rôle important dans le système hydrique de l'homme et il intervient dans les fonctions nerveuses. Toutefois, quand les reins fonctionnent mal, il y a une accumulation de potassium, ce qui peut entraîner une perturbation des battements du cœur. [55]

II.4.9- Sulfates (SO_4^{2-}) :

Les eaux naturelles contiennent pratiquement toujours des sulfates, en proportion très variables. Leur présence résulte de la légère solubilité du sulfate de calcium des roches gypseuses, et d'oxydation des sulfures répandus dans les roches. [56]

II.5- Les paramètres indésirables :

II.5.1- Fer (Fe^{2+}) :

Elément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure); les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{++} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{+++} (ion ferrique). Le fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations. [57]

Chapitre II : Les paramètres de qualité d'une eau potable

La concentration maximale de fer acceptable dans une eau de boisson a été fixée à 0,3 mg/L par l'OMS (2008). Cette norme a été définie pour répondre plus à des critères esthétique et organoleptique qu'à des critères sanitaires. En effet, l'ingestion de fer semble plus nécessaire à l'homme. Cet élément est généralement conseillé aux hommes qui ont une carence en fer. Toute fois Les fortes teneurs en fer confèrent à l'eau un goût métallique désagréable, un aspect et une couleur rouge brun. [58]

II.5.2- Manganèse (Mn^{2+}) :

Le manganèse est un métal lourd que l'on trouve dans les milieux urbains. Leur origine est multiple, il provient des produits consommés au sens large par la population, aux effluents d'égouts, des eaux pluviales. [59]

Le manganèse est généralement associé au fer mais en quantité plus faible. C'est le Mn^{2+} qui soluble dans les eaux naturelles bien que le manganèse présente de nombreux autres états d'oxydation. [60]

La teneur en Manganèse est limitée à 0,05 mg/l dans les eaux potables pour le goût qu'il peut communiquer, pour les taches et les dépôts qu'il peut occasionner et aussi parce qu'il favorise la croissance de certains micro-organismes. (La teneur souhaitable est inférieure ou égale à 0,01mg/l). [59]

II.5.3- Cuivre (Cu^{2+}) :

L'objectif de qualité esthétique pour le cuivre présent dans l'eau potable est de $\leq 1,0$ mg/l; cet objectif a été fixé pour assurer la palatabilité de l'eau et pour réduire au minimum les taches sur la lessive et les accessoires de plomberie. Le cuivre est un élément essentiel pour le métabolisme humain et il est bien connu que sa carence entraîne divers troubles cliniques, notamment l'anémie nutritionnelle chez les nourrissons. [61]

II.5.4- Aluminium (Al^{3+}) :

Origine :

- ✓ Roches ; sols ;
- ✓ Industrie : traitement de surface métallurgie, industrie de l'alumine, colorants, industrie pétrochimique ;
- ✓ Traitement par floculation en alimentation en eau potable.

Dosage par absorption atomique. Effet écologique : peu d'effets toxiques pour des doses de plusieurs dizaines de mg/l et jusqu'à 1 g/l sur la plupart des organismes vivants ; la toxicité varie suivant la forme chimique (spéciation) ; elle est nettement plus forte en eaux douces et acides. A.E.P : limitée en distribution à 0,2 mg/l Al (cas général) ; Dépôts dans les canalisations ; Turbidité de l'eau. [62]

II.6- Les paramètres de toxicité :

II.6.1- Arsenic (As) :

L'Arsenic est un métalloïde souvent rencontré dans les eaux souterraines à des concentrations supérieures aux normes européennes ou américaines (10 µg/l). Certains auteurs considèrent qu'actuellement l'arsenic constitue le principal risque lié à l'ingestion d'eau au niveau mondial. Ceci justifie la baisse de la valeur de la concentration limite dans l'eau potable, de 50 à 10 µg/l. [10]

Sa présence dans l'environnement et par voie de conséquence dans l'eau est à relier à un certain nombre de pollutions : rejets d'eaux résiduaires industrielles, combustion du charbon ou de déchets, dépôts de résidus industriels, utilisation d'engrais, phosphates, d'herbicides, d'insecticides et de détergents. [51]

II.6.2- Cadmium (Cd) :

Le cadmium est un des métaux les plus toxiques. Il n'a aucun effet bénéfique connu. Ce métal est présent en concentration de plusieurs dizaines de ppm dans les phosphates et dans certains calcaires. L'usage industriel du cadmium est assez limité. Dans certains cas les contaminations d'origine naturelle peuvent aussi conduire à un certain risque. [10]

II.6.3- Cyanures (CN) :

Les cyanures sont présents dans les eaux sous différentes formes d'acide cyanhydrique ou prussique, on peut les trouver sous forme d'ions cyanure, et de cyanure complexé (complexes de cyanure).

L'intoxication aiguë avec des quantités importantes de cyanures (100 mg en CN⁻) a un caractère foudroyant (vertiges, pertes de connaissance, convulsions, cyanose, arrêt respiratoire). L'intoxication chronique se caractérise par l'asthénie, une perte de poids, des troubles digestifs, nerveux et cardiaques. Les cyanures retrouvés dans les eaux proviennent généralement des eaux résiduaires industrielles. [51]

II.6.4- Chrome (Cr) :

Le chrome présente un comportement original. En effet, à pH neutre, il est présent sous forme d'anion (chromate et bichromate) en milieu aérobie alors qu'il précipite en milieu anaérobie. Par ailleurs, le Cr VI est environ 100 fois plus toxique que le Cr III. Il conviendra donc d'être particulièrement attentif aux réactions d'oxydation dans les eaux contaminées de chrome. [10]

II.6.5- Mercure (Hg) :

Le mercure est un élément toxique qui n'accomplit aucune fonction physiologique utile chez l'homme ; en conséquence, on a fixé une concentration maximale acceptable de 0,001 mg/l (1 µg/l) de mercure dans l'eau potable. La contamination de l'eau par le mercure cause de sérieuses préoccupations en raison de sa bioaccumulation sous forme organique. [63,64]

II.6.6- Nickel (Ni) :

Selon RODIER, le fait que le nickel ne soit généralement pas retrouvé dans les eaux souterraines ou en quantités très faibles indique que la présence de ce métal est principalement liée aux activités humaines. Les quantités retrouvées dans les eaux de surface varient de quelques microgrammes à 100 µg/L. [51]

II.6.7- Plomb (Pb) :

Existe majoritairement sous forme inorganique, par opposition à sa forme organique notamment le plomb tétra-éthyl qui provient le plus souvent de la combustion des carburants et dont la toxicité est plus importante pour les organismes aquatiques. Le plomb est en effet responsable de nombreuses atteintes néfastes chez l'homme (troubles de cerveau, de reproduction et de métabolisme). La toxicité du plomb est induite par les ions de plomb réagissant avec certains groupes de protéines, telles que les enzymes. Celles-ci sont alors inhibées. Le plomb peut également interagir avec d'autres ions métalliques. [65]

L'OMS, préconise une concentration maximale admissible de 0,05 mg/L. Dans le cas de canalisations en plomb, la teneur en plomb ne devrait pas être supérieure à 0,05 mg/L dans un échantillon prélevé après écoulement. Si l'échantillon est prélevé directement ou après écoulement et que la teneur en plomb dépasse fréquemment ou sensiblement 0,1 mg/L, des mesures appropriées doivent être prises afin de réduire les risques d'exposition du consommateur. La réglementation algérienne retient cette même valeur de 0.05 mg/L. [66]

II.6.8- Sélénium (Se) :

L'état de Valence du Sélénium retrouvé dans les eaux est mal connu ; il est fonction de son origine, celle-ci pouvant être liée au lessivage naturel des sols ou à des rejets industriels (sélénates, sélénites, séléniures,) ; par ailleurs, il existe aussi des composés organiques tels que les acides séléno-aminés, le diméthyle sélénium, le tri méthyl sélénium. [51]

II.2- Les paramètres bactériologiques :

II.2.1- Les coliformes totaux :

Sous le terme de « coliformes » est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae, correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, aéro/anaérobies facultatifs, possèdent des propriétés caractéristiques de structure et de culture à 35- 37C°, ils sont sensibles au chlore. Ils se répartissent en deux catégories: - Les germes thermophiles ; - Les germes psychrophiles (aquatique ou terrigène). Leur intérêt plus moindres pour détecter une contamination d'origine fécale. Les coliformes comprennent les genres : Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Klebsiella, Yersinia, Sérratia. [67]

II.2.2- Les coliformes fécaux :

Ou coliformes thermo-tolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'Escherichia coli (E. coli). Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales. Par ailleurs, puisque les coliformes fécaux ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations. Ils sont aussi de bons indicateurs de l'efficacité du traitement de l'eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction. [4]

II.2.3- Les streptocoques fécaux :

Ce sont des bactéries sphériques groupées en paires ou en chaînes, Gram positif, catalase négative et anaérobies facultatives. Ce groupe est divisé en deux sous-groupes : Enterococcus et Streptococcus. Ce sont les streptocoques possédant une substance antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield. [67]

II.2.4- Les clostridiums sulfito- réducteur :

Le genre bactérien regroupant des bacilles à gram positif anaérobie souvent sporulés, anaérobies stricts. Pour la plupart mobile en générale par l'intermédiaire de flagelles péritriches. Leur présence indique une ancienne contamination. [60]

CHAPITRE III
POLLUTION DES EAUX

1- définition de la pollution de l'eau :

Une eau est dite polluée lorsque sa composition ou son état est directement ou indirectement dégradé. L'eau souterraine, qui est jugée la plus potable, est la ressource la plus couramment utilisée dans les pays en développement. Cependant, cette eau est aussi très vulnérable à la pollution. [68]

2- Origine de la pollution :

2.1- Origine naturelle :

Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de pollution ; exemple, une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbures, le contact avec des filons géologiques (métaux, arsenic), une source thermo minérale etc. [62]

2.2- Origine domestique :

C'est une pollution qui provient des habitations. Elle est en général véhiculée par un réseau d'assainissement, qui collecte les rejets de chaque foyer ou centre d'activité, vers une station de traitement des eaux usées. Elle est caractérisée par de fortes teneurs en matières organiques, des sels minéraux dont l'azote et le phosphore et des germes fécaux, etc. [69]

2.3- Origine industrielle :

Le degré et la nature de la pollution générée par des rejets industriels varient suivant la spécificité de chaque activité industrielle. Certains rejets troublent la transparence et l'oxygénation de l'eau, ils peuvent aussi causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, pesticides, radioéléments...). [70]

2.4- Origine agricole :

Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :

- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant :
 - Des engrais ;
 - Des purins et lisiers (élevage) ;
- La présence de produit chimique de traitement (pesticides, herbicides...) ; [62]

3- Les types de la pollution :

3.1- Pollution physique :

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes, par ordre croissant de taille : les virus, les bactéries, les protozoaires et les helminthes. [71]

- **Pollution mécanique :**

Elle résulte des décharges de déchets et de particules solides apportés par les eaux résiduaires industrielles, ainsi que les eaux de ruissellement. Ces polluants sont soit les éléments grossiers soit du sable ou bien les matières en suspension MES. [72]

- **Pollution thermique :**

Les eaux rejetées par les usines utilisant un circuit de refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries, aciéries..); l'élévation de température qu'elle induit diminue la teneur en oxygène dissous. Elle accélère la biodégradation et la prolifération des germes. Il se trouve qu'à charge égale, un accroissement de température favorise les effets néfastes de la pollution. [72]

- **Pollution radioactive :**

Il s'agit de l'introduction, directe ou indirecte, par l'activité humaine, de substances radioactives dans l'environnement, susceptibles de contribuer ou de causer un danger pour la santé de l'homme, des détériorations aux ressources biologiques, aux écosystèmes ou aux biens matériels, une entrave à un usage légitime de l'environnement. [73]

3.2- Pollution chimique :

La pollution chimique de l'eau devient de nos jours une préoccupation de santé publique qui prend des formes multiples, certaines formes de pollution chimique échappent souvent aux méthodes ordinaires de traitement de l'eau et posent par conséquent des problèmes complexes de pollution ; tant au niveau des eaux de surface qu'au niveau des nappes souterraines. [74]

3.3- La pollution microbienne :

La pollution microbiologique peut être de nature virale, parasitaire ou bactérienne. Les polluants microbiologiques entraînent un déficit en oxygène dissous et une apparition des odeurs désagréables. Les polluants bactériologiques et viraux sont les plus dangereux, ils provoquent des maladies mortelles comme la typhoïde et le choléra. [75,76]

4- Impact de la pollution de l'eau :

4.1- Sur la santé humaine :

Le risque hydrique survient de manière directe ou indirecte. Dans le premier cas, il résulte d'un contact avec l'eau contaminée elle-même (eau usée, eau de loisirs ou de boisson). Dans le second cas, il survient d'aliments ou d'air contaminé par des aérosols, d'eau chaude sanitaire, de stations de traitement des eaux. [77]

Selon l'OMS [78], les contaminations hydriques sont essentiellement de nature biologique ou chimique. Les contaminants biologiques sont des bactéries (saprophytes, opportunistes), des virus, des parasites et des algues. Le risque microbien est, de loin, le plus évident à l'échelle mondiale. [79]

Le tableau ci-dessous représente les effets des polluants de l'eau sur la santé humaine.

Tableau 5 : les effets des polluants de l'eau sur la santé humaine. [80]

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

4.2- Sur la nature :

La pollution des eaux conduit à des altérations physico-chimiques des biotopes. Il en résulte des bouleversements biocénotiques qui transforment entièrement la structure de la communauté vivante.

Selon RAMADE [81], l'impact des eaux usées sur la faune se manifestent par la diminution de la diversité spécifique, le polluant élimine un nombre important d'espèces, tandis que les espèces tolérantes à la pollution se mettent à pulluler. L'impact des polluants hydriques sur la flore est différent d'une espèce à une autre. Les espèces végétales les plus sensibles sont caractérisées par un taux de mortalité très élevé dès le contact avec des polluants (il s'agit surtout d'espèces bio-indicatrices de pollution). [82]

PARTIE
EXPERIMENTALE

CHAPITRE I
PRESENTATION DES
ZONES D'ETUDES

L'objectif de notre travail inclure la détermination de la qualité de l'eau du robinet distribuée par ADE dans les zones Boudouaou et Cap Djinet (les deux zones dans la wilaya de Boumerdès) en réalisant des analyses physico-chimiques et bactériologiques et en finalisant sa qualité.

Présentation de la SEAAL

Présentation de la SEAAL :

La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL), est une Société Publique par actions, détenue à 70% par l'Algérienne des Eaux (ADE) et à 30% par l'Office National de Assainissement (ONA).

La principale mission de SEAAL est de produire et de desservir en Eau potable les wilayas d'Alger et de Tipasa, et de collecter et traiter les Eaux usées au niveau de ces deux Elle ainsi 3.8 millions d'habitants soit environ 10% de la population Nationale.

SEAAL gère également la Station de Traitement d'eau potable de Taksebt (la plus importante station de traitement algérienne) qui approvisionne en eau potable les Wilayas de Tizi-Ouzou, Boumerdes et Alger.

Le rôle de SEAAL : est ainsi clairement défini en matière d'assainissement. Cependant, la contribution de tous les citoyens est indispensable afin, d'une part, de s'assurer que leurs rejets sont intégralement collectés par le réseau public et, d'autre part, qu'ils ne perturbent pas le bon fonctionnement des dispositifs de collecte et de traitement des eaux usées

Défis et enjeux :

Les défis de SEAAL consistaient, d'une part, à moderniser rapidement le service (eau, assainissement, clientèle, patrimoine...) à un niveau de standard international, et d'autre part, à autonomiser à terme, la structure publique grâce à un transfert de savoir-faire de SUEZ Environnement au profit des équipes locales. Le dispositif organisationnel mis en place assure une communication transparente, claire et fiable entre les acteurs pour atteindre une confiance durable.

Valeurs de la société :

Les valeurs à travers lesquelles se définit SEAAL procèdent de la mise en place d'une véritable « Culture d'Entreprise » où la notion d'appartenance prend tout son sens .Le développement de cette « Culture d'Entreprise » ne pouvait se concrétiser qu'à travers le

partage de références incontournables telles que la compréhension des enjeux de la modernisation du Service Public, la mobilisation pour en améliorer la performance et l'exigence de donner une image correspondant aux attentes des clients. Cela s'est matérialisé.

I.1 Présentation de la zone d'étude Boudouaou :

I.1.1 Situation géographique de Boudouaou :

Boudouaou est une commune algérienne de la wilaya de Boumerdès, située à l'est d'Alger et à au sud-ouest de Boumerdès [83]. Il compte 135 416 habitants sur une superficie de 82 km².

La densité de population du Daïra de Boudouaou est donc de 1 651,4 habitants par km².

Boudouaou, Ouled Hedadj et Boudouaou El Bahri sont les plus grandes villes du Daïra de Boudouaou parmi les 5 villes qui le compose.

Le Climat méditerranéen avec été chaud est le climat principal du Daïra de Boudouaou.

Le Daïra de Boudouaou fait partie de la Wilaya de Boumerdès.[84]

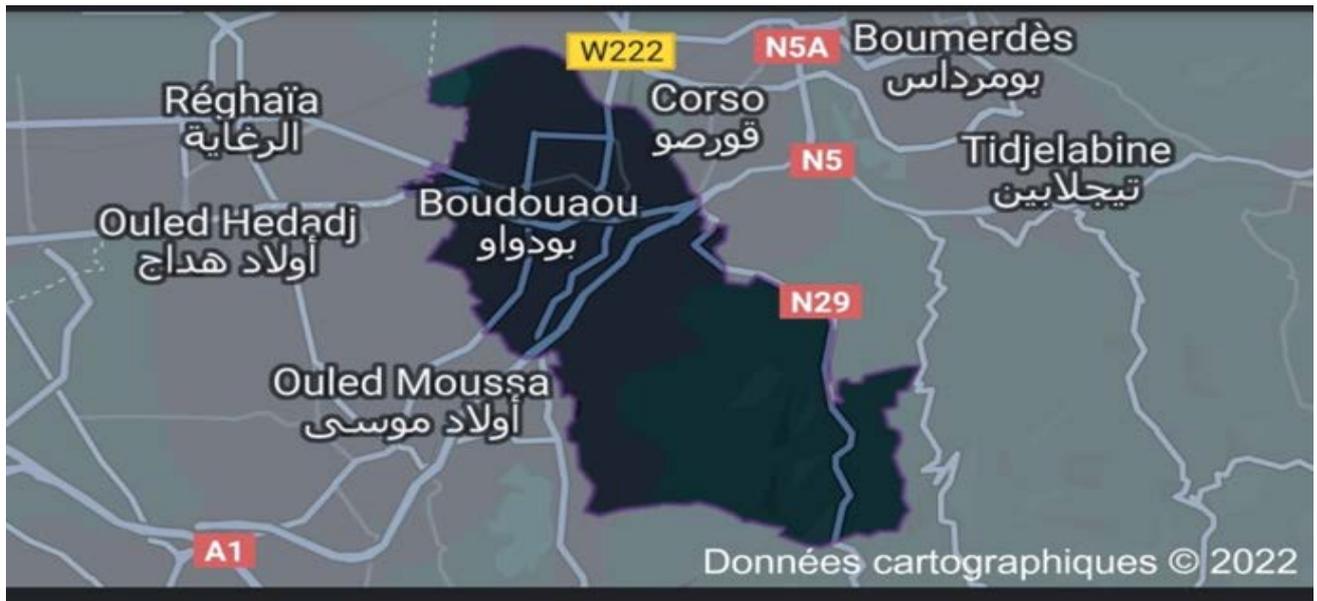


Figure 4 : Situation générale de la commune Boudouaou. (Google maps 2022)

I.1.2 Etude climatique de Boudouaou :

Boudouaou possède un climat méditerranéen chaud avec été sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger. Sur l'année, la température moyenne à Boudouaou est de 17.5°C et les précipitations sont en moyenne de 645.2 mm. [85]

I.1.2.1 Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Boudouaou

À Boudouaou, les étés sont très chauds, lourd, sec et dégagé dans l'ensemble et les hivers sont longs, frisquet, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 6 °C à 32 °C et est rarement inférieure à 2 °C ou supérieure à 35 °C. [86]

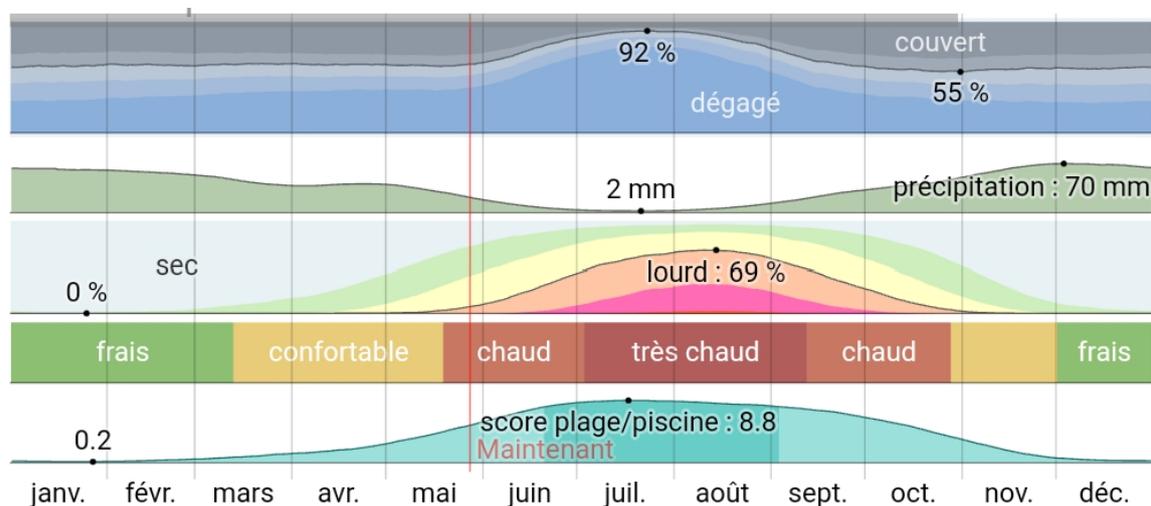


Figure 5 : Météo mensuelle pour Boudouaou. [86]

I.1.2.2 Température moyenne à Boudouaou :

La saison très chaude dure 3,0 mois, du 22 juin au 21 septembre, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 28 °C. Le mois le plus chaud de l'année à Boudouaou est août, avec une température moyenne maximale de 31 °C et minimale de 20 °C. [86]

La saison fraîche dure 4,0 mois, du 24 novembre au 23 mars, avec une température quotidienne moyenne maximale inférieure à 19 °C. Le mois le plus froid de l'année à Boudouaou est janvier, avec une température moyenne minimale de 6 °C et maximale de 16 °C. [86]

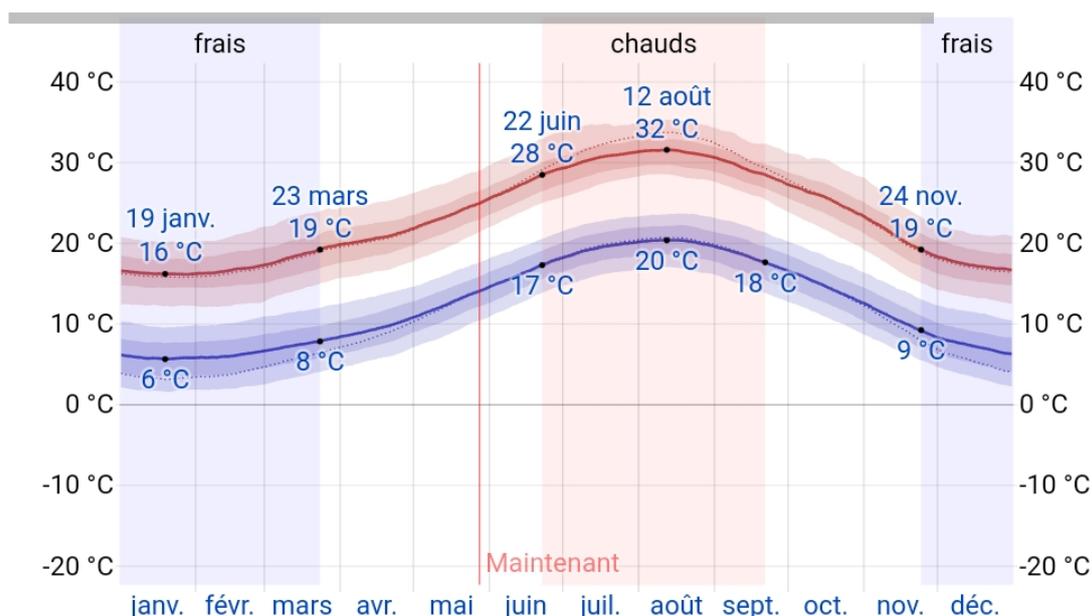


Figure 6 : Température moyenne à Boudouaou. [86]

La température moyenne quotidienne maximale (ligne rouge) et minimale (ligne bleue), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. Les fines lignes pointillées sont les températures moyennes perçues correspondantes. [86]

I.1.2.3 Précipitations :

A jour de précipitation est un jour au cours duquel on observe une accumulation d'eau ou mesurée en eau d'au moins 1 millimètre. La probabilité de jours de précipitation à Boudouaou varie au cours de l'année. [86]

La saison connaissant le plus de précipitation dure 7,8 mois, du 21 septembre au 15 mai, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 15 %. Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitation à Boudouaou est novembre, avec une moyenne de 7,9 jours ayant au moins 1 millimètre de précipitation. [86]

La saison la plus sèche dure 4,2 mois, du 15 mai au 21 septembre. Le moins ayant le moins de jours de précipitation à Boudouaou est juillet, avec une moyenne de 0,7 jour ayant au moins 1 millimètre de précipitation. [86]

Pour les jours de précipitation, nous distinguons les jours avec pluie seulement, neige seulement ou un mélange des deux. Le mois avec le plus grand nombre de jours de pluie seulement à Boudouaou est novembre, avec une moyenne de 7,9 jours. En fonction de ce

classement, la forme de précipitation la plus courante au cours de l'année est de la pluie seulement, avec une probabilité culminant à 29 % le 19 novembre. [86]

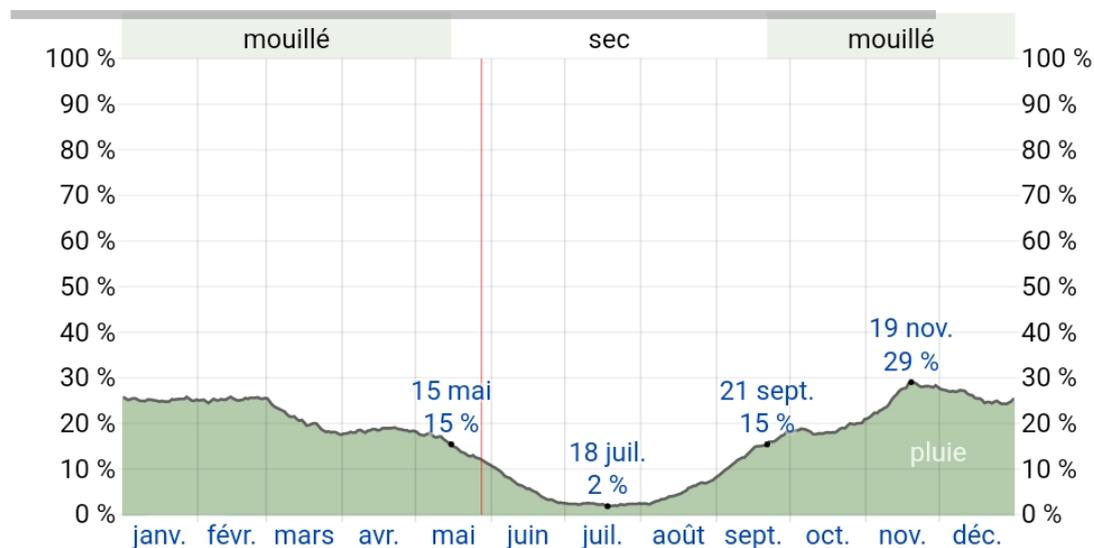


Figure 7 : Probabilité de précipitation quotidienne à Boudouaou. [86]

Le pourcentage de jours durant lesquels divers types de précipitation sont observés, excepté les quantités traces : pluie seulement, neige seulement et mélange (de la pluie et de la neige sont tombées au cours de la même journée). [86]

I.1.2.4 Pluie :

Pour montrer la variation au cours des mois et pas seulement les totaux mensuels, nous montrons l'accumulation de pluie au cours d'une période glissante de 31 jours centrée sur chaque jour de l'année. Boudouaou connaît des variations saisonnières considérables en ce qui concerne les précipitations de pluie mensuelles. [86]

La période pluvieuse de l'année dure 9,3 mois, du 30 août au 9 juin, avec une chute de pluie d'au moins 13 millimètres sur une période glissante de 31 jours. Le mois le plus pluvieux à Boudouaou est décembre, avec une chute de pluie moyenne de 68 millimètres. [86]

La période sèche de l'année dure 2,7 mois, du 9 juin au 30 août. Le mois le moins pluvieux à Boudouaou est juillet, avec une chute de pluie moyenne de 3 millimètres. [86]



Figure 8 : Pluviométrie mensuelle moyenne à Boudouaou. [86]

La quantité de pluie moyenne (ligne continue) accumulée au cours d'une période glissante de 31 jours centrée sur le jour en question, avec bandes du 25e aux 75 percentiles et du 10e au 90e percentile. La fine ligne pointillée représente la chute de neige moyenne correspondante. [86]

I.1.2.5 Humidité :

Nous estimons le niveau de confort selon l'humidité sur le point de rosée, car il détermine si la transpiration s'évaporerait de la peau, causant ainsi un rafraîchissement de l'organisme. Les points de rosée plus bas sont ressentis comme un environnement plus sec et les points de rosée plus haut comme un environnement plus humide. Contrairement à la température, qui varie généralement considérablement entre le jour et la nuit, les points de rosée varient plus lentement. Ainsi, bien que la température puisse chuter la nuit, une journée lourde est généralement suivie d'une nuit lourde. [86]

Boudouaou connaît des variations saisonnières extrêmes en ce qui concerne l'humidité perçue. [86]

La période la plus lourde de l'année dure 4,0 mois, du 9 juin au 10 octobre, avec une sensation de lourdeur, oppressante ou étouffante au moins 17 % du temps. Le mois ayant le plus grand nombre de jours lourds à Boudouaou est août, avec 20,5 jours lourds ou plus accablants. [86]

Le mois ayant le moins de jours lourds à Boudouaou est janvier, avec 0,0 jour lourd ou plus accablants. [86]

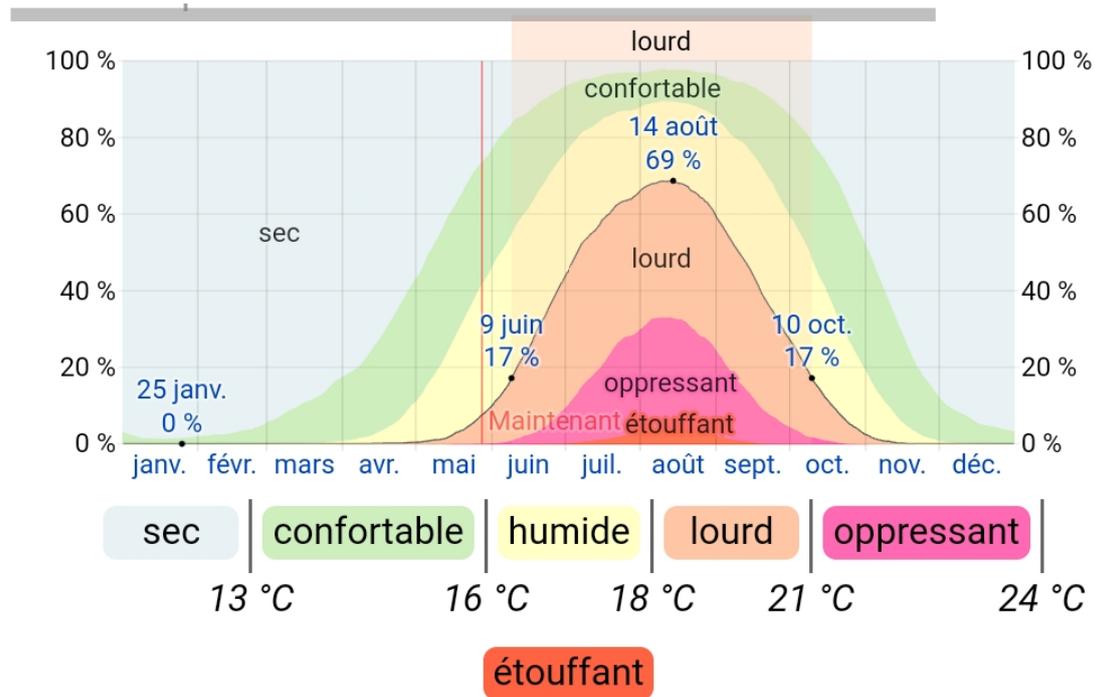


Figure 9 : Niveaux de confort selon l'humidité à Boudouaou. [86]

Le pourcentage de temps passé dans divers niveaux de confort selon l'humidité, catégorisés par le point de rosée. [86]

I.1.2.6 vent :

Cette section traite du vecteur vent moyen horaire étendu (vitesse et direction) à 10 mètres au-dessus du sol. Le vent observé à un emplacement donné dépend fortement de la topographie locale et d'autres facteurs, et la vitesse et la direction du vent instantané varient plus que les moyennes horaires. [86]

- **Vitesse moyenne du vent à Boudouaou :**

La vitesse horaire moyenne du vent à Boudouaou connaît une variation saisonnière modérée au cours de l'année. [86]

La période la plus venteuse de l'année dure 5,5 mois, du 30 octobre au 15 avril, avec des vitesses de vent moyennes supérieures à 14,1 kilomètres par heure. Le mois le plus venteux de l'année à Boudouaou est décembre, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 16,1 kilomètres par heure. [86]

La période la plus calme de l'année dure 6,5 mois, du 15 avril au 30 octobre. Le mois le plus calme de l'année à Boudouaou est juin, avec une vitesse horaire moyenne du vent de 12,3 kilomètres par heure. [86]

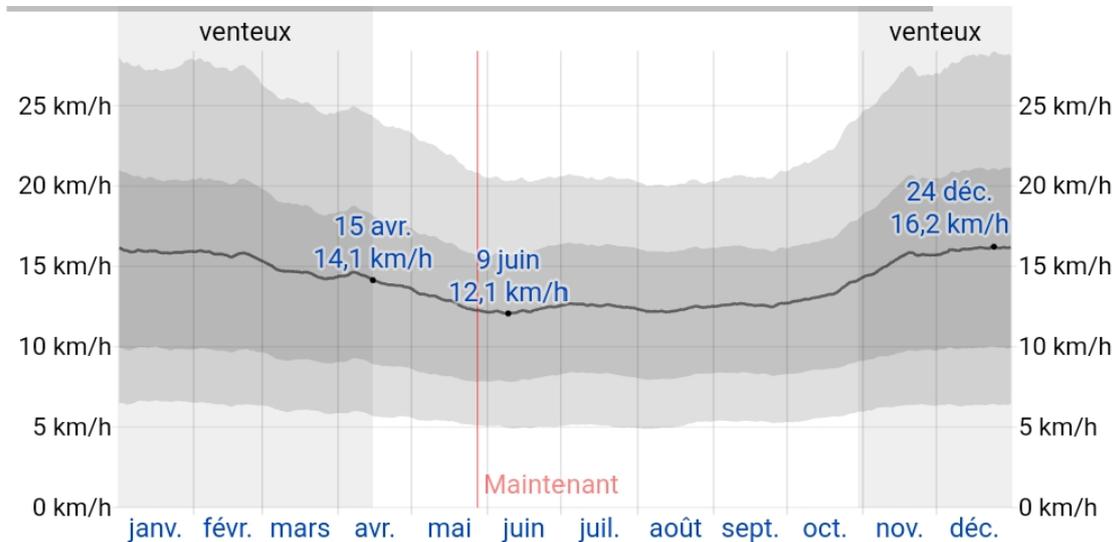


Figure 10 : Vitesse moyenne du vent à Boudouaou. [86]

La moyenne des vitesses des vents moyens horaires (ligne gris foncé), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. [86]

- **Direction du vent à Boudouaou :**

La direction horaire moyenne principale du vent à Boudouaou varie au cours de l'année. [86] Le vent vient le plus souvent de l'est pendant 4,7 mois, du 10 mai au 1 octobre, avec un pourcentage maximal de 47 % le 20 juillet. Le vent vient le plus souvent de l'ouest pendant 7,3 mois, du 1 octobre au 10 mai, avec un pourcentage maximal de 42 % le 1 janvier. [86]

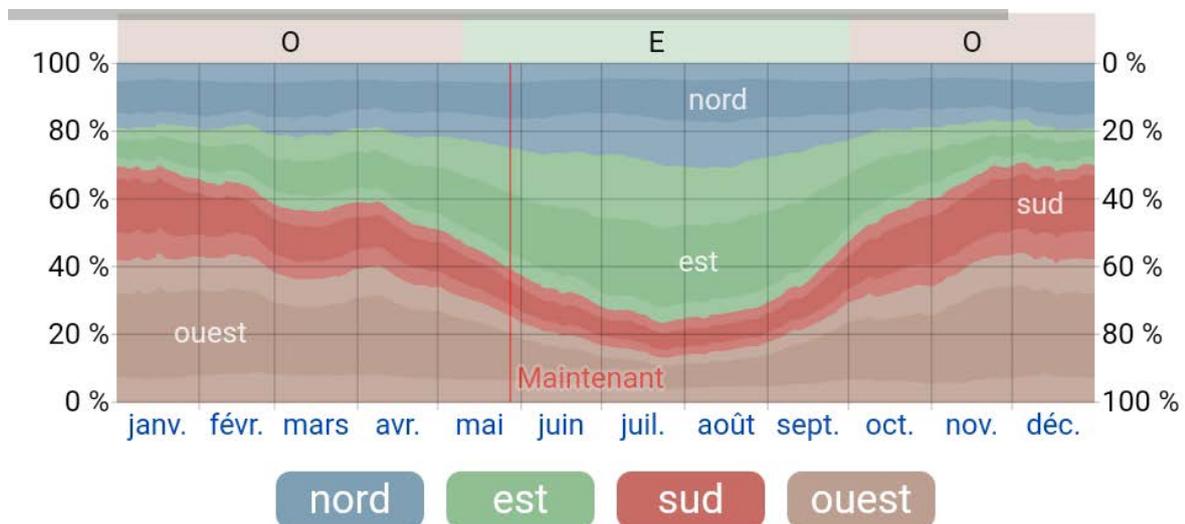


Figure 11 : Direction du vent à Boudouaou. [86]

Le pourcentage d'heures durant lesquelles la direction du vent moyen provient de chacun des quatre points cardinaux, excepté les heures au cours desquelles la vitesse du vent moyen est inférieure à 1,6 km/h. Les zones légèrement colorées au niveau des limites représentent le pourcentage d'heures passées dans les directions intermédiaires correspondantes (nord-est, sud-est, sud-ouest et nord-ouest). [86]

I.1.2.7 Température de l'eau :

Boudouaou est situé près d'une grande masse d'eau (océan, mer ou grand lac par exemple). Cette section présente la température de surface moyenne étendue de cette eau. [86]

La température moyenne de l'eau connaît une variation saisonnière extrême au cours de l'année. [86]

La période de l'année où l'eau est plus chaude dure 2,8 mois, du 11 juillet au 4 octobre, avec une température moyenne supérieure à 23 °C. Le mois de l'année à Boudouaou ayant l'eau la plus chaude est août, avec une température moyenne de 25 °C. [86]

La période de l'année où l'eau est plus froide dure 4,7 mois, du 10 décembre au 30 avril, avec une température moyenne inférieure à 17 °C. Le mois de l'année à Boudouaou ayant l'eau la plus froide est février, avec une température moyenne de 15 °C. [86]

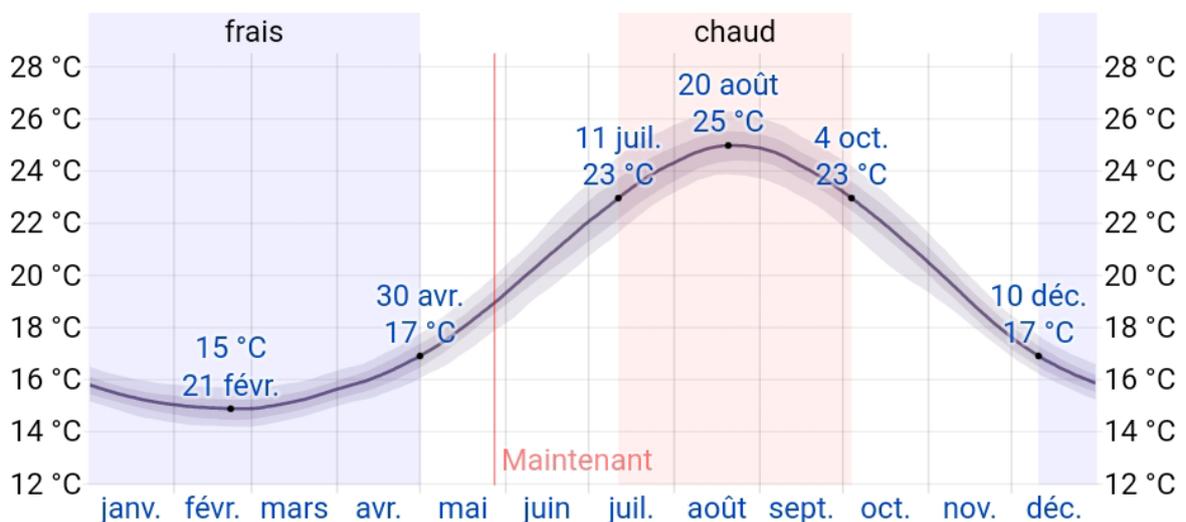


Figure 12 : Température moyenne de l'eau de Boudouaou. [86]

La température quotidienne moyenne de l'eau (ligne violette), avec bandes du 25e au 75e percentile et du 10e au 90e percentile. [86]

I.2 Présentation de la zone d'étude Cap Djinet :

I.2.1 Présentation géographique de Cap Djinet :

Djinet est une commune de la wilaya de boumerdes dans la région de la Kabylie en Algérie dans la daïra de bordj menaïel. [87]

A l'est d'Alger et sur le littoral Cap djinet est situé entre Dellys (22 kilomètres à l'Est) et au Sud, Bordj-menaïel, son chef-lieu d'arrondissement à 15 Km. [88]

Nombre d'habitants à Djinet :21 966 habitants. [89]



Figure 13 : Situation générale de la commune Cap Djinet. (Google maps 2022)

I.2.2 Etude climatique de Cap djinet :

I.2.2.1 Changement annuel de température Cap Djinet :

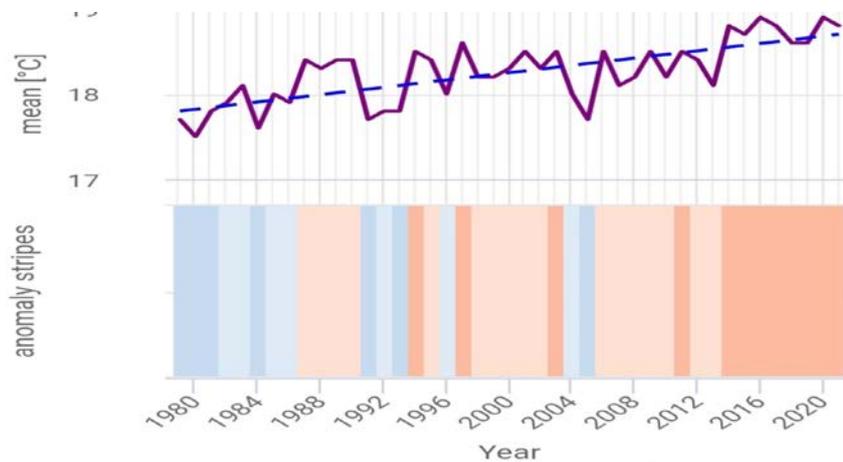


Figure 14 : changement annuel de température Cap djinet (1980-2021). [90]

Le graphique supérieur montre une estimation de la température annuelle moyenne pour la région de Cap Djinet. La ligne bleue en pointillés représente la tendance linéaire du changement climatique. Si la ligne de tendance monte de gauche à droite, la tendance de la température est positive et il fait de plus en plus chaud dans la région de Cap Djinet en raison du changement climatique. Si elle est horizontale, aucune tendance claire n'est observée, et si elle descend, les conditions à Cap Djinet se refroidissent au fil du temps. [90]

Dans la partie inférieure du graphique figurent les "bandes de réchauffement". Chaque bande de couleur représente la température moyenne d'une année - bleu pour les années plus froides et rouge pour les années plus chaudes. [90]

I.2.2.2 Changement annuel de précipitation - Cap Djinet :

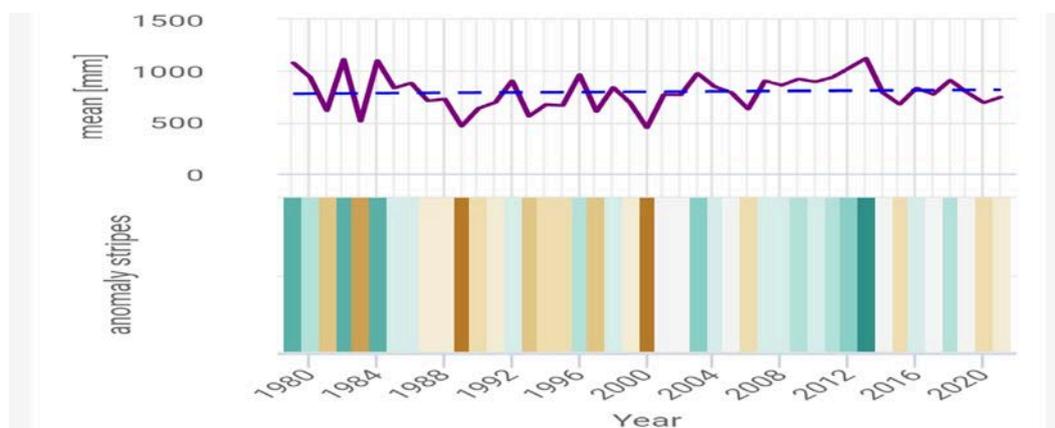


Figure 15: Changement annuel de précipitation - Cap Djinet (1980-2021). [90]

Le graphique supérieur montre une estimation des précipitations totales moyennes pour la région de Cap Djinet. La ligne bleue en pointillés représente la tendance linéaire du changement climatique. Si la ligne de tendance monte de gauche à droite, la tendance des précipitations est positive et il devient plus humide la région de Cap Djinet en raison du changement climatique. Si elle est horizontale, aucune tendance claire n'est observée et si elle descend, les conditions à Cap Djinet deviennent plus sèches au fil du temps. [90]

Dans la partie inférieure, le graphique montre les bandes des précipitations. Chaque bande de couleur représente les précipitations totales d'une année - vert pour les années les plus humides et marron pour les années les plus sèches. [90]

CHAPITRE II
MATERIELS ET
METHODES

II.1 L'objet de l'étude :

- Présentation des sites étudiés à savoir :

L'entreprise chargée de l'eau et de son assainissement (SEAAL) sise à Boudouaou et celle de Cap djinet.

- Analyses physico-chimiques et bactériologique.

II.2 Echantillonnage :

Pour l'échantillonnage nous avons choisi soigneusement deux villes :

- Ville de Cap djinet : qui est alimenté par la station de dessalement
- Ville de Boudouaou : qui est alimenté par différentes sources (barrage de Taksebt, barrage de Kaddara, forage).

En général, pour réaliser l'étude de la qualité de l'eau de distribution il faut choisir un réseau, pour cela on a choisi le réseau suivant :

- Cap djinet : on a effectué les prélèvements sur les eaux de consommation du centre-ville.
- Châteaux d'eau de Boudouaou : le prélèvement est effectué au niveau du château d'eau situé à cité hamdin Slimane.
- Boudouaou : on a fait des prélèvements sur trois sites (cité el Badr, cité toulmatine hamoud et cité log 800).

II.3- Les analyses physico-chimiques :

II.3.1- Méthode de prélèvement de l'eau :

- ❖ Ouvrir le robinet à débit maximum pendant 5 à 10 secondes.
- ❖ Faire le test du chlore, on utilise pour cela le (N.N Diéthyl Paraphénylène Diamine) DPD N 1.
- ❖ Les flacons seront de nouveau rincés 3 fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord.
- ❖ S'assurer de l'absence de bulles d'air.
- ❖ Les flacons doivent être scellés et munis d'une étiquette portant date, lieu et l'heure pour faciliter leur identification.

II.3.2- Transport des échantillons :

Les prélèvements sont immédiatement acheminés vers le laboratoire dans des glacières à 4°C.

Pour éviter toutes modifications que peut subir l'eau dans le flacon, les analyses doivent s'effectuer avant 24 heures après le prélèvement.

II.3.3- Les paramètres physiques :

II.3.3.1- Test de chlore :

- **Principe :**

La détermination de la concentration du chlore résiduel dans l'eau en mg/l

- **Mode opératoire :**

- On prend un tube à essai et on le rince avec de l'eau à examiner.



Figure 16 : Tube à essai.

- Remplir le tube avec l'eau à analyser.

- Ajouter du DPD, l'apparition de la couleur rose veut dire qu'il y a présence du chlore.

II.3.3.2- Mesure de pH :

- **Objectif :**

Ce protocole opératoire décrit la méthode de mesure du pH en utilisant un pH-mètre sension+pH3 HACH par une méthode potentiométrique à l'aide d'une électrode combinée à une sonde de température Pt 1000, dont le pH compris entre 0 et 14.

- **Principe :**

La détermination de la valeur de pH est basée sur le mesurage de la différence de potentiel d'une cellule électrochimique.

Le pH d'un échantillon dépend également de la température en raison de l'équilibre de dissociation.

- **Mode opératoire :**

- Allumer le PH mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée.
- Prendre environ 100 ml d'eau à analyser dans un petit bécher.
- Tremper l'électrode du pH mètre dans le bécher.
- Laisser stabiliser un moment puis noter le pH.



Figure 19 : pH-mètre « HACH »

- **Expression des résultats :**

Le résultat sont obtenus directement à partir de lecture au pH mètre.

II.3.3.3- Mesure de la température :

La température a été mesurée au laboratoire, à l'aide d'un appareil multi paramètres de référence sension+pH3 marque (HACH), qui compense automatiquement la variation du pH avec la température en °C.

II.3.3.4- Mesure de la conductivité :

- **Objectif :**

Ce protocole opératoire décrit la mesure de la conductivité en utilisant un conductimètre électrique METTER TOLEDO Seven Compact.

- **Principe :**

Détermination directe à l'aide d'un instrument approprié, de la conductivité électrique de solutions aqueuses. La conductivité électrique découle de la mesure du courant conduit par les ions présents dans l'eau et dépend de :

- ✓ La concentration des ions,
- ✓ La nature des ions,
- ✓ La température de la solution,
- ✓ La viscosité de la solution.

- **Mode opératoire :**

- Rincer la verrerie avant l'usage avec de l'eau distillée.
- Allumer le conductimètre.
- Rincer la sonde à conductimètre d'abord avec de l'eau distillée.
- Remplir, dans un bécher environ 100ml d'eau à analyser.
- Mettre l'électrode dans le bécher.
- Appuyer sur la touche READ. La valeur de la conductivité s'affiche sur l'écran de l'appareil.

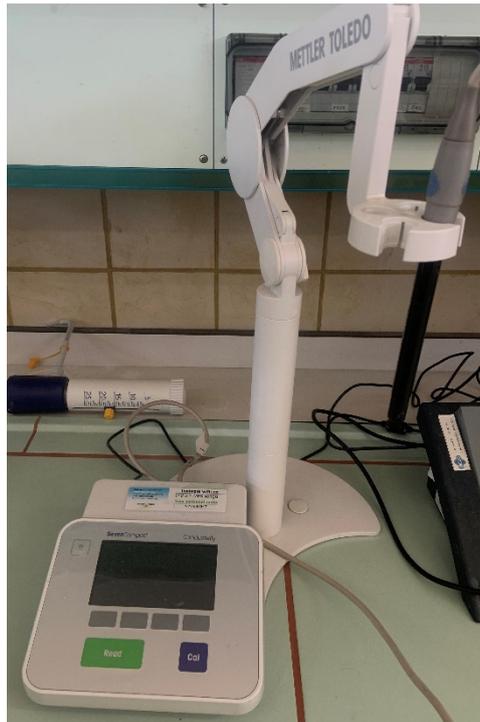


Figure 20 : Conductimètre électrique METTER TOLEDO Seven Compact.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés directement en ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 25°C .

II.3.3.5- Turbidité :

- **Objectif :**

Ce protocole opératoire décrit la méthode de mesure de la turbidité selon la norme ISO 7027-1 15/06/2016.

- **Principe :**

Son principe consiste en la mesure la turbidité par néphélométrie, en utilisant un turbidimètre optique : le HACH 2100N, sur une plage de mesure allant de 0 à 4000 NTU.

- **Mode opératoire :**

- Etalonner l'appareil à 0 avant l'utilisation.
- Rincer la cellule de mesure avec l'échantillon à analyser (avant mesure).
- Remplir la cuve sans faire de bulle, visser le bouchon et sécher la cuve.
- Insérer la cuve dans le puits de mesure.

- Fermer le capot de l'appareil.
- Appuyer sur (ENTER) et lire la valeur affichée.
- Retirer la cuve de mesure, la vider et la rincer.



Figure 21 : Turbidimètre.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en NTU (Unité de Turbidité de Néphélométrie).

II.3.4- Les paramètre de pollution :

II.3.4.1- Dosage des nitrites (NO_2^-) :

- **Objectif :**

Ce protocole spécifié une méthode par spectrométrie d'adsorption moléculaire pour le dosage des nitrites dans les eaux potables, eaux brutes et les eaux résiduaires.

- **Principe :**

Les ions nitrites réagissent en milieu acide ($\text{PH}=1,9$) avec le réactif amino-4-bénéne sulfonamide en présence d'acide orthophosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorhydrate de N-naphtyle-1 diamino-1,2éthane (ajouté avec le réactif amino-4-bénéne sulfonamide) qui est mesure par spectrophotométrie à la longueur d'onde $\lambda=540\text{nm}$.

- **Réactif :**

- Réactif coloré.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 40ml d'eau à analyser.
- Ajouter 1ml de réactif coloré.
- Homogénéiser immédiatement en faisant tourbillonner et compléter à 50ml avec l'eau distillée, laisser reposer 20min.



Figure 22 : Dosage des nitrites.

- Effectuer la lecture spectrométrique à la longueur d'onde de 540 nm.



Figure 23 : spectrophotométrie DR6000 « HACH »

- **Expression des résultats :**

La concentration des nitrites est donnée directement en mg/l.

II.3.4.2- Dosage des nitrates (NO_3^-) :

- **Objectif :**

Ce protocole a pour objet la description du dosage spectrométrique des nitrates par la méthode de silicate de sodium.

- **Principe :**

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

- **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium.
- Solution de tartrate double de sodium et de potassium.
- Solution d'acide sulfurique concentré.
- Solution d'hydroxyde de sodium à 30%.

- **Mode opératoire :**

- Introduire 10ml d'échantillon à analyser dans une capsule de 60ml.
- Alcaliniser faiblement avec la solution de d'hydroxyde de sodium 2 à 3 gouttes.
- Ajouter 1ml de salicylate de sodium.
- Evaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75°C - 80°C (ne pas surchauffer, ni chauffer trop longtemps).
- Laisser refroidir.
- Reprendre le résidu par 2ml d'acide sulfurique concentré.
- Attendre 10min, ajouter 15ml d'eau distillée puis 15ml de la solution de tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 420nm.

- **Expression des résultats :**

Le résultat est donné directement en mg/l.

II.3.4.3- Dosage des ortho phosphates (PO_4^-) :

- **Objectifs :**

Ce protocole a pour objet la description du dosage spectrométrique des ortho phosphates par la méthode au molybdate d'ammonium.

- **Principe :**

Les ions ortho phosphates réagissent avec une solution acide contenant des ions de Molybdate et d'antimoine pour former un complexe d'antimonyl-phosphomolybdate, il réduit par l'acide ascorbique pour former un complexe de molybdène fortement coloré en bleu qui est dosé spectrophotométrie à la longueur d'onde $\lambda_{\text{max}} = 880\text{nm}$.

- **Réactifs :**

- Solution acide ascorbique à 100mg/l.

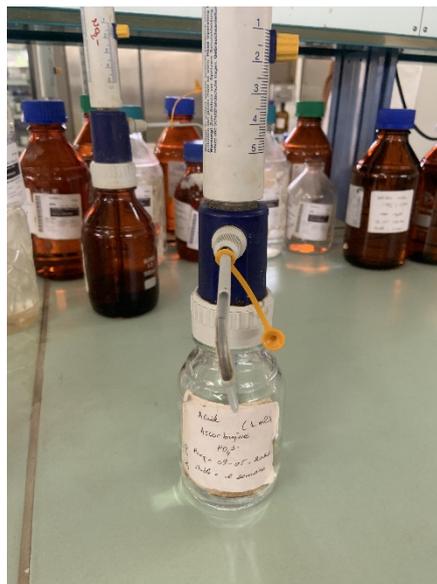


Figure 24 : Solution acide ascorbique à 100mg/l.

- Solution molybdate acide.

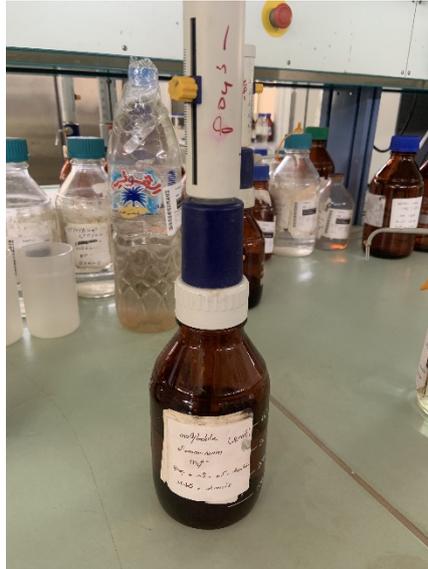


Figure 25 : Solution molybdate d'ammonium.

- **Mode opératoire :**

- Prélever 40ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 1ml Acide ascorbique.
- Ajouter 2ml solution molybdate acide.
- Compléter à 50ml avec l'eau distillée.
- Agiter quelques secondes.
- Après un temps compris entre 10min et 30min, (temps nécessaire au développement du couleur).
 - ✓ Absence de couleur → il n'y a pas phosphates PO_4^- . Indiquer alors comme résultats : <0.09 mg/l de phosphates.
 - ✓ Apparition d'une coloration bleue → effectuer la mesure au spectrophotométrie à la longueur d'onde de 880nm.

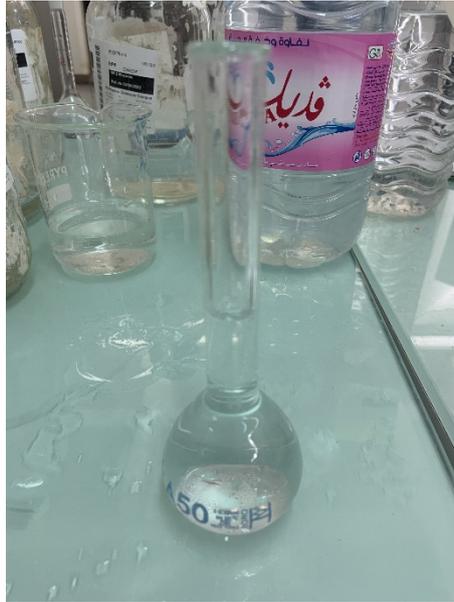


Figure 26 : Dosage des ortho phosphates.

- **Expression des résultats :**

Le résultat donné est exprimé en mg /l.

II.3.4.4- Dosage de l'ammonium (NH_4^+) :

- **Objectif :**

Ce mode opératoire a pour objet la description d'une méthode de dosage spectrométrique de l'ammonium dans les eaux potables, selon la norme ISO 7150/1.

- **Principe :**

Son principe consiste en un mesurage du composé formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium. La lecture se fait par un spectrophotomètre à une longueur d'onde de 655nm.

- **Réactifs :**

- Réactif coloré.

- Solution de dichloro-isocyanurate de sodium.

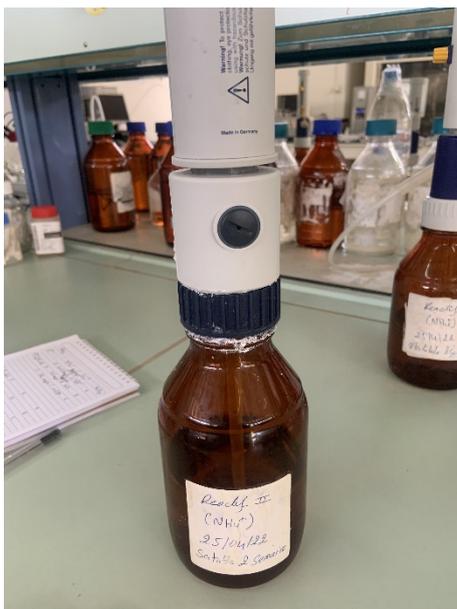


Figure 27 : Solution de dichloro-isocyanurate de sodium.

- **Mode opératoire :**

- Prélever 40ml de l'échantillon à analyser.
- Ajouter 4ml de Réactif coloré.
- Ajouter 4ml de Solution de dichloro-isocyanurate de sodium.
- Compléter à 50ml avec l'eau distillée.
- Attendre le développement de la couleur après au moins 60min.
- Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 655 nm.

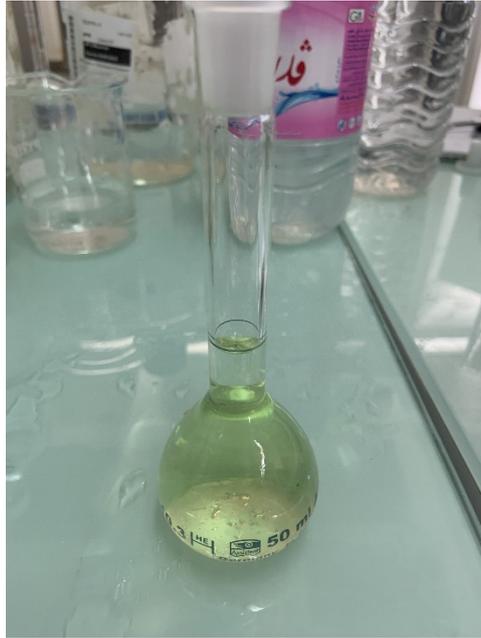


Figure 28 : Dosage de l'ammonium.

- **Expression des résultats :**

La concentration d'ammonium est donnée directement en mg/l.

II.3.5- Les paramètre de minéralisation globale :

II.3.5.1- Dosage de calcium (Ca^{2+}) et magnésium (Mg^{2+}):

- **Objectif :**

Ce protocole opératoire décrit la méthode de détermination de la somme des concentrations en calcium et magnésium d'eau.

- **Principe :**

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH compris entre 12 et 13. L'indicateur forme un complexe rose avec le calcium. Lors de titrage, l'indicateur réagit d'abord avec les ions calcium libre puis avec les ions calcium combinés à l'indicateur qui vire de la couleur rose vers le violet.

Titration du magnésium avec une solution aqueuse de sel di sodique d'acide éthylène diamine tétra acétique à un pH10. Lors de titrage, l'EDTA réagit d'abord avec les ions calcium libre puis avec les ions calcium combinés à l'indicateur jusqu'au virage bleu.

- **Réactifs :**

- Indicateur coloré :

- ✓ Le murexide.
- ✓ Noir erichrome.

- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2N.

- Solution de l'EDTA (0.01 mol/l).

- Solution tampon pH10.

-Solution mère de calcium à 100mg/l.

- **Mode opératoire :**

- ✓ **Pour Ca^{2+} :**

- Prendre une prise d'essai de 50ml de l'échantillon à analyser dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 2ml de solution d'hydroxyde de sodium (2N), pH compris entre 12 et 13.
- Ajouter une pincée de l'indicateur murexide.
- Bien mélanger, la prise d'essai doit se colore en rose.
- Titrer immédiatement à l'aide de la solution E.D.T.A, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage violet.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'E.D.T.A.

- ✓ **Pour Mg^{2+} :**

- Prendre une prise d'essai de 50ml de l'échantillon à analyser dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 4ml de solution tampon pH10.
- Ajouter une pincée de l'indicateur noir erichrome.
- Bien mélanger, jusqu'à ce que la prise d'essai se colore en violet.
- Titrer immédiatement à l'aide de la solution E.D.T.A, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage bleu.

La couleur ne doit plus changer avec l'ajout d'une goutte supplémentaire de la solution d'E.D.T.A.

✓ **Pour le facteur de correction de la solution titrante d'EDTA comme suit :**

- Prendre une prise d'essai de 50ml de la solution mère de calcium à 100mg/l dans un erlenmeyer de 100ml.
- Ajouter 2ml de solution d'hydroxyde de sodium (2N).
- Ajouter une pincée de l'indicateur.
- Bien mélanger, la prise d'essai doit se colorer en rose.
- Titrer immédiatement à l'aide de la solution E.D.T.A, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage violet.
- Noter le volume d'EDTA versé.

• **Expression des résultats :**

La concentration en calcium et magnésium est exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivante :

$$[\text{Ca}^{2+}] = [(V_1 \times C_1 \times A)/V_0] \times F_c \times 1000 \times F \quad \text{mg/l}$$

V_0 : Est le volume en (ml) de la prise d'essai (50ml).

V_1 : Est le volume en (ml) de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage.

C_1 : Concentration de la solution d'EDTA (0.01mol/l).

A : Est la masse molaire de calcium (40g/mol).

F_c : Facteur de correction du titre.

F : Facteur de dilution.

$$[\text{Mg}^{2+}] = [(C_1 \times (V_2 - V_1) \times A')/V_0] \times F_c \times 1000 \times F \quad \text{mg/l}$$

V_0 : Est le volume en (ml) de la prise d'essai (50ml).

V_1 : Est le volume en (ml) de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage de Ca^{2+} .

V_2 : Est le volume en (ml) de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage de Mg^{2+} .

C_1 : Concentration de la solution d'EDTA (0.01mol/l).

A' : Est la masse molaire de magnésium (24,31g/mol).

F_c : Facteur de correction du titre.

F : Facteur de dilution.

- ✓ Calculer le facteur de correction de la solution titrante comme suit :

$$F_c = \frac{\text{volume versé}}{\text{volume théorique (10.288ml)}}$$

Le facteur de correction est compris entre : $0.96 \leq F_c \leq 1.04$.

Pour le Ca^{2+} :

$$[\text{Ca}^{2+}] = [(V_1 \times C_1 \times A)/V_0] \times F_c \times 1000 \times F$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = [(V_1 \times 0.01 \times 40)/50] \times F_c \times 1000 \times F$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = \frac{V_1 \times 0.01 \times 40}{50} \times F_c \times 1000 \times F$$

$$[\text{Ca}^{2+}] = 8 \times V_1 \times F_c \times F \quad \text{mg/l}$$

Pour le Mg^{2+} :

$$[\text{Mg}^{2+}] = [(C_1 \times (V_2 - V_1) \times A')/V_0] \times F_c \times 1000 \times F$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = [(0.01 \times (V_2 - V_1) \times 24.31)/50] \times F_c \times 1000 \times F$$

$$[\text{Mg}^{2+}] = (V_2 - V_1) \times 4,8 \times F_c \times F \quad \text{mg/l}$$

II.3.5.2- Dosage de chlorure (Cl^-):

- **Objectif :**

Le but de ce mode opératoire est la détermination de la concentration des chlorures dans un échantillon donné. Le dosage des chlorures est réalisé par titrage au nitrate d'argent (Ag NO_3) en utilisant du chromate de potassium (K_2CrO_4) comme indicateur selon la norme ISO 9297 : 1989.

- **Principe :**

Réaction des ions chlorures avec des ions argent pour former du chlorure d'argent (AgCl) insoluble qui précipite. Ce précipite réagit avec l'indicateur (K_2CrO_4) pour former du chromate d'argent, brun rouge (Ag_2CrO_4). L'apparition de la coloration brun-rouge (virage) marque la fin de titrage.

- **Réactifs :**

- Solution de nitrate d'argent (0.02mol/l).
- Indicateur : chromate de potassium à 10.
- Solution de référence de chlorure de sodium à 710mg/l.

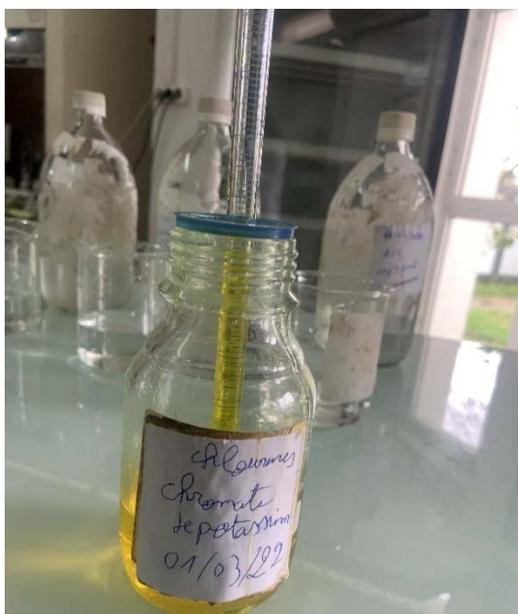


Figure 29 : Chromate de potassium.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 10ml de l'échantillon à analyser dans une fiole de 100ml.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à trait de jauge.
- Introduire dans un bécher conique.
- Ajouter 1ml de l'indicateur chromate de potassium.
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre.

- Noter le volume de nitrate d'argent versé.



Figure 30 : Dosage de chlorure

✓ **Essai du blanc :**

- Utiliser 100ml de l'eau distillée à la place de l'échantillon (la valeur ne devrait pas dépasser 0,2ml d'AgNO₃).

✓ **Pour le facteur de correction de la solution titrante d'AgNO₃ comme suit :**

- Prendre 10ml de la solution de référence de chlorure de sodium à 710mg/l dans une fiole de 100ml.
- Compléter avec de l'eau distillée jusqu'à trait de jauge.
- Introduire dans un bécher conique.
- Ajouter 1ml de l'indicateur chromate de potassium.
- Titrer la solution par addition goutte à goutte de solution de nitrate d'argent jusqu'à ce que la solution prenne une couleur brun rougeâtre.
- Noter le volume de nitrate d'argent versé.

- **Expression des résultats :**

La concentration en chlorure Cl^- exprimée en mg/l, est donnée par la formule suivante :

$$C_{\text{Cl}^-} = \frac{(V_S - V_B) \times C \times f \times F_c \times F}{V_a}$$

✓ Calculer le facteur de correction de la solution titrante comme suit :

$$F_c = \frac{\text{volume versé}}{\text{volume théorique (10ml)}}$$

Le facteur de correction est compris entre : $0.96 \leq F_c \leq 1.04$.

Donc :

:

$$C_{\text{Cl}^-} = \frac{(V_S - V_B) \times 0.02 \times 35453 \times F_c \times F}{100}$$

$$C_{\text{Cl}^-} = (V_S - V_B) \times 7.1 \times F_c \times F \quad \text{mg/l}$$

V_S : est le volume en (ml) de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage de l'échantillon.

V_B : est le volume en (ml) de la solution de nitrate d'argent utilisé pour le dosage du blanc.

V_a : est le volume en (ml) de l'échantillon pour essai (prendre en compte des dilutions s'il y en a).

F : le facteur de dilution.

C : est la concentration réelle exprimée en (mol/l), de la solution de nitrate d'argent, éventuellement corrigée du coefficient correcteur.

f : 35453 (Masse molaire du $\text{Cl}^- \times 1000$, exprimée en mg/l).

F_c : Facteur de correction de la solution d' AgNO_3 .

II.3.5.3- Dosage des sulfates (SO_4^{2-}):

- **Objectif :**

Ce protocole a pour but de déterminer les sulfates par spectrophotométrie d'adsorption moléculaire.

- **Principe :**

Les ions sulfates, en présence de chlorure de baryum (BaCl_2), précipitent à l'état de sulfate de baryum.

- **Réactifs :**

- Solution stabilisante.
- Solution de chlorure de baryum.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 20ml d'échantillon à analyser.
- Ajouter 5ml de la solution stabilisante.
- Agiter quelques secondes (agitation mécanique lente).
- Ajouter 2ml de chlorure de baryum.
- Compléter avec 100ml d'eau distillée.
- Laisser pendant 1min sous agitation mécanique rapide.
- Effectuer la mesure spectrophotométrique à la longueur d'onde 420nm.
- Remplir rapidement la cuve avec l'échantillon à analyser, l'insérer sans perdre de temps dans l'appareil et appuyer sur Start.
- La concentration des SO_4^{2-} est affichée sur l'écran en mg/l.

- **Expression des résultats :**

La concentration des sulfates SO_4^{2-} est exprimée en mg/l.

II.3.5.4- Oxygène dissous :

- **Principe :**

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'environnement aqueux puisqu'il est le paramètre limitant de la principale voie de biodégradation de la pollution organique. Il est mesuré par un oxymètre.

- **Mode opératoire :**

- Allumer l'appareil.
- Laver l'électrode de l'oxygène dissous avec de l'eau distillée.
- Tremper l'électrode de l'oxygène dissous dans l'eau à examiner.
- Laisser stabiliser un moment puis noter la DO.



Figure 31 : Oxymètre Type HQ Modèle 40 D de marque «HACH»

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en mg/l.

II.3.5.5-Alcalinité :

- **Objectif :**

Détermination titrimétrique (potentiométrique) de l'alcalinité est faite selon la norme ISO 9963-1.

- **Principe :**

Détermination des concentrations en ions bicarbonates (HCO_3^-), carbonates (CO_3^{2-}) et hydroxydes (OH^-) par mesure de l'acide chlorhydrique nécessaire pour amener à pH 8,3 et 4,5 l'échantillon à analyser.

La première détermination (pH 8,3) sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde (pH 4,5) sert à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).



- **Réactifs :**

- Acide chlorhydrique de concentration 0.1 N.

- **Mode opératoire :**

- Prendre 100 ml de l'échantillon à analyser et mesurer le pH.

- Si le pH est supérieure à 8,3, verser lentement de l'acide chlorhydrique 0.1 N jusqu'au point d'équivalence qui est un pH de 8,3. Noter le volume V_1 (ml) d'acide chlorhydrique 0.1 N versé.

Continuer à verser doucement de l'acide chlorhydrique 0.1 N jusqu'au point d'équivalence qui est un pH de 4,5. Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique 0.1 N versé.

- Si le pH est inférieur à 8,3, verser lentement de l'acide chlorhydrique 0.1 N pour obtenir 4,5. Noter le volume V_2 (ml) d'acide chlorhydrique 0.1 N versé.

- **Expression des résultats :**

Le titre alcalimétrique TA et le titre alcalimétrique complet TAC, exprimés en °f sont donnés respectivement par les expressions :

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{(V_1 \times N \times 1000) M_1}{V} \quad (\text{mg/l})$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{(V_1 \times 0.1 \times 1000) 60}{100}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}] = V_1 \times 60 \quad (\text{mg/l})$$

$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{(V_2 \times N \times 1000) M_2}{V} \quad (\text{mg/l})$$

$$[\text{HCO}_3^{2-}] = \frac{(V_2 \times 0.1 \times 1000) 61}{100}$$

$$[\text{HCO}_3^{2-}] = V_2 \times 61 \quad (\text{mg/l})$$

$$\text{TA} = V_1 \times 10 \quad (^\circ\text{f})$$

$$\text{TAC} = V_2 \times 5 \quad (^\circ\text{f})$$

Avec :

- M_1 : est la masse molaire des carbonates = 60 g.
- M_2 : est la masse molaire des carbonates = 61 g.
- V : est le volume en millilitres, de la prise d'essai (100 ml).
- V_1 : est le volume d'acide chlorhydrique versé en millilitres pour amener le pH à 8,3.
- V_2 : est le volume total d'acide chlorhydrique en millilitres pour amener le pH à 4,5.
- N : est la normalité de la solution d'acide chlorhydrique 0.1 N.

- **Expression des résultats :**

Les résultats sont donnés en mg/l.

II.3.6- Les paramètres indésirables :

II.3.6.1- Dosage de fer (Fe^{2+}) :

- **Objectif :**

Ce mode opératoire décrit une méthode du dosage du fer par kit LCK 521.

- **Principe :**

Les ions Fe^{2+} forment avec la 1.10-phénantroline un complexe rouge-orange. Les ions Fe^{3+} contenus dans l'échantillon sont réduits à l'état Fe^{2+} avant la formation du complexe grâce à l'acide ascorbique.

- **Mode opératoire :**

- Prélever les échantillons dans des flacons contenant un additif (la solution thiosulfate de sodium 0.5 ml).
- Pipeter 5ml de l'échantillon, les introduire dans la cuve.
- Fermer la cuve et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat du MicroCap soit parfaitement dissous.
- Attendre 10min, mélanger de nouveau, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

- **Expression des résultats :**

La concentration de fer est donnée directement en mg/l.

II.3.6.2- Dosage de manganèse (Mn^{2+}):

- **Objectif :**

Ce mode opératoire décrit une méthode du dosage du fer par kit LCW 532.

- **Principe :**

Les ions manganèse sont réduits en ions manganèse (II) avec l'acide ascorbique. Ils réagissent dans des solutions de faible alcalinité avec le 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol (PAN) pour former un complexe rouge-orangé.

- **Réactifs :**

- Réactif A (LCW 532 A).



Figure 32 : Réactif A (LCW 532 A).

- Solution B (LCW 532 B).



Figure 33 : Solution B (LCW 532 B).

- Solution C (LCW 532 C).

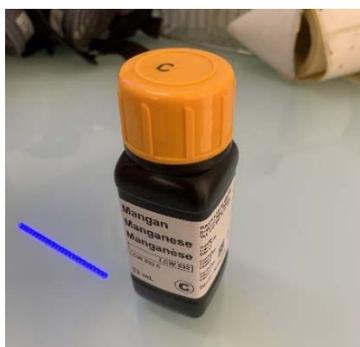


Figure 34 : Solution C (LCW 532 C).

- **Mode opératoire :**

- Prélever les échantillons dans des flacons contenant un additif (la solution thiosulfate de sodium 0.5 ml).
- Mettre une cuillère de réactif A (LCW 532 A).
- Pipeter 10ml de l'échantillon.
- Mélanger jusqu'à ce que le réactif se soit complètement dissous.
- Pipeter 1ml de la solution B (LCW 532 B), mélanger.
- Pipeter ensuite 1ml de la solution C (LCW 532 C).
- Mélanger, Laisser reposer pendant 2min.
- Transférer le tout dans une cuve rectangulaire (50mm) adéquate « attention aux effets de mousse et bulles d'air ! »

- Bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer au spectromètre à 560nm.

- **Expression des résultats :**

La concentration de manganèse est donnée directement en mg/l.

II.3.6.3- Dosage de l'aluminium (Al^{3+}):

- **Objectif :**

Ce mode opératoire décrit une méthode du dosage de l'aluminium par kit LCK 301.

- **Principe :**

Le chromazurol S forme avec l'aluminium en milieu tampon acétate légèrement acide, une laque de coloration verte.

- **Réactifs :**

- Solution A (LCK301 A).



Figure 35 : Solution A (LCK301 A).

- Réactif B (LCK301 B).



Figure 36 : Réactif B (LCK301 B).

- **Mode opératoire :**

- Prélever les échantillons dans des flacons contenant un additif (la solution thiosulfate de sodium 0.5 ml).
- Pipeter 2ml de la solution A (LCK301 A), les introduire dans le tube LCK301 A.
- Pipeter 3ml de l'échantillon, les introduire dans le tube LCK301 A.
- Introduire dans le tube LCK301 A, une cuillère rase du réactif B (LCK301 B).
- Fermer la cuve et mélanger le contenu jusqu'à dissolution du lyophilisat.
- Attendre 25min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve puis effectuer les lectures au spectromètre.



Figure 37 : Dosage de l'aluminium.

- **Expression des résultats :**

La concentration d'aluminium est donnée directement en mg/l.

I.4- Les analyses bactériologiques :

I.4.1- Méthode de prélèvement :

- Stériliser l'embout du robinet avec un chalumeau ou coton imbibé d'alcool.



Figure 38 : Stérilisation de l'embout du robinet

- Ouvrir à nouveau le robinet avant le prélèvement de l'échantillon en prenant toutes les précautions possibles pour éviter de le contaminer.
- Laisser couler l'eau quelques instants, le temps de refroidissement de l'eau ou l'élimination de la solution stérilisante.
- Prélever l'échantillon dans un flacon stérile adéquat, sans faire déborder, laisser un volume d'air environ un 1/10 du volume du flacon, tout en maintenant la flamme à une distance de 20cm de l'embout du robinet.
- Reboucher immédiatement le flacon.
- Identifier les flacons : (date, lieu et l'heure de prélèvement).
- Mettre tous les flacons dans la glacière.

I.4.2- Transport des échantillons :

Dans le but d'éviter toute modification que peut subir l'eau dans le flacon, l'analyse doit être faite très rapidement.

Les prélèvements doivent être transportés dans des glacières dont la température est comprise entre 4 et 6°C, utiliser des enceintes isothermes avec pack de glace.

I.4.3- Recherche et dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes par filtration sur membrane :

- **Objectif :**

L'objet de ce mode opératoire est de décrire la méthode de dénombrement des Escherichia coli et des coliformes par filtration sur membrane selon la norme (ISO 9308-1 :2014).

- **Principe :**

Filtration d'une prise d'échantillon de 100ml sur une membrane filtrante qui retient les organismes, et placement de la membrane filtrante dans une boîte de gélose chromogène coliforme.

Incubation de la membrane filtrante à $(36 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant (21 ± 4) h.

Comptage des colonies positives pour la β -D-galactosidase (couleur rose à rouge) en tant que bactéries coliformes présumptives qui ne sont pas des E.coli. Pour éviter les résultats faux positifs, provoqués par les bactéries positives à l'oxydase, par exemple *Aeromonas* spp, les colonies présumptives doivent être confirmées par une réaction négative à l'oxydase.

Comptage des colonies positives pour la β -D galactosidase et la β -D glucuronidase (couleur bleu à violet) en tant que E. coli.

Les bactéries coliformes totales sont la somme des colonies négatives à l'oxydase de couleur rose à rouge de toutes les colonies de couleur bleu foncé à violet.

- **Mode d'opérateur :**

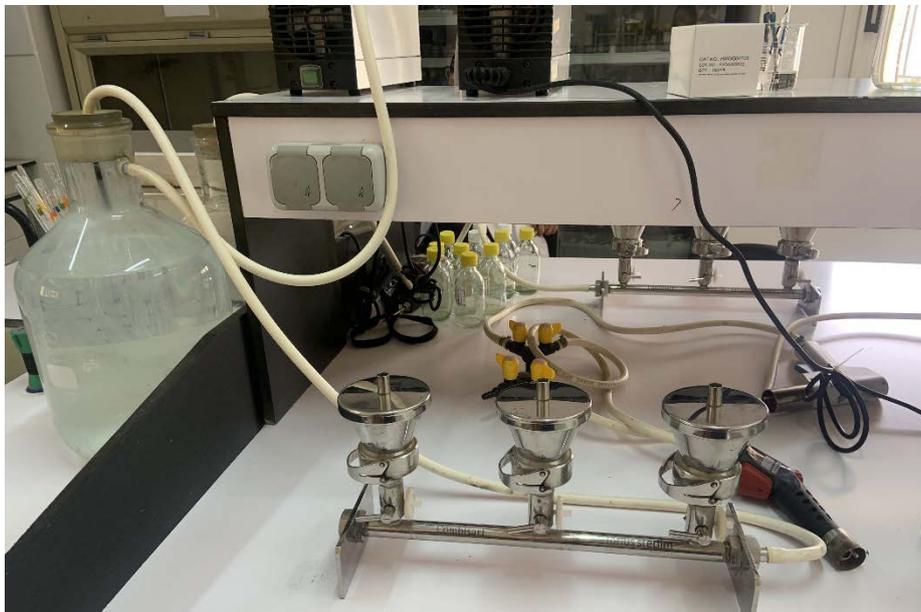


Figure 39 : Appareil de filtration par membrane de l'eau.

- Stériliser la surface supérieure de la rampe de filtration ainsi que la plaque poreuse (en ouvrant le robinet pour aspirer la flamme)

- Laisser refroidir

- Prélever une membrane de son emballage à l'aide d'une pince stérile.
- La poser sur la plaque poreuse de la rampe de filtration.
- Agiter soigneusement le flacon d'eau à analyser
- Verser la quantité d'eau désirée (100 ml)
- Ouvrir le robinet de la rampe pour laisser l'eau s'écouler
- Dès que la quantité d'eau est filtrée, prélever la membrane avec une pince stérile en la saisissant par son bord.
- Déposer la membrane sur le milieu chromogène en prêtant attention à ne pas piéger de bulles d'air.
- Incubation à $36 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant $22 \pm 2\text{h}$, le couvercle vers le bas.



Figure 40 : Incubation des milieux dans des boîtes de pétri avec le couvercle vers le bas.

- **Dénombrement et confirmation :**

Après la période d'incubation, on compte toutes les colonies présentant une réaction β -D-galactosidase positive (couleur rose à rouge) en tant que bactéries coliformes présumptives qui ne sont pas des *E. coli*. On compte aussi toutes les colonies présentant une réaction β -D-galactosidase positive et une réaction β -D-glucuronidase (couleur bleu foncé à violet) en tant qu'*E. coli*.

Pour confirmer les bactéries coliformes présomptives qui ne sont des E.Coli, un essai de recherche de l'oxydase doit être effectuée comme suit :

Essai avec disque : imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer à l'aide d'une pipette stérile la colonie.

Essai avec réactif : verser sur un papier filtre 2 à 3 gouttes de réactif à l'oxydase puis étaler à l'aide d'une pipette stérile la colonie.

Dans les deux cas, considérer la réaction **positive** s'il y a apparition d'une couleur bleu foncé dans les 30 secondes qui suivent.

- **Interprétation du test de confirmation :**

Toutes les colonies ayant une réaction négative à l'oxydase sont des bactéries coliformes.

$$a = \frac{b}{A} = c$$

b : nombre de colonies répondant positivement aux critères du test de confirmation.

A : nombre de colonies repiquées (cinq colonies) (si <10 A= le nombre de colonies présents).

c : nombre total de colonies caractéristiques (rose à rouge) trouvées dans la boîte.

- **Expression de résultats :**

Le dénombrement des bactéries coliformes est la somme de toutes les colonies négatives à l'oxydase de couleur rose rouge et de toutes les colonies de couleur bleu foncé à violet.

Le résultat est exprimé en nombre de bactéries coliformes et d'*Escherichia coli* dans 100 ml d'eau.

Indénombrable : présence de nombreuses colonies typique (coliforme couleur rouge rose et / ou *E.coli* couleur bleu à violet.) qui ne permettent pas le dénombrement.

Ininterprétable : présence de nombreuse colonies typiques interférées par une flore typique importante qui n'a pas permis le dénombrement.

RESULTAT DES INTERPRETATIONS

I- Résultats et discussions :

Au cours de notre stage pratique qui s'étalé sur 3 mois (Mars, Avril, Mai) nous avons réalisé un contrôle de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de consommation de la ville de Cap djinet et Boudouaou.

I.1- Les analyses physico-chimiques :

I.1.1- les paramètres physiques :

- **Résultats :**

Les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau potable sont enregistrés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Résultats relatifs aux analyses des paramètres physiques des eaux de consommation.

| N° | Date | Heure | Points de prélèvement | Test de chlore mg/l | Les paramètres physiques | | | | Observation |
|-------------------------------|------------|--------|--|---------------------|--------------------------|-------|-------------------------------|---------------|-------------|
| | | | | | PH | T(°C) | Conductivité $\mu\text{s/cm}$ | Turbidité NTU | |
| 01 | 21/03/2022 | 09 :30 | Cap Djanet (Centre-ville) | 0.2 | 7.65 | 15.2 | 427 | 0.76 | BQP |
| 02 | 21/03/2022 | 13 :05 | Boudouaou (Cité el Badr) | 0.3 | 7.51 | 14.8 | 482 | 1.47 | BQP |
| 03 | 30/03/2022 | 10 :30 | Boudouaou (Cité Toulmatine Hamoud) | 0.1 | 7.67 | 15.8 | 499 | 1.11 | BQP |
| 04 | 21/04/2022 | 11 :00 | Boudouaou (Cité Log 800) | 0.6 | 6.80 | 13.9 | 1939 | 2.26 | BQP |
| 05 | 11/05/2022 | 11 :30 | Boudouaou (Cité Hamdi Slimane) Château d'eau | 0.5 | 6.76 | 17.1 | 1937 | 0.84 | BQP |
| Les normes algériennes | | | | | [6.5-9] | 25 | 2800 | 5 | |

BQP : Bonne Qualité Physique.

- **Discussion :**
- ❖ **Test de chlore :**

D'après ces résultats, on constate que toutes les valeurs que nous avons enregistrées sont comprises entre 0.1 et 0.6 mg/l, ces valeurs sont conformes aux normes algériennes.

- ❖ **pH :**

Les résultats de pH effectués sur les 4 prélèvements (tableau), montrent que le pH varie entre 6.76 et 7.67, on constate ainsi que le pH répond aux normes Algériennes pour l'eau potable, qui est comprises entre 6,5 et 9.

- ❖ **Température :**

Les résultats de la température de notre eau étudiée montrent une fourchette d'intervalle comprise entre 13.9°C et 17.1°C, sont conformes aux normes de potabilités Algériennes.

- ❖ **La conductivité :**

La conductivité est proportionnelle à la minéralisation de l'eau. Plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée. Celle-ci varie également en fonction de la température, puisque cette dernière modifie la viscosité de l'eau. [91]

La conductivité des eaux analysées varié entre 427 et 1939 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Les valeurs les plus élevées sont retrouvées dans la cité Log 800 et la cité Hamdi Slimane, mais elles sont dans la norme algérienne (2800 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

- ❖ **La turbidité :**

Les valeurs de la conductivité des eaux analysées varient entre 0.76 et 2.26 NTU. On peut constater que la turbidité des eaux analysées respecte la norme algérienne pour l'eau potable.

I.1.2- Les paramètre de pollutions :

- **Résultats :**

Les résultats des paramètres de pollutions effectuées sur les eaux de consommation prélevés au niveau de réseau choisi sont regroupés dans le tableau suivant :

Résultats et interprétations

Tableau 7 : Résultats relatifs aux analyses des paramètres de pollution des eaux de consommation.

| N° | Date | Heure | Points de prélèvement | Test de chlore mg/l | Les paramètres de pollution | | | | Observation |
|-------------------------------|------------|--------|--|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| | | | | | NO ₂ ⁻ mg/l | NO ₃ ⁻ mg/l | PO ₄ ⁻ mg/l | NH ₄ ⁺ mg/l | |
| 01 | 21/03/2022 | 09 :30 | Cap Djanet (Centre-ville) | 0.2 | -0.01 | 4.7 | 0.07 | 0.05 | BQC |
| 02 | 21/03/2022 | 13 :05 | Boudouaou (Cité el Badr) | 0.3 | -0.01 | 5.8 | -0.03 | 0.00 | BQC |
| 03 | 30/03/2022 | 10 :30 | Boudouaou (Cité Toulmatine Hamoud) | 0.1 | -0.01 | 5.8 | -0.01 | -0.03 | BQC |
| 04 | 21/04/2022 | 11 :00 | Boudouaou (Cité Log 800) | 0.6 | 0.04 | 8.5 | -0.02 | -0.04 | BQC |
| 05 | 11/05/2022 | 11 :30 | Boudouaou (Cité Hamdi Slimane) Château d'eau | 0.5 | 0.00 | 8.1 | -0.07 | 0.03 | BQC |
| Les normes algériennes | | | | | 0.5 | 50 | 0.5 | 0.5 | |

BQC : Bonne Qualité Chimique

• **Discussion :**

❖ **Nitrite :**

La concentration en nitrite de ces 4 prélèvements effectués est inférieure à 0.02 mg/l. Cela indique l'absence de nitrite dans ces échantillons.

❖ **Nitrate :**

D'après les valeurs enregistrées, nous avons constaté que les échantillons sont de bonne qualité. C'est donc une absence totale de nitrate inférieure à 0.02 mg/l qui se situent dans l'intervalle préconisé par les normes Algérienne.

❖ **Ortho phosphate :**

Pour ce paramètre les résultats obtenus sont négatifs pour tous les échantillons (inférieure à 0.03 mg/l).

❖ Ammonium :

Les résultats obtenus après l'analyse montrent que les valeurs sont conformes aux normes de potabilité algériennes.

I.1.3- Minéralisation Globale :

Résultats :

Les résultats des paramètres de minéralisation globale de l'eau potable sont enregistrés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Résultats relatifs aux paramètres de minéralisations globales des eaux de consommation.

| N° | Date | Heure | Points de prélèvement | minéralisations globale | | | | | | | Observation |
|-------------------------------|----------|--------|--|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------|------------|-----------|--------------------------|-------------|
| | | | | Ca ²⁺ mg/l | Cl ⁻ mg/l | SO ₄ ²⁻ mg/l | DO mg/l | TAC NTU | TA NTU | Mg ²⁺ mg/l | |
| 01 | 21/03/22 | 09 :30 | Cap Djanet (Centre-ville) | 22 | 110 | 4.2 | 7.81 | 78.2 | 0 | 1.1 | BQC |
| 02 | 21/03/22 | 13 :05 | Boudouaou (Cité el Badr) | 44 | 92 | 32 | 7.10 | 141 | 0 | 8.9 | BQC |
| 03 | 30/03/22 | 10 :30 | Boudouaou (Centre-ville) | 44 | 89 | 32 | 7.63 | 11.1 | 0 | 10 | BQC |
| 04 | 21/04/22 | 11 :00 | Boudouaou (Cité Log 800) | 181 | 252 | 236 | 7.13 | 47.3 | 0 | 52 | BQC |
| 05 | 11/05/22 | 11 :30 | Boudouaou (Cité Hamdi Slimane) Château d'eau | 173 | 219 | 243 | 7.44 | 47 | 0 | 54 | BQC |
| Les normes algériennes | | | | 200 | 500 | 400 | - | - | - | 150 | |

BQC : Bonne Qualité Chimique.

• Discussion :

❖ Calcium :

Les concentrations en calcium varient entre 22 et 181 mg/l. Ces valeurs sont conformes à celles fixées par les normes algériennes. Rappelons que la concentration maximale admissible pour le calcium est de 200mg/l.

❖ **Magnésium :**

Les concentrations en Magnésium varient entre 54 et 1.1 mg/l. Ces valeurs sont conformes à celles fixées par les normes algériennes. Rappelons que la concentration maximale admissible pour le Magnésium est de 150mg/l.

❖ **Chlorure :**

La réglementation algérienne indique une valeur maximale de 500 mg/l. Alors que la teneur en chlorure de nos résultats est entre 89 mg/l et 252 mg/l et ces valeurs restent dans la norme de potabilité d'eau qui est de 500 mg/l.

❖ **Sulfate :**

D'après les résultats des échantillons analysés, les valeurs enregistrées restent inférieurs à la valeur guide 400mg/l de la norme algérienne des eaux.

❖ **Oxygène dissous :**

Les résultats montrent que les échantillons présentent des valeurs d'oxygènes dissous acceptables selon les normes Algériennes.

❖ **Le titre alcalimétrique simple « TA » :**

Le titre alcalimétrique TA est nul pour tous les points de prélèvements, car le pH est inférieur à 8.3.

❖ **Le titre alcalimétrique complet « TAC » :**

L'analyse montre que le TAC de tous les points de prélèvements respecte les normes algériennes.

I.1.4- Les paramètres indésirables :

• **Résultats :**

Les résultats des paramètres indésirables effectués sur les 4 prélèvements sont regroupés dans le tableau.

Tableau 9 : Résultats relatifs aux paramètres indésirables des eaux de consommation.

| N° | Date | Heure | Points de prélèvement | Test de chlore mg/l | Les paramètres indésirables | | | Observation |
|-------------------------------|------------|--------|--|---------------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | | | | | Fe ²⁺ mg/l | Mn ²⁺ mg/l | Al ³⁺ mg/l | |
| 01 | 21/03/2022 | 09 :30 | Cap Djanet (Centre-ville) | 0.2 | <0.02 | <0.02 | 0.05 | BQC |
| 02 | 21/03/2022 | 13 :05 | Boudouaou (Cité el Badr) | 0.3 | <0.02 | <0.02 | 0.037 | BQC |
| 03 | 30/03/2022 | 10 :30 | Boudouaou (Cité Toulmatine Hamoud) | 0.1 | <0.02 | <0.02 | 0.047 | BQC |
| 04 | 21/04/2022 | 11 :00 | Boudouaou (Cité Log 800) | 0.6 | <0.02 | <0.02 | 0.016 | BQC |
| 05 | 11/05/2022 | 11 :30 | Boudouaou (Cité Hamdi Slimane) Château d'eau | 0.5 | <0.02 | <0.02 | 0.011 | BQC |
| Les normes algériennes | | | | | 0.3 | 0.05 | 0.2 | |

BQC : Bonne Qualité Chimique.

- **Discussion :**

- ❖ **Fer :**

L'absence de fer dans les tous les points de prélèvements, les teneurs sont toujours conformes aux normes de potabilités (<0.3 mg/l).

- ❖ **Manganèse :**

Quoique que la réglementation algérienne recommande une valeur de 0.5 mg/l. nous pouvons observer que dans notre cas les valeurs relevées dénotent une quasi absence du manganèse pour tous les points de prélèvements ceci répond aux normes prescrites.

❖ Aluminium :

Les résultats obtenus après l'analyse montrent que les valeurs d'aluminium sont conformes aux normes de potabilité algériennes.

Conclusion :

D'après l'analyse des résultats de l'eau de consommation de réseau suivi, on constate que tous les paramètres sont conformes aux normes Algérienne.

I.2- Les analyses bactériologiques :

• Résultats :

Les résultats de l'analyse bactériologique effectuée sur les 4 prélèvements sont regroupés dans le tableau :

Résultats et interprétations

Tableau 10 : Résultats relatifs aux analyses bactériologiques des eaux de consommation.

| N° | Date | Heure | Points de prélèvement | Test de chlore mg/l | Les paramètres bactériologiques | | Observation |
|-------------------------------|------------|--------|--|---------------------|---------------------------------|----------|-------------|
| | | | | | E.Coli % | Coli.T % | |
| 01 | 21/03/2022 | 09 :30 | Cap Djanet (Centre-ville) | 0.2 | ABS | ABS | BQB |
| 02 | 21/03/2022 | 13 :05 | Boudouaou (Cité el Badr) | 0.3 | ABS | ABS | BQB |
| 03 | 30/03/2022 | 10 :30 | Boudouaou (Cité Toulmatine Hamoud) | 0.1 | ABS | ABS | BQB |
| 04 | 21/04/2022 | 11 :00 | Boudouaou (Cité Log 800) | 0.6 | ABS | ABS | BQB |
| 05 | 11/05/2022 | 11 :30 | Boudouaou (Cité Hamdi Slimane) Château d'eau | 0.5 | ABS | ABS | BQB |
| Les normes algériennes | | | | | 0 | 0 | |

BQB : Bonne Qualité Bactériologique.

ABS : Absence.

I.2.1- Discussion :

D'après les analyses bactériologiques de l'eau de consommation des 4 points prélever on constate l'absence des germes recherchés dans les prélèvements tels que :

- ✓ Les coliformes totaux.
- ✓ L'Escherichia Coli.

Ces résultats sont conformes aux normes de potabilités décrites par l'OMS et les normes Algériennes, Donc ces échantillons sont de bonne qualité bactériologique et témoigne l'efficacité de la désinfection au niveau du réservoir.

Conclusion :

D'après les résultats obtenus on remarque que l'eau étudiée indique l'absence des germes d'une contamination d'origine fécale telle que : les coliforme totaux, l'Escherichia Coli. Ce qui indique que l'eau est bonne qualité bactériologique.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Au cours de ce travail réalisé dans le cadre de notre stage de fin d'études qui a été effectué au niveau du laboratoire centrale de SEAAL de la wilaya d'Alger (Kouba), dont l'objectif est le contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de consommation de Cap djinet et de Boudouaou et vérifier si la qualité de cette eau répond aux normes requise pour les eaux de consommation humaine.

En effet, les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont donné les résultats suivants :

- ✓ Les tests physico-chimiques complètes et partielles (pH, conductivité, turbidité, température...) ont donné des résultats positifs pour les sites (Cap djinet, Boudouaou châteaux d'eau, cité el Badr, cité log800, et cité toulmatine hamoud), c'est-à-dire ces résultats sont conformes à la réglementation Algérienne et ces eaux potables ne signifie pas de pollution qui ne dépasse pas les normes préconisée par l'OMS appliquée en Algérie.
- ✓ Sur le plan bactériologique, les résultats indiquent l'absence totale des germes de contamination fécale pour l'ensemble des points de prélèvement c'est une signe d'inexistence de pollution.

Tous les résultats d'analyse obtenus au cours de ce travail répondent aux normes de potabilité ce qui amène à conclure que l'eau de consommation de cap djinet, et de Boudouaou, tant au niveau de la distribution que chez le consommateur est de bonne qualité physico-chimique et bactériologique, néanmoins il faut surveiller chaque jour le réseau pour éviter les pollutions accidentelles.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] : ROUGIER H et WACKERMANN G, (2009). L'eau ressources et usages. Ellipses
- [2] : CHAPMAN-D, (1996). Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring. Chapman & Hall, London.
- [3] : BAHMED L; DJEBABRA M; ABIBSI A. (2004). Démarche d'intégration du concept qualité-sécurité-environnement aux systèmes d'alimentation en eau potable. Laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface. Larhys Journal, ISSN 1112-3680, Juin 2004, pp. 115-128.
- [4] : PAINCHAUD J., (1997). La qualité de l'eau des rivières des Québec. Etat et tendance direction des écosystèmes aquatiques.
- [5] : BAZIZ NAFISSA., (2008). Etude sur la qualité de l'eau potable et risque potentiels sur la santé cas de la ville de Batna. Mémoire magister. Université colonel ELHADJ LAKHDAR BATNA. P154.
- [6] : LOUIS SCHRIVER-MAZZOULI, (2012). La gestion durable de l'eau : ressource, qualité, organisation. P 18.
- [7] : <https://www.infirmiers.com/fonadmentale-les-molécules-du-vivant-partie-1.html>
- [8] : SARI, H., (2014). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau de la source «Attar» (Tlemcen). Université de Tlemcen. Mémoire de Master. 63p.
- [9] : CHOISNEL E. (1999). Le cycle de l'eau ; in : « L'eau : milieu naturel et maîtrise, Tome 1 ». INRA, Paris. ISSN : 1250-5218 ISBN : 2-7380-0854-2 Tome 1 - 2-7380-0855-0 (HY. 47/T1).
- [10] : ATTEIA O, (2005). Chimie et pollutions des eaux souterraines. Editions Tec Doc Lavoisier, Paris.
- [11] : MOUFFOK, (2008). Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson, Manuel des travaux pratiquement des eaux. Institut Pasteur d'Algérie 2008, P : 5.
- [12] : DESJARDINS R, (1997). Le traitement des eaux deuxième Edition de l'école polytechnique de Montréal.
- [13] : DEBABZA, (2005). Mémoire de Magister en Microbiologie appliquée : Analyse microbiologique des eaux des plages de la ville d'Annaba Evaluation de la résistance aux antibiotiques des microorganismes pathogènes, Université des sciences de Badji-Mokhtar, Annaba (Algérie).
- [14] : DEGREMONT, (2005). Mémento technique de l'eau. Tome 1, 10^{ème} édition : Tec et doc. P : 3-38.
- [15] : VIELING, (2003). Gestion des eaux : Alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris.

- [16] : AISSAOUI, AZZEDDINE, (2013). -Evaluation du niveau de contamination des eaux de barrage hammam Grouz de la région de oued Athmania par les activités agricoles-. Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri-Tizi ouzou- : Ecologie végétale appliquée et gestion de l'environnement, 75p.
- [17] : CHAUSSADE J.I, ROVEL J.M, MOUCHET P., ANDRIAMIRADO I., MARCHAND D., LESOILLE M., BAIG S., MAZONIE P., BOURDILOT J.C., BONNOLYE V., HESSE C., HAURBY A., MOLES J., NICL R ET SANZ M.A. (2005). Mémento technique de l'eau dégerment. Tome I. 10^{ème} édition, Lavoisier Tec DOC. Paris.
- [18] : COMETE ENGINEERING, (2007). Gestion Durable des ressources en eau. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Tunisie. 93p.
- [19] : TOUATI, B., (2010). Les barrages et la politique hydraulique en Algérie : état, diagnostic et perspectives d'un aménagement durable. Département de l'aménagement du territoire. Université Constantine. Thèse Doctorat, 385p.
- [20] : BENETEAUD, E. et PUJADES, P., (2009). L'eau. Académie Versailles.13p.
- [21] : GREEN FACTS, (2014). Ressources en eau. Schweizerische Eidgenossenschaft. 6p.
- [22] : Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 2003. L'eau et la santé - Directives de l'OMS sur la qualité de l'eau de boisson. Centre de documentation. 13p.
- [23] : OFFICE NATIONAL DES STATISTIQUES (ONS), (2006). Compendium National sur les Statistiques de l'Environnement. SEC EL MAARIFA, Alger, ISSN 1111 – 5084. 14p.
- [24] : TALBI, B. ET SOUAK, F. Z., (2016). Le management intégré des ressources en eau en Algérie : enjeux et contraintes. International Journal of Economics & Strategic Management of Business Process (ESMB), ISSN: 2356-5608, 67-72.
- [25] : NATIONS UNIES, (2005). L'eau, source de vie. Le Département de l'information de l'ONU. 17p.
- [26] : HUART, M. et T'SERSTEVENS, J. J., (2006). L'exploitation des ressources en eaux de surface. APERE ASBL. 5p.
- [27] : OMS. (1986). OMS. Directives de la qualité pour l'eau de boisson.
- [28] : AYAD-W, (2016), Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-Harrouch (wilaya de Skikda). Thèse P1 9 42 46.
- [29] : VALENTIN NICOLAS. (2000) : Construction d'un capteur logiciel pour le contrôle automatique du procédé de coagulation en traitement d'eau potable, DOCTORAT.
- [30] : HARRAT, NABIL, (2013). Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eau de surface-. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra- : Hydraulique, 168p.
- [31] : CIEAU, (2016). -Les traitements de l'eau : la qualité de l'eau de robinet.
- [32] : BEYADE, Sidi Salem, (2013). Caractérisation de la composition chimique des eaux usées traitées de la STEP de Sebka-. Mémoire de master. Université Cadi Ayyad-Merrakah- : Eau et environnement, 65p.

- [33] : JESTIN, EMMANUEL, (1995). La production et le traitement des eaux destinées à l'alimentation et à la préparation de denrées alimentaires-. Cahier technique : Agence de l'eau seine-Normandie, 34p
- [34] : ANGELIER, EUGENE, (2000). Ecologie des eaux courantes-. London-Paris- : Tec et Doc, 184p.
- [35] : VILAGINES, ROLAND, (2003). Introduction à l'hydrologie : eau, environnement et santé publique-. 2eme édition. Paris : Tec et Doc, 531p.
- [36] : DAHEL ZANAT, (2009). Mémoire de Magister, Analyse de la qualité bactériologique des eaux du littoral Nord-Est algérien à travers un bioindicateur la moule *Perna perna*, Université Badji-Mokhtar, Annaba, 2009, p ; 69.
- [37] : LOUNNAS AMEL, (2009) : amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi-Kroma de Skikda. Thèse de Magister Présenté à l'université du 20 Août 1955 Skikda Faculté des Sciences Département des Sciences Fondamentales Spécialité : Chimie Option : Pollutions Chimiques & Environnement.
- [38] : N. Nouayti, M. HILALI, (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc) J. Mater. Environ. Sci. Vol 6(4), p. 1068-1081.
- [39] : ANONYME. (2005) : Les données de l'IBGE : "L'eau à Bruxelles", 2005. Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général, 2015
- [40] : C.I.E, (2005). Centre d'information sur l'eau disponible sur internet www.Cieau.com. 89p.
- [41] : RODIER J., (2009). L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 9^{ème} édition : Dunod, Paris.
- [42] : BREMAUDE C., CLAISSE J R., LEULIER F., THIBAUT J., ULRICH E., (2006). Alimentation, santé, qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rurale, Edition Educagri, Dijon, France, p : 220-221.
- [43] : SAMAKE H, (2002). Thèse de doctorat analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000-2001 faculté de médecine. 58p.
- [44] : R-DESJARDINS, (1990). Le traitement des eaux, 2^{ème} édition revue de l'école polytechnique de Montréal.
- [45] : SEVRIN REYSSAC G., DELANOUE J., PROULX D., (1995). Le recyclage de lisier de porc par lagunage. Edition technique et documentation Lavoisier 118p.
- [46] : BLIEFRET C. ET PERRAUD R., (2001). Chimie de l'environnement : air, eau, sols, déchets. Bruxelles : De Boeck, PP 285-286-287-326-477.
- [47] : DEGREMONT. (1989) : Memento Technique de l'eau, 09eme édition Lavoisier, Tome I, Paris.

- [48] : HOUMEL T. (2017). Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques sur deux périodes d'échantillonnage de deux sources d'eau. Mémoire de Master en Biologie. Spécialité: Protection de l'environnement. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 74p.
- [49] : BERNE.-F, (1972). Les traitements des eaux dans l'industrie pétrolière. Édition TECHNIP, P 207.
- [50] : REJSEK F, (2002). Analyse des eaux ; Aspects réglementaires et techniques. Ed Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. ISBN 2-86617-420-8 ; (M.96).
- [51] : RODIER J., LEGUBE B., MERLET N. ET BRUNET R, (2009). L'analyse d'eau 9^{ème} Ed, Dunod, Paris. ISBN 978-2-10-054179-9.S
- [52] : HADE A., (2002). Nos lacs – les connaître pour mieux les protéger. Éditions Fides.p 360.
- [53] : KEMMOUM D et BEDDEK. F. qualité physico-chimique et biologique de l'AEP de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse ingénieur d'état en agronomie. UMMTO.
- [54] : CHERY L, (2006). Qualité naturelle des Eaux souterraines : Méthodes de caractérisation des Etats de Référence des Aquifères Français. Edition BRGM, Orléans, France.
- [55] : ANONYME 2, (2004). Effets du Potassium et du Sodium sur la santé. Disponible sur Internet : www.lenntech.fr.
- [56] : HENRY ET BEAUDRY J., (1992). Chimie des eaux, édition le griffon d'argile ; Canada PP 71-105.
- [57] : BELGHITI M.L., CHAHLAOUI A., BENGOUMI D., EL MOUSTAINE R. (2013) : Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de MEKNES (MAROC) larhyss journal, issn 1112-3680, n°14, juin 2013, pp. 21-36
- [58] : AMADOU H., LAOUALI M.S., MANZOLA A. (2014) : analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de trois aquifères de la région de tillabery : application des méthodes d'analyses statistiques multi variées larhyss journal, issn 1112-3680, n°20, décembre 2014, pp. 25-41
- [59] : POTELON J., (1998). Guide d'analyse d'eau potable, Lavoisier, Paris. P145-237.
- [60] : RODIER J., BAZIN C., BROUTIN JP., CHAMBON G-P., CHAMPSON H ET RODI L., (1996). L'analyse de l'eau : Eaux Résiduaires, Eaux de Mer. 5^{ème} Edition, DUNOD. P 633-668-3031-204-205-380-500-1086-1335.
- [61] : BEHLOUL S (2009). Evaluation de la matière organique dans l'eau du barrage de timgad. Thèse magister en chimie de l'eau. Université el hadj lekhdar Batna.
- [62] : GAUJOUS D. (1995). La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire, 02eme édition Lavoisier, Paris, ISBN : 2-7430-0021-X
- [63] : ARMSTRONG. (1981) : V.C Holliday, M.G et Scherecker, T.F. Tapwater consumption in canada. Rapport 82 –EHD-80, Direction générale de l'hygiène du milieu. Ministère de la santé nationale st du en être social, Ottawa.

- [64] : ANONYME (1986) : Santé de l'environnement et du milieu de travail 1986. V.C., Holliday M.G. et schrecker, T.F Tapwater consumption in canada. Rapport 82 –EHD- 80 direction générale de l'hygiène du milieu, ministère de la santé nationale et du en etre.
- [65]: DEMBA N'DIAYE ABDOULAYE, MOHAMED OULD SID' AHMED OULD KANKOU, KHALID IBNO NAMR. (2013). Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 12, Janvier 2013, pp. 85-93 © 2013 Tous droits réservés.
- [66] : CARTIER CLEMENT. (2012) : IDENTIFICATION ET TRAITEMENTS DES PRINCIPALES SOURCES DE PLOMB EN EAU POTABLE. Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de philosophiae doctor. Département des génies civil, géologique et des mines école polytechnique de Montréal.
- [67] : RODIER J., (2005). L'analyse de l'eau: Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 8eme édition: Dunod, Paris.
- [68] : KENNETH M. (1976). Biologie de la pollution. Edition Librairie Vuibert. Paris. Lavoisier 2006. 71p.
- [69] : GENIN, BRIGITTE, CHAUVIN, CHRISTIAN ET MENARD, FRANÇOISE, (2003). Cours d'eau et indices biologiques : Pollution, Méthodes, IBGN-. 2eme édition. Dijon : Educagri, 215p.
- [70] : GRAINI, LAZHAR, (2011). Contrôle de la pollution de l'eau par méthode acousto-optique. Mémoire de magister-. Université Farhat Abbas-Setif- : Optique appliquée, 83p.
- [71] : BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONIE A, (2004). Réutilisation des eaux usées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France. Rapport ORS, 220p.
- [72] : GALAF F, 2003. « Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un siteWeb sur la pollution du milieu marin ». Mémoire d'ingénieur d'état. Université.
- [73] : OUDIZ B, CESSAC, J. BRENOT J.P. MAIGNEP., SANTUCCI, M.C. ROBE P. CHARBONNEAU., (2000). Gestion des sites industriels potentiellement contaminés par des substances radioactives. Réalisé par l'IPSN pour le compte des ministères de l'Environnement et de la Santé.
- [74] : KOURCHI, (2010). Achèvement du système d'épuration de la ville de Draa el mizan. Mémoire fin d'étude UMMTO.
- [75] : RAMADE F. (1998). Dictionnaire encyclopédique de l'eau. Ed. Science international, Paris. 487p.
- [76] : RAMADE F. (2005). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ed. Science internationale, Paris. 528 p.
- [77] : DEFRANCESCHI M. (1996). L'eau dans tous ses états. Edition Marketing S.A, Paris. 128p.
- [78] : O.M.S. (2006). Directives de la qualité pour l'eau de boisson. (2006).
- [79] : DEGREMONT. (1989). Mémento technique de l'eau, Technique et documentation, tome I. 2503p.

- [80] : O.M.S. (2004). Directives de la qualité pour l'eau de boisson. (2004).
- [81] : RAMADE F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ed. Dunod, Paris. 370p.
- [82] : RAMADE F. (1992). Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson, Paris. 378 p.
- [83] : http://www.mapnall.com/fr/Carte-géographique-Boudouaou_1135850.html.
- [84] : <https://fr.db-city.com/Algérie--Boumerdès--Boudouaou>.
- [85] : https://planificateur.a-contresens.net/afrique/algerie/wilaya_de_boumerdes/boudouaou/2503229.html.
- [86] : <https://fr.weatherspark.com/y/48921/Météo-moyenne-à-Boudouaou-Algérie-tout-au-long-de-l'année>.
- [87] : <https://mapcarta.com/fr/17345370>.
- [88] : https://jeanyvesthorrignac.fr/wa_files/INFO_20598_20DJINET.pdf.
- [89] : <https://fr.db-city.com/Algérie--Boumerdès--Bordj-Menaïel--Djinet#geo>.
- [90] : https://www.meteoblue.com/fr/climate-change/cap-djinet_algerie_2499845.
- [91] : DUGUET J.P ., BERNAZEAU F., CLERET D., GAID A., LAPLANCHE A., MOLES J., MONTIEL A., RIOU G ET SIMON P. (2006). Réglementation et Traitement des Eaux Destinées à la consommation Humaine. 1^{ère} Edition, ASTEE Editions Marketinig, Paris ISBN 978-2-7298-5233-7.

ANNEXES

Annexes

Annexe I : JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 13, 9 mars 2014.

| Groupe de paramètres | paramètres | Unités | Valeurs limites/ Indicatives |
|-------------------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| Paramètres physico- chimique | Concentration en ion hydrogène | PH | ≥ 6.5 et ≤ 9 |
| | Température | °C | 25 |
| | Conductivité | $\mu\text{s/cm}$ | 2800 |
| | Turbidité | NTU | 5 |
| Paramètres de pollution | Nitrite | mg/l | 0.2 |
| | nitrate | mg /l | 50 |
| | Ortho-phosphate | mg/l | 0.5 |
| | Ammonium | mg/l | 0.5 |
| minéralisations globale | Calcium | mg/l | 200 |
| | Chlorure | mg/l | 500 |
| | Sulfate | mg/l | 400 |
| | Oxygène Dissous | mg/l | 8 |
| | Alcalinité | mg/l CaCO_3 | 500 |
| | Magnésium | mg/l | 150 |
| Les paramètres indésirables | Fer | mg/l | 0.3 |
| | Manganèse | mg/l | 0.05 |
| | Aluminium | mg/l | 0.2 |
| Bactériologiques | Escherichia coli | n/100 ml | 0 |
| | Coliformes | n/100 ml | 0 |

Annexes

Annexe II : Les normes de l'OMS de qualité des eaux potables 2006.

| Groupe de paramètres | Paramètres | Valeur indicatives | unités |
|-----------------------------------|---|---|--------|
| Paramètres physiques | pH | Pas de guide mais un optimum entre 6,5 et 9,5 | - |
| | Conductivité | Pas de norme | - |
| | Température | Acceptable | - |
| | Turbidité | Non mentionnée | - |
| Paramètres organoleptiques | Couleur | Pas de valeur guide | - |
| | Gout et odeur | Acceptable | - |
| Eléments toxiques | Arsenic (As) | 0,01 | mg/l |
| | Cadmium (Cd) | 0.003 | mg/l |
| | Chrome (Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶) | Chrome total : 0,05 | mg/l |
| | Cyanures (CN) | 0,07 | mg/l |
| | Mercure (Hg) | Inorganique : 0,0006 | mg/l |
| | Sélénium (Se) | 0,01 | mg/l |
| | Plomb (Pb) | 0,01 | mg/l |
| | Antimoine (Sb) | 0,02 | mg/l |
| | Fer (Fe) | Pas de valeur guide | mg/l |
| | Manganèse (Mn) | 0,4 | mg/l |
| Eléments indésirables | Aluminium (Al) | 0,2 | mg/l |
| | Cuivre (Cu ²⁺) | 2 | mg/l |
| | Ammonium (NH ₄ ⁺) | 0,5 | mg/l |
| | Argent | Pas de valeur guide | mg/l |
| | Fluorures | 1,5 | mg/l |
| | Zinc (Zn) | 3 | mg/l |
| | Bore (B) | 0,5 | mg/l |

Annexes

| | | | |
|------------------------------------|--|---------|----------|
| | Hydrocarbures aromatiques polynucléaires C ₂ H ₃ N ₁ O ₅ P _{1 3} | 0.1 | µg/l |
| | Pesticides | 0,0001 | mg/l |
| Minéralisation globale | THM (Trihalométhanes) CCl ₄ | 4 | µg/l |
| | Calcium (Ca ²⁺) | 100 | |
| | Chlorures (Cl) | 250 | mg/l |
| | Dureté mg/l CaCO ₃ | 200 | ppm |
| | Sodium (Na) | 20 | mg/l |
| | Potassium (K ⁺) | 12 | mg/l |
| Paramètres microbiologiques | Coliformes totaux | 0 | nb/100ml |
| | Coliformes fécaux | 0 | nb/100ml |
| | Staphylocoques pathogènes | 0 | nb/100ml |
| | Clostridium Sulfito-Réducteurs | 0 | nb/100ml |
| | Spoires des bactéries | 0 | nb/20ml |
| | Vibrions cholériques | Absence | nb/20ml |
| Salmonella | Absence | nb/5l | |

Annexe III : Matériels et appareils utilisés

1- Analyses physico-chimiques :

➤ Verrerie :

- Flacons.
- Tube à essai.
- Bécher.
- Fioles jaugées.
- Pipettes.
- Eprouvettes graduées.
- Burettes avec robinet.
- Pissettes.
- Bécher conique.
- Erlenmeyers.
- Cuve en verre.
- Etuve.

➤ Appareils :

- Colorimètre (comparateur).
- pH-mètre sension+pH3 HACH.
- Conductimètre électrique METTER TOLEDO Seven Compact.
- Turbidimètre.
- Spectrophotomètre DR6000 « HACH ».
- Oxymètre Type HQ Modèle 40 D de marque «HACH».

➤ Réactifs

- DPD 1 (N.N Diéthyl Parapheylène Diamine).
- Réactif coloré pour le dosage des nitrites :

Dissoudre 40 g d' amino-4benzène sulfonamide ($\text{NH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}_2$) dans un mélange formé de 100 ml acide ortho phosphorique ($d=1.70\text{g/ml}$) dans 500 ml. Ajouter 2 g de dichlorhydrate de N-(naphyl-1) diamino-1,2éthane ($\text{C}_{10}\text{H}_7\text{NH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2.2\text{HCL}$). Transférer dans une fiole de 1000 ml et compléter au trait avec l'eau ultra pure.

- Solution de salicylate de sodium :

Dissoudre 0.5 g de salicylate de sodium (commercial) dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution de tartrate double de sodium et de potassium :

Dissoudre 400 g d'hydroxyde de sodium dans de l'eau distillée dans une fiole de 1000 ml, ajouter 60 g de tartrate double de sodium et de potassium, laissé refroidir et compléter avec de l'eau distillée.

- Solution d'acide sulfurique concentré :

Acide sulfurique concentré 96 % de pureté (commerciale).

- Solution d'hydroxyde de sodium à 30% :

Dissoudre 30 g d'hydroxyde de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution acide ascorbique à 100mg/l :

Annexes

Dissoudre 10g d'acide ascorbique ($C_6H_8O_6$) dans 100 ml d'eau distillée.

- Solution molybdate acide :

Dissoudre 13g d'hyptamolybdate d'ammonium tétrahydraté $[(NH_4)_6MO_7C_{24},4H_2O]$ dans 100 ml d'eau distillée, dissoudre 0.35g de tartrate de potassium et d'antimoine hémihydraté $[K(SbO)C_4H_4O_6,1/2H_2O]$ dans 100 ml d'eau distillée. Ajouter la solution de molybdate à 300 ml d'acide sulfurique à 900 mol/l sous agitation continue. Ajouter la solution de tartrate et bien mélanger.

- Réactif coloré pour le dosage de l'ammonium :

Dissoudre 130 g de salicylate de sodium et 130 g de citrate trisodique di-hydraté dans 1000 ml d'eau purifiée. Ajouter 0.97 g de nitroprussiate de sodium.

- Solution de dichloro-isocyanurate de sodium :

Dissoudre 32 g d'hydroxyde de sodium dans environ 500 ml d'eau purifiée et laisser refroidir à température ambiante. Ajouter 2g de dichloro-isocyanurate di-hydraté et compléter à 1000 ml avec de l'eau purifiée.

- Indicateur coloré :

- Le murexide : poudre commerciale.

- Noir erichrome : poudre commerciale.

- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) 2N :

Dissoudre 8 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 100 ml d'eau purifiée. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

- Solution de l'EDTA (0.01 mol/l) :

Sécher une portion d'EDTA à 80°C pendant 2 heures (étuves), dissoudre ensuite 3.725 g du sel sec dans de l'eau purifiée et diluer à 100 ml. Une vérification du titre de l'EDTA est effectuée comme suit :

Prendre 50 ml de la solution de référence calcium (à 100 mg/l). Ajouter 2 ml de la solution hydroxyde de sodium et une pincée de l'indicateur, bien mélanger : la prise d'essai doit se colorer alors en rose. Titrer immédiatement à l'aide de la solution EDTA, en versant lentement tout en agitant constamment jusqu'au virage violet.

- Solution tampon pH10 :

Dissoudre 67.5g de chlorure d'ammonium (NH_4Cl) dans 570ml de solution ammoniacale à 25% et diluer à 1000ml avec de l'eau purifiée.

- Solution mère de calcium à 100mg/l :

Une solution de commerce titrisol à 1g/l en calcium est utilisée, si cette solution n'est pas disponible au laboratoire, on utilise un sel contenant l'ion calcium, comme le $CaCl_2$ (sous sa forme anhydre ou di-hydraté).

Annexes

Si la solution de commerce est utilisée (l'étalon à 1 g/l), procéder à une dilution afin d'avoir la concentration de 100 mg/l (introduire de 50 ml de la solution à 1g/l de calcium à l'aide d'une pipette dans une fiole jaugée de 50 ml, ajuster avec l'eau purifiée).

Si le $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ est utilisée, peser 0.367 g et les dissoudre dans 1000 ml d'eau purifiée (0.277g pour la forme anhydre après séchage à l'étuve).

Si un autre se de calcium est utilisée, peser la quantité nécessaire de ce sel afin d'avoir une concentration de 100 mg/l en calcium.

- Solution de nitrate d'argent (0.02mol/l) :

Dissoudre dans l'eau purifiée 3.397 g de nitrate d'argent (AgNO_3), sécher au préalable à l'étuve à 15°C pendant 2 heures, et compléter (avec de l'eau purifiée) à 100 ml dans une fiole jaugée, elle reste stable pendant plusieurs mois.

- Chromate de potassium à 10% (indicateur) :

Dissoudre dans de l'eau purifiée 10g de chromate de potassium K_2CrO_4 et compléter à 100 ml.

- Solution de référence de chlorure de sodium à 710mg/l :

Dissoudre dans de l'eau purifiée 1.1710 g de chlorure de sodium (NaCl), sécher au préalable à l'étuve à 105°C pendant 2 heures, et compléter à 1000 ml dans une fiole jaugée.

- Solution stabilisante :

Dans une fiole jaugée de 1000 ml, mettre 100 ml d'eau distillée. Ajouter 60 ml d'acide chlorhydrique pur (densité 1.19) puis 200 ml d'éthanol, 150g de chlorure de sodium (NaCl) et 100 ml de glycérol. Compléter à 1000 ml avec de l'eau distillée.

- Solution de chlorure de baryum :

Peser 150 g de chlorure de baryum (BaCl_2), verser dans une fiole de 1000 ml et ajouter 5 ml d'acide chlorhydrique pur. Compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

- Acide chlorhydrique de concentration 0.1 N :

Verser 10 ml de l'acide chlorhydrique 1 N dans une fiole de 100 ml, compléter avec de l'eau distillée.

- Réactif A (LCW 532 A) :

Poudre commerciale.

- Solution B (LCW 532 B) :

Solution commerciale.

- Solution C (LCW 532 C) :

Solution commerciale.

- Solution A (LCK301 A) :

Solution commerciale.

- Réactif B (LCK301 B) :

Poudre commerciale.

2- Analyses bactériologiques :

➤ Appareillage et verrerie :

- Rampe de filtration en acier inoxydable stérilisée à la flamme avant chaque analyse.
- Membrane de filtration stérile de 0.45µm de porosité.
- Etuve à 36 °C.
- Boîtes de pétri Φ 55mm.
- Bac bunsen.
- Trompe à vide.
- Pipettes stériles à usage unique (pipette pasteur).
- Pincés désinfectées.

➤ Milieu de culture et réactifs :

- Gélose chromogène (CCA).
- Disque d'oxydase ou réactif à l'oxydase.
- Préparation du milieu de culture.
- Utiliser un bain marie à une température de 95°C.
- Faire fondre le flacon contenant la gélose chromogène stérile.
- Laisser refroidir à une température de 50°C.
- Couler dans les boîtes de pétri un volume suffisant et laisser solidifier.

Résumé

Le but de notre travail consiste à contrôler la qualité de l'eau de consommation de la ville de Boudouaou et Cap djinet (Wilaya de Boumerdès).

Nous avons analysé les paramètres physico-chimiques qui sont principalement : (la température, le pH, la turbidité, la conductivité ... etc.) ainsi que les paramètres bactériologiques : (dénombrement des Escherichia coli et des bactéries coliformes) au niveau de laboratoire SEAAL d'Alger sur une période de trois mois (Mars, Avril et Mai) dans les deux sites d'études.

Les résultats d'analyses montrent que l'eau de consommation des deux villes est de bonne qualité et répond aux normes algériennes.

Mot clés : analyses physico-chimiques, analyses bactériologiques

ملخص

الغرض من عملنا هو مراقبة جودة مياه الشرب في مدينة بودواو وكاب جنيت (ولاية بومرداس).

قمنا بتحليل المعلومات الفيزيائية والكيميائية التي هي أساساً: (درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، والتوصيلية، وما إلى ذلك) وكذلك المعلمات البكتريولوجية: (عدد بكتيريا الإشريكية القولونية والبكتيريا القولونية) في مختبر سيال في الجزائر العاصمة على مدى ثلاثة أشهر (مارس، أبريل ومايو) في موقعي الدراسة.

تظهر نتائج التحليلات أن مياه الشرب في المدينتين ذات نوعية جيدة وتفي بالمعايير الجزائرية.

الكلمات المفتاحية: التحاليل الفيزيوكيميائية . التحاليل البكتريولوجية .

Abstarct

The purpose of our work is to control the quality of drinking water in the town of boudouaou and cap djinet (wilaya of boumerdes).

We analyzed the physico-chemical parameters which are mainly: (temperature, pH, conductivity, etc.) as well as bacteriological parameters: (count of Escherichia coli and coliform bacteria) at the Seaal laboratory in Algiers over a three-month period (March, April and May) at the two study sites.

The results of analyzes show that the drinking water of the two towns is of good quality and meets Algerian standards.

Key words: physic-chemical analysis, bacteriological analysis,