



Projet de Fin d'Etudes

Licence Sciences & Techniques
«BioProcédés, Hygiène & sécurité alimentaires»

Contrôle de la qualité des eaux de la source « Ain Timgnay » avant et après la chloration à la RADEEF

Présenté par :

-Mlle Ibn El Mokhtar
Fatima Zahrae

Encadré par :

-Pr El FARRICHA Omar (FSTF)
-Mme SAIDI Ouadia (RADEEF)

Soutenu le : 06 Juin 2018

Devant le jury composé de :

- Pr El FARRICHA Omar : Encadrant Interne
- Mme SAIDI Ouadia : Encadrante externe
- Pr FADIL Fatima : Examinatrice

Stage effectué à RADEEF



Année universitaire : 2017/2018

Dédicace

Je dédie ce travail

A mon père TIJANI et ma mère KHADIJA, vous êtes pour moi une source de vie car sans vos sacrifices, votre tendresse et votre affection je ne pourrais arriver jusqu'au bout. Je me réjouis de cet amour familial. Je vous remercie de tout le soutien et l'amour que vous me partager depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A mes sœurs IKRAM, MERYEM et mon frère SIMOHAMMED que j'aime tant, qui ont toujours été présents pour moi. En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.

A la mémoire de mon grand père MOHAMMED, tu as toujours été présent pour les bons conseils. Que dieu bénisse ton âme.

A mes chères grandes mères, tantes et oncles. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

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

Remerciements

Avant tout développement de ce projet de fin d'Etudes, je remercie tout d'abord mon Dieu qui m'a donné la santé, la force, le courage, la croyance et le soutien pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier avec enthousiasme toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, et plus particulièrement les personnes que je cite ci-dessous :

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à **Mr Y.LAKLALECH** le directeur général de la RADEEF, qui m'a donné l'opportunité de faire ce stage au sein de la régie.

Je tiens à remercier mon encadrant pédagogique **Pr. EL FARRICHA Omar**, Professeur à la Faculté des Sciences et Techniques Fès, d'avoir bien accepté de diriger ce travail, pour sa disponibilité, pour la confiance qu'il a su m'accorder et les conseils précieux qu'il m'a prodigués tout au long de la réalisation de ce projet.

Je tiens particulièrement à exprimer toute ma reconnaissance à **Mme G.FARES** chef de division contrôle qualité des eaux à la RADEEF, et à **Mme N.ATMANI** chef de service contrôle qualité des eaux à la RADEEF pour leurs accueils dans le laboratoire de contrôle de qualité des eaux.

Je tiens à remercier tout particulièrement **Mme SAIDI Ouadia** chef de bureau analyses STEP et responsable des analyses bactériologiques, qui m'a accordé sa confiance et attribué des missions valorisantes durant ce stage et pour son encadrement, sa compréhension et son énorme soutien durant cette période.

Aussi je tiens à remercier **Mme OUZZANI Rachida** responsable des analyses physico-chimiques et **Mme BOUZBIBA Rafiqua** responsable des analyses bactériologiques, pour m'avoir donné l'opportunité de passer ce stage dans les meilleures conditions et pour leurs directives et conduites.

Je tiens ensuite à exprimer toutes mes reconnaissances à l'ensemble du personnel du laboratoire de contrôle de qualité des eaux : cadres, employés et opérateurs pour leur soutien, leur aide, surtout pour leur sympathie.

J'adresse pareillement mes remerciements à **Pr. FADIL Fatima** d'avoir accepté de consacrer une partie de son précieux temps à l'évaluation de mon travail.

Enfin, je voudrais remercier tous les **enseignants de FST** qui ont contribué à ma formation pendant ces années et particulièrement aux enseignants de la licence bioprocédés, hygiène et sécurité alimentaires.

Liste des abréviations :

- **BEA** : Gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium.
- **DBO** : Demande biochimique en oxygène.
- **DCO** : Demande chimique en oxygène.
- **DPD** : Diethyl paraphenylene diamine.
- **CF** : Coliformes fécaux.
- **CT** : Coliformes totaux.
- **FMAT** : Flore mésophile aérobie totale.
- **NTU** : Unité de turbidité néphélométrique.
- **ONEP** : Office National de l'Eau Potable.
- **pH** : Potentiel hydrogène.
- **Pt mg/l** : Unité de Hazen.
- **RADEEF** : Régie autonome intercommunale de distribution d'eau et d'électricité de Fès.
- **SA** : Gélose Saboureaud.
- **SNIMA** : Service de Normalisation Industrielle Marocaine.
- **SF** : Streptocoque fécaux.
- **TSA** : Gélose tryptonée au soja.
- **TSC** : Gélose Tryptone-Sulfite-Cyclosérine.
- **TTC** : Chlorure de 2, 3,5-triphényl tétrazolium.
- **UFC** : Unité formant colonie.
- **VMA** : Valeur maximale admissible.
- **VMR** : Valeur minimale requise.

Liste des tableaux :

N°	Titre	Page
1	Principaux agents bactériens pathogènes présents dans la matière fécale et les maladies transmises	9
2	Résultats des analyses organoleptiques des eaux de « Ain Timgnay »	20
3	Résultats des analyses physiques des eaux de « Ain Timgnay »	20
4	Résultats des analyses chimiques des eaux de « Ain Timgnay »	21
5	Résultats des analyses bactériologiques des eaux de « Ain Timgnay »	22
6	Résultats de l'analyse bactériologique de la qualité de l'air ambiant dans la salle bactériologique	23
7	Résultats de l'analyse bactériologique de la qualité de surface de travail dans la salle bactériologique	23

Liste des figures:

N°	Titre	Page
1	Organigramme du laboratoire contrôle qualité des eaux	3
2	Cycle de production de l'eau potable	7
3	Composition du chlore total	10
4	Variation du chlore résiduel en fonction de Cl ₂ ajouté	10
5	Situation géographique de la source « Ain Timgnay »	12
6	Conductimètre	14
7	Turbidimètre	14
8	pH-mètre	15
9	Filtration sur membrane	16
10	Schéma représentatif de la méthode de sédimentation sur boîte de Pétri ouverte	18

Sommaire

Liste des Abréviations

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Introduction 1

Partie 1 : Présentation de la RADEEF

I. Historique	2
II. Laboratoire du contrôle de la qualité des eaux de la RADEEF	2
1- Organigramme du laboratoire	3
2- Activités du laboratoire	4
III. Alimentation en eau potable de ville de Fès	4

Partie 2 : Etude bibliographique

I. Généralités sur l'eau	5
1- Types de l'eau	5
2- Cycle de production de l'eau	6
II. L'eau et la pollution	7
1- Polluants de l'eau	7
2- Les maladies hydriques	8
III. Traitement de l'eau par chloration	9
1- Rôle du chlore	9
3- Degré chlorométrique	9
4- Demande en chlore	10

Partie 3 : Matériel et méthodes

I. Présentation de la source « Ain Timgnay »	12
II. Echantillonnage	12
1- Echantillon pour analyses bactériologiques	12
2- Echantillon pour analyses physico-chimiques	12
III. Analyses effectuées au laboratoire	13
1- Les paramètres organoleptiques	13
2- Les paramètres physiques	13
3- Les paramètres chimiques	14

4- Les paramètres bactériologiques	16
IV. Contrôle de qualité des paramètres analytiques bactériologiques.....	18
1- Contrôle de la salle bactériologique	18
a- Qualité de l'air ambiant	18
b- Qualité de la surface de travail	18

Partie 4 : Résultats et discussion

IV. Les paramètres organoleptiques	20
V. Les paramètres physiques.....	20
VI. Les paramètres chimiques	21
VII. Les paramètres bactériologiques.....	22
VIII. Résultats du contrôle des paramètres analytiques bactériologiques	23
Conclusion	25
Références bibliographiques	26
Annexe	

I. Introduction générale :

L'eau est essentielle pour la vie, pour l'existence et le développement de tous les êtres vivants y compris l'homme. Elle joue un rôle primordial dans la protection et dans le maintien de l'équilibre métabolique du corps. Ainsi que, l'eau est nécessaire pour la réalisation des différentes activités humaines, qu'elles soient hygiéniques, industrielles ou agricoles.

L'eau représente l'élément le plus répandue sur la terre. Elle recouvre 72% de sa surface. Elle est indispensable non seulement pour la vie, mais aussi pour le développement socio-économique et durable d'un pays, d'où la nécessité d'avoir des connaissances sur les ressources en eau afin de les protéger.

Au Maroc, les ressources naturelles en eau sont parmi les plus faibles au monde, leur potentielle est évalué à 22 milliards de m³ par an, soit l'équivalent de 700 m³ /habitant/an.

En effet, les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique national. Elles représentent environ 20 % du potentiel en ressources en eau du pays. Sur les 103 nappes répertoriées, 21 sont des nappes profondes et 82 superficielles.

Les eaux souterraines représentent les ressources privilégiées en eau potable, du fait qu'elles sont à l'abri des polluants que les eaux de surface et facilement exploitables (**Guergazi et al, 2005**). La qualité de ces eaux dépend de l'environnement de ces aquifères et de leur vulnérabilité à la pollution (**Livet, 2004**). La disponibilité des eaux souterraines en qualité acceptable est devenue un défi difficile à relever dans de nombreuses régions du monde à cause de la sévérité du climat et de la pollution (domestique, industrielle, agricole), ce qui fragilise et rend ces eaux vulnérables aux différents facteurs de contamination.

La production d'eau potable à partir des eaux naturelles nécessite en général un traitement adapté aux paramètres de qualité à corriger. Dans le cas des eaux souterraines de bonne qualité, une simple étape de traitement est nécessaire, c'est la chloration. Un contrôle des paramètres physiques, chimiques et bactériologiques est nécessaire pour assurer que l'eau répond aux exigences de potabilité fixées par la réglementation.

Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la source « Ain Timgnay » avant et après la chloration. Il a été réalisé sous l'encadrement de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès et du laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau potable à la RADEEF.

Dans un premier temps, nous présenterons le laboratoire de contrôle de la qualité de l'eau potable de la RADEEF, suivi d'une étude bibliographique sur l'eau.

Dans un second temps, nous nous intéressons à l'étude analytique des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de deux échantillons d'eau prélevés à partir de la source « Ain Timgnay », ainsi qu'aux résultats de ces analyses.

Enfin, nous finirons ce travail par une interprétation des résultats obtenus, suivi d'une conclusion.

Présentation de la RADEEF :

I. Historique :

La Régie Autonome intercommunale de distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès est une institution semi public à caractère industriel et commercial, dotée de la personnalité civile et d'une autonomie financière sous contrôle du Ministre de l'intérieur, son ministre de tutelle et la personne morale de la Direction Générale des Régies et des services concédés et aussi du Ministère des finances de l'économie et des investissements.

La RADEEF a été créé par délibération du Conseil Municipale de la ville de Fès en date du 30 Avril et du 28 Aout 1969 suite à l'expiration de la concession de la distribution d'énergie électrique auparavant exercée par la compagnie Fassie (Compagnie française du temps du Protectorat).

La Régie est donc chargée d'assurer, à l'intérieur du périmètre urbain, la distribution d'eau et d'électricité, de l'assainissement liquide de la ville de Fès et de l'exploitation des captages et adductions d'eau appartenant à la ville.

Elle assure l'alimentation en eau potable pour une population dépassant les 1.204.000 personnes à l'intérieur des villes de Fès, Séfrou, Bhalil, ainsi que des les communes rurales ; Bir Tam-tam, Ras Tabouda, Sidi Hrazem, Ain Timgnay, Oulad Taib, Douar Ait Taleb et douar Ain Alquadi.

Elle a la compétence de rechercher, d'étudier, de proposer, d'exécuter et d'exploiter les nouvelles adductions qui pourront être nécessaire dans l'avenir. Elle a successivement pris en charge les services suivants :

- Electricité en 1969.
- Eau potable : en 1970, Séfrou et Bhalil en 1973, Sidi Hrazem en 1985, Ras Tabouda en 1990.
- Assainissement : en1996.

II. Laboratoire du contrôle de qualité des eaux de la RADEEF :

L'eau est une matière indispensable mais très fragile et dangereuse quand sa qualité est altérée. Sa surveillance, sa protection et son traitement sont donc une nécessité absolue. C'est dans cet esprit que la Régie dispose d'un laboratoire du contrôle et de la surveillance de la qualité des eaux, qui a été créé en 1976 au siège de la régie, puis il a été transféré près du réservoir sud en 1993.

1. Organigramme du laboratoire contrôle des qualités des eaux :

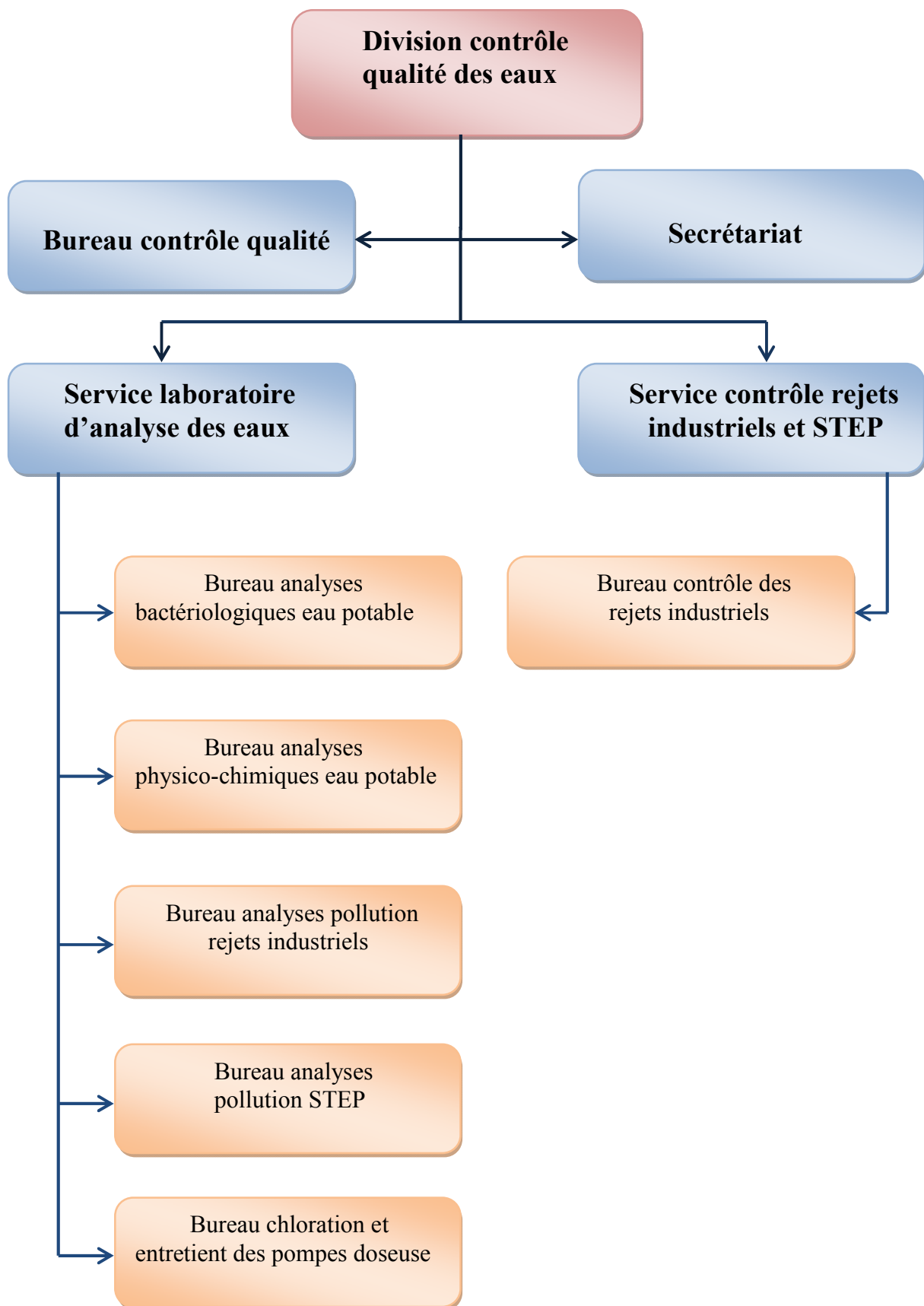


Figure1 : Organigramme du laboratoire du contrôle de la qualité des eaux.

2. Activités du laboratoire :

Le laboratoire de contrôle de qualité des eaux est chargé de plusieurs missions, parmi elles on trouve :

- Le contrôle de la qualité de l'eau potable dans tout le système de distribution (points de captage, réservoirs et réseau) par la réalisation d'un ensemble d'analyses physico-chimiques (pH, turbidités...), bactériologiques (recherches des CF, ST, FMAT...) et de pollution (DBO, DCO, oxygène dissout...).
- Le contrôle quotidien du chlore résiduel sur l'ensemble du réseau d'eau d'approvisionnement de la ville de Fès et ses régions.
- Le contrôle des opérations de nettoyage et de désinfection des conduites neuves.
- Le contrôle des opérations de nettoyage des réservoirs effectuées par la division exploitation du réseau.
- La réalisation des enquêtes sur la qualité de l'eau lors des réclamations des abonnés.
- La réalisation des analyses de pollution sur le réseau d'assainissement.

III. Alimentation en eau potable de la ville de FES :

L'alimentation en eau potable de la ville de FES et des centres gérés par la Régie est assurée à partir de deux origines :

- Une production RADEEF qui vient des nappes phréatiques, dix forages et deux sources telles que la source Ain Chkef, source bourkeiz, et forage Ain Timgnay (24% de la production totale).
- Une production ONEP qui vient des eaux superficielles traitées de l'oued Sebou (76%).

Etude bibliographique :

I. Généralités sur l'eau :

1. Types de l'eau :

a. Eau souterraine :

Les eaux de source sont comme les eaux minérales naturelles, exclusivement d'origine souterraine, microbiologiquement saines, préservées de la pollution d'origine humaine, et aptes à la consommation humaine sans traitement ni adjonction autres que ceux qui sont autorisés. Contrairement aux eaux minérales naturelles, leur composition n'est pas systématiquement stable. Les eaux de sources répondent aux mêmes critères de potabilité que l'eau du robinet. (**Union fédérale des consommateurs française**).

b. Eau de surface

Les eaux de surface qualifient toutes les eaux naturellement ouvertes sur l'atmosphère, y compris les fleuves, les rivières, les lacs, les ruisseaux, les lacs de barrage, les mers, les estuaires, etc. Le terme s'applique également aux sources, aux puits et autres collecteurs d'eau qui subissent directement l'influence des eaux de surface.

c. Eau de mer

L'eau de mer est l'eau salée des mers et des océans de la terre. Elle n'est pas potable et elle est caractérisée par une concentration en sels dissous élevée, principalement des ions halogénures comme l'ion chlorure et des ions alcalins comme l'ion sodium.

d. Eau brute

C'est la ressource en eau avant tout traitement de potabilisation. L'eau brute doit satisfaire un certain nombre d'exigences pour produire une eau destinée à la consommation humaine.

e. Eau potable

L'eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé et qui répond aux exigences des normes qui fixent les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

Une eau potable doit aussi être une eau agréable à boire : elle doit être claire, avoir une bonne odeur et un bon goût.

f. Eau minérale

Une eau minérale naturelle ne peut être que d'origine souterraine, et s'être constituée à l'abri de tout risque de pollution. Microbiologiquement saine dès l'origine, elle n'est perturbée par aucune contamination d'origine humaine. La principale caractéristique de l'eau minérale naturelle réside dans sa pureté originelle qui est une exigence de la réglementation. Les eaux

minérales naturelles ont une composition physico-chimique stable qui peut leur permettre de se voir reconnaître des propriétés favorables à la santé. Elle est donc définie règlementairement par trois critères majeurs :

- Absence de tout traitement ou d'addition de produits chimiques,
- Sa pureté originelle à la source et donc l'absence de tout polluant d'origine humaine,
- Une composition minérale définie, parfaitement stable et garantie. (**Union fédérale des consommateurs française**).

g. Eau de robinet :

Les eaux du robinet sont souvent constituées d'eaux souterraines puisées dans des nappes phréatiques et même dans certains cas dans des sources, ou d'eaux de surface prélevées dans les lacs, rivières, fleuves, retenues, etc. Mais elles peuvent aussi être ou constituées d'un mélange des deux origines selon les disponibilités saisonnières et la situation géographique.

Avant d'emprunter le réseau de distribution et de parvenir jusqu'au robinet du consommateur, les eaux d'adduction sont majoritairement traitées pour pouvoir répondre aux différents paramètres qui définissent les normes de potabilité définies spécifiquement pour l'eau d'adduction. (**Union fédérale des consommateurs française**).

2. Cycle de production de l'eau :

La production de l'eau potable passe par différentes étapes dès le captage jusqu'au robinet du consommateur.

• Captage :

Les eaux utilisées pour la production de l'eau potable proviennent du milieu naturel. Elles sont prélevées soit à partir des eaux souterraines ou des eaux de surface. Les ressources utilisées bénéficient d'une surveillance particulière afin de protéger les points de captage de toute source de pollution et d'assurer une distribution d'une eau de bonne qualité.

• Production :

Quelle que soit leur provenance, il est rare que les eaux prélevées dans le milieu naturel puissent être distribuées sans traitement. Les eaux souterraines doivent être généralement soumises à une désinfection. Les eaux de surface sont les plus exposées à la pollution et nécessitent donc un traitement plus élaboré (tamisage, clarification, filtration et désinfection). Elles doivent répondre à des paramètres définis par des normes bien justifiées.

• Stockage :

A la sortie de la station de traitement, l'eau potable est acheminée vers un réservoir de stockage afin d'assurer une production de 24h/24.

• Distribution :

La distribution de l'eau potable se fait au moyen d'un réseau de canalisations qui relie les points de stockage aux lieux d'utilisation. Ce réseau peut être ramifié (structure en arbre) ou maillé (structure en treillis). Lors de la distribution, on fait une chloration qui permet à l'eau potable de faire ce voyage en toute sécurité pour la santé du consommateur.

- **Consommation :**

Consiste à l'utilisation de l'eau potable dans les différentes activités humaines (alimentaire, domestique et industrielle).

- **Collecte :**

Une fois utilisées, les eaux usées sont évacuées par un système d'assainissement constitué principalement des réseaux développés sous sol. Ces réseaux sont entretenus rigoureusement pour éviter tout risque pour la santé publique et l'environnement.

- **Dépollution :**

Après la collecte des eaux usées, elles sont conduites vers des stations d'épuration où elles vont subir un traitement adapté, afin d'enlever le maximum de polluants.

- **Retour au milieu naturel :**

L'eau dépolluée va être rejetée au milieu naturel pour rentrer à nouveau dans le cycle de l'eau ou utilisées pour l'irrigation.

Le schéma ci-dessous résume les différentes étapes du cycle de production de l'eau potable (**Figure 2**).

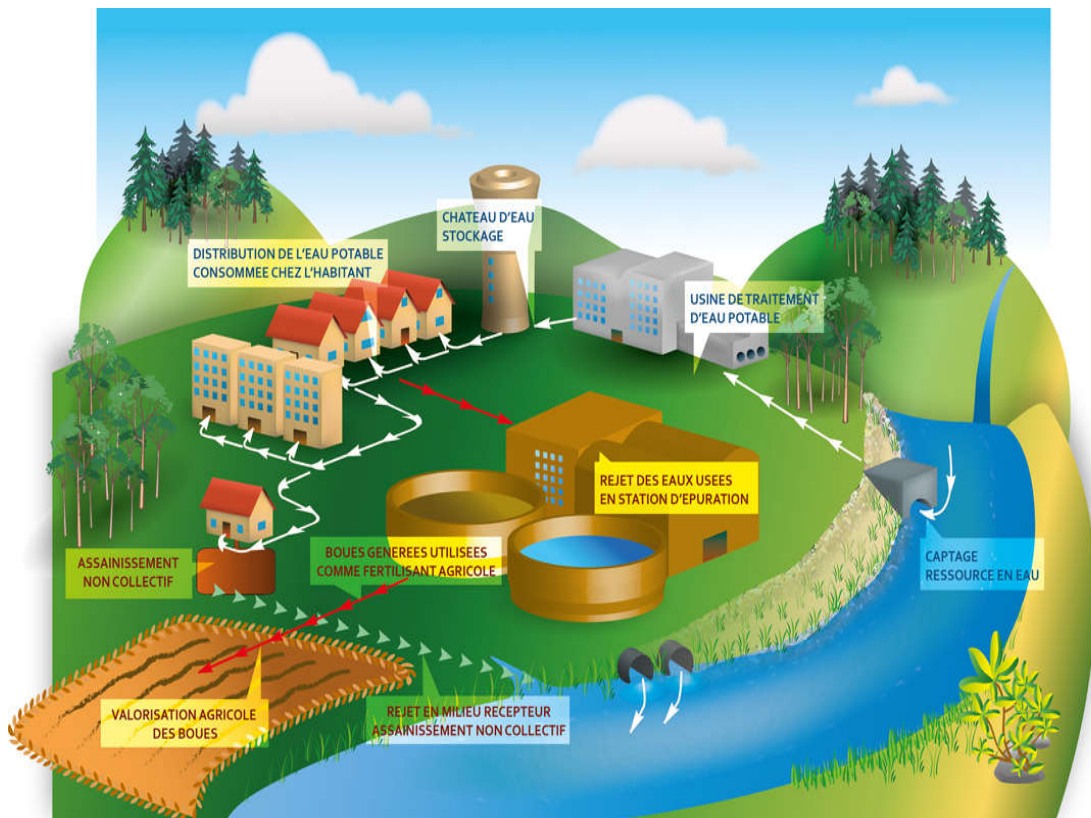


Figure2 : Cycle de production de l'eau potable.

II. L'eau et la pollution

1. Polluants de l'eau

La pollution de l'eau est définie comme tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines.

Selon leur origine, les polluants des eaux se divisent en trois groupes : les polluants biologiques, les polluants chimiques et les polluants radioactifs.

a. La pollution biologique :

La pollution biologique est liée à la présence des agents pathogènes tels que les bactéries, les virus, les protozoaires, et les vers parasites qui possèdent la capacité de se développer dans les eaux.

Parmi les principales sources de la pollution biologiques de l'eau, on trouve l'infiltration des eaux usées dans les eaux naturelles, ce qui contamine ces derniers par la matière fécale.

b. La pollution chimique :

Certains éléments chimiques qui se trouve dans l'eau sont utiles et mêmes indispensable à la santé de l'homme à faible concentration mais peuvent devenir toxique lorsqu'ils sont absorbés en très grande quantité. La pollution chimique est due à la présence des produits toxiques qui atteignent directement un cours d'eau, ou qui pénètrent dans le sol pour atteindre les eaux souterraines. Elle peut être provoquée par les rejets industriels, domestiques, urbaines et agricoles. Parmi les polluants chimiques on trouve :

- **Les sels minéraux** : les plus couramment rencontrés sont les nitrates, les nitrites, les phosphates, les sulfates, les bicarbonates, les fluorures, etc.
- **Les composés minéraux toxiques** : se sont essentiellement les métaux lourds, les minéraux d'origine agricole et les minéraux d'origine industrielle.
- **Les polluants organiques toxiques** : se sont principalement les pesticides et les détergents. Ces derniers ne sont pas toxiques mais ils favorisent l'assimilation des substances toxiques.

c. La pollution radioactive :

La pollution de l'eau de surface par des substances radioactives pose un problème de plus en plus grave. Les polluants radioactifs proviennent des déversements d'eaux usées d'usines, des hôpitaux et des mines d'uranium. Ces polluants peuvent aussi venir d'isotopes naturels comme le radon. Les polluants radioactifs sont très dangereux et peuvent prendre des milliers d'années avant de ne plus être dangereux pour l'environnement.

2. Les maladies hydriques

Les maladies hydriques sont toutes les maladies causées par la consommation d'eau contaminée par des fèces animales ou humaines, qui contiennent des microorganismes pathogènes ou qui sont liées au cycle de l'eau.

La mauvaise gestion des eaux usées urbaines, industrielles et agricoles implique pour des centaines de millions de personnes une contamination dangereuse ou une pollution chimique de leur eau de boisson.

L'eau contaminée et le manque d'assainissement entraînent la transmission de maladies comme le choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la typhoïde et la poliomyélite. L'insuffisance ou l'absence des services d'alimentation en eau et d'assainissement ou leur mauvaise gestion expose les personnes concernées à des risques évitables pour leur santé. On estime que, chaque année, plus de 842 000 personnes meurent de diarrhée à cause de l'insalubrité de leur eau de boisson et du manque d'assainissement et d'hygiène (OMS, 2018).

Le tableau 1 ci-dessous représente quelques agents pathogènes responsables des maladies à transmission hydrique.

Tableau 1 : Principaux agents bactériens pathogènes présents dans la matière fécale et les maladies transmises.

Famille	Genre	Espèce	Maladie
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Salmonella</i>	<i>typhi</i> <i>paratyphi</i>	Fièvre typhoïde Fièvre paratyphoïde
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Shigella</i>	<i>dysenteriae</i> Autres <i>Shigella</i>	Dysenterie bacillaire Gastro-entérite Diarrhée
<i>Vibrionaceae</i>	<i>Vibrio</i>	<i>cholera</i> Autres <i>vibrios</i>	Choléra Gastro-entérite Diarrhée
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Escherichia</i>	<i>coli</i> (types pathogènes)	Gastro-entérite Diarrhée
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Yersinia</i>	<i>enterocolitica</i>	Diarrhée, septicémie

III. Traitement de l'eau par chloration :

La chloration est la dernière étape du traitement de l'eau potable avant sa distribution, elle permet de détruire les microorganismes pathogènes présents dans l'eau et de garantir l'absence de tout germe infectieux (bactéries ou virus) dans l'eau.

Le traitement par le chlore (eau de Javel) consiste à injecter une dose de chlore dans l'eau et à laisser agir pendant un temps donné. Plus son effet bactéricide, le chlore possède un effet rémanent qui protège l'eau d'une nouvelle contamination lors du stockage et de la distribution.

a. Rôle du chlore :

Le chlore agit sur toutes les structures des bactéries : paroi, membrane plasmique et le matériel génétique (BLOCK, 1989).

Le chlore peut être échangé avec d'autres composés, tels que les enzymes dans les bactéries et autres cellules. Lorsque l'enzyme vient en contact avec le chlore, un ou plusieurs atomes d'hydrogène de la molécule sont remplacés par le chlore, ce qui dans la plupart des cas provoque sa dissociation ou sa désactivation. Les bactéries et virus sont ainsi détruits ou inactivés (Costet-Deiber, 2013).

b. Degré chlorométrique :

Pour la désinfection de la matière organique présente dans un réservoir, on doit déterminer la quantité nécessaire d'eau de javel qu'il faut ajouter. C'est dans ce but qu'on doit connaître tout d'abord son degré chlorométrique. Le degré chlorométrique est la quantité de chlore actif présent dans un litre d'eau de javel. On utilise l'empois d'amidon comme indicateur coloré et on dose l'eau de javel par KI, le degré chlorométrique est égale au volume de KI versé multiplié par 1,12.

$$\text{Degré chlorométrique} = V(\text{KI}) \times 1,12$$

Lorsque le chlore est ajouté à l'eau, l'acide hypochloreux (HClO) est formé. Celui-ci se dissocie partiellement en ion hypochlorite (ClO⁻). L'acide hypochloreux, les ions d'hypochlorite et les ions chlorure forment ce qu'on appelle le chlore libre et l'acide hypochloreux étant le plus réactif forme ce qu'on appelle le chlore actif (Costet-Deiber, 2013).(Figure 3)

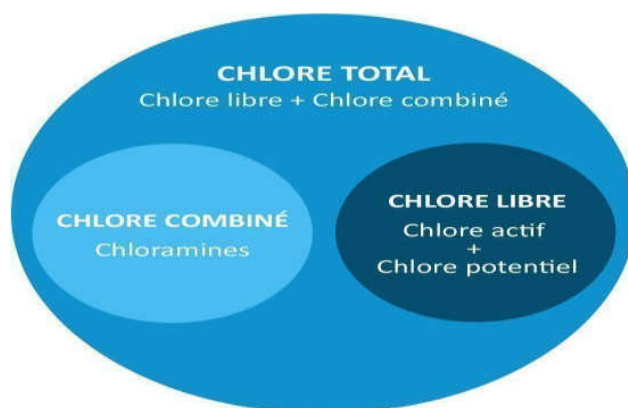


Figure 3 : Composition du chlore total.

Réactions d'équilibres de base :



c. Demande en chlore :

La demande en chlore est la quantité d'eau de javel nécessaire pour désinfecter 1 m³ d'eau. Lorsqu'on introduit le chlore dans une eau chargée en matière organique, il faut toujours satisfaire la demande au point critique « break-point » : le point qui correspond à la dose du chlore minimum pour laquelle toute la matière organique présente est oxydée et donc à partir de ce point critique, toute addition de chlore reste sous forme de chlore résiduel (RODIER, 2009).

La courbe suivante (Figure 4) correspond à la variation du chlore résiduel en fonction du taux de traitement d'une eau chargée en matière azotée et organique :

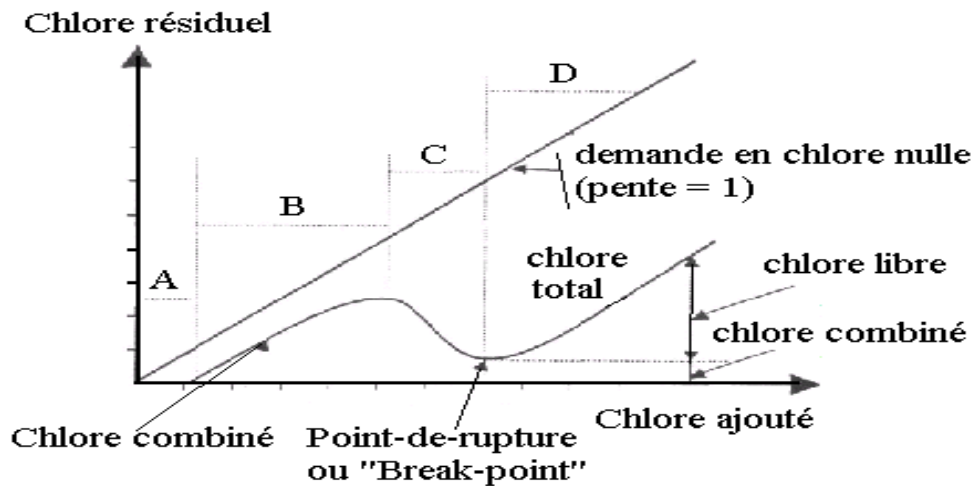


Figure 4 : variation du chlore résiduel en fonction du Cl_2 ajouté.

On observe quatre zones distinctes correspondant à quatre phases de l'action du chlore :

- **Zone A :** correspond à des doses faibles, la totalité du chlore se combine avec la matière organique. Il ne subsiste pas de chlore résiduel et l'eau n'est pas stérilisée.
- **Zone B :** le chlore se combine avec l'ammoniaque pour former des chloramines et des composés organiques chlorés. On constate que la teneur en chlore résiduel combiné croît au fur et à mesure que les doses augmentent. Cette zone correspond à la stérilisation par le chlore.
- **Zone C :** elle marque l'apparition du point critique « break-point » ou point de rupture, au-delà duquel l'augmentation des doses de chlore amène une recrudescence de l'activité chimique qui permet l'oxydation ou la modification des chloramines et des composés organiques chlorés.
- **Zone D :** dans cette zone, toute augmentation de la dose du chlore produit alors du chlore résiduel libre dont la teneur s'accroît avec l'augmentation de la dose

Matériels et méthodes :

I. Présentation de la source AIN TIMGNAY

Les échantillons étudiés ont été prélevés à partir de la station de pompage « Ain Timgnay », située sur le territoire de la commune rurale Timgnay, à 24 Km approximativement du centre de Bir Tam Tam, à côté du siège de l'agence technico-commerciale de la RADEEF qui s'occupe de la gestion du réseau de distribution d'eau potable.

La station de pompage Ain Timgnay d'altitude de 921.27 m. Elle est alimentée par deux forages artésiens qui exploitent une nappe captive, c'est à dire qu'il est compris entre deux couches imperméables, avec des conditions des pressions élevées. Le débit de pompage de la source est de 3224 m/s.

La **figure 5** ci-dessous représente la situation géographique de la commune rurale « Ain Timgnay ».



Figure 5 : Situation géographique de la source « Ain Timgnay »

II. Echantillonnage :

1. Echantillons pour analyses bactériologiques:

Les analyses bactériologiques doivent s'effectuer sur des échantillons correctement prélevés. En effet, la bonne pratique du prélèvement va conditionner en grande partie la validité des analyses.

Après lavage et désinfection des mains par l'alcool, il faut flamber le robinet à l'aide d'une lampe à souder portative au gaz. Ensuite, des flacons en verre stérilisés sont remplis en laissant la lampe près du robinet. Les échantillons sont acheminés rapidement au laboratoire dans des glacières à 4°C et analysés dans les 6 h qui suivent les prélèvements.

2. Echantillons pour analyses physico-chimiques :

Le maintien des conditions aseptiques dans le prélèvement des eaux destinées aux analyses chimiques n'est pas nécessaire. Des flacons en plastique sont lavés trois fois par l'eau à prélever, puis ils sont remplis et conservés à 4°C dans une glacière.

III. Analyses effectuées au laboratoire RADEEF :

1. Les paramètres organoleptiques :

a. Goût :

Le goût est défini comme étant l'ensemble complexe des sensations olfactives, gustatives perçues au cours de la dégustation (AFNOR, 1999). Les substances qui communiquent un goût à l'eau sont généralement des composés inorganiques présents à des concentrations beaucoup plus élevées que celles des polluants organiques (OMS, 2000).

Les échantillons destinés à cette analyse, sont prélevés dans des flacons en verre convenablement nettoyés. Ces flacons seront rincés avec l'eau à prélever puis remplis complètement.

b. Odeur :

L'odeur est définie comme étant l'ensemble des propriétés organoleptiques détectées par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles (AFNOR, 1999).

Les eaux de consommation doivent posséder une odeur « non désagréable ». La plupart des eaux, qu'elles soient ou non traitées, dégagent une odeur plus ou moins perceptible et ont une certaine saveur (OMS, 1985).

Les odeurs sont dues à la présence dans l'eau de substances relativement volatiles. Ces substances peuvent être inorganiques comme le chlore et le bioxyde de soufre (SO₂), ou organiques comme les esters, les alcools et les nitrites (Monique Henry, 1991).

c. Couleur :

Généralement, une eau naturelle n'est jamais rigoureusement incolore, même dans le cas des eaux traitées (si on la compare, par exemple à une eau distillée). Pour l'eau potable, le degré de couleur maximale acceptable est de 20 Pt mg/l (Monique Henry, 1991).

La couleur d'une eau peut être due à la présence de certaines impuretés minérales tels que le fer, mais également à la présence de certaines matières organiques (acides humiques, fulviques).

2. Les paramètres physiques :

a. La conductivité électrique :

Elle mesure la capacité de l'eau à conduire un courant électrique entre les deux électrodes. Le courant électrique est dû à la présence des matières dissoutes dans l'eau sous forme des ions chargés. Donc, elle permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau. Elle est en fonction de la température de l'eau. Elle est importante lorsque la température augmente. Les résultats doivent donc être présentés pour une conductivité équivalente à 20°C ou 25°C.

La conductivité est mesurée à l'aide d'un conductimètre étalonné. Elle est exprimée en micro-siemens par centimètre (µS/cm). (Figure 6)



Figure 6 : Conductimètre.

b. La turbidité :

La turbidité est la propriété optique de l'eau à absorber ou à diffuser la lumière. Elle est due à la présence des particules en suspension ou des matières colloïdales qui entravent la transmission de la lumière dans l'eau. Elle peut être causée par une matière inorganique ou organique ou une combinaison des deux (argiles, limons, grains de silice).

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre étalonné (**Figure 7**) où l'on introduit l'eau à analyser dans un petit flacon en verre qui doit être bien essuyé avant d'être placé dans l'appareil. Elle est exprimée en NTU (unité de turbidité néphélométrique).

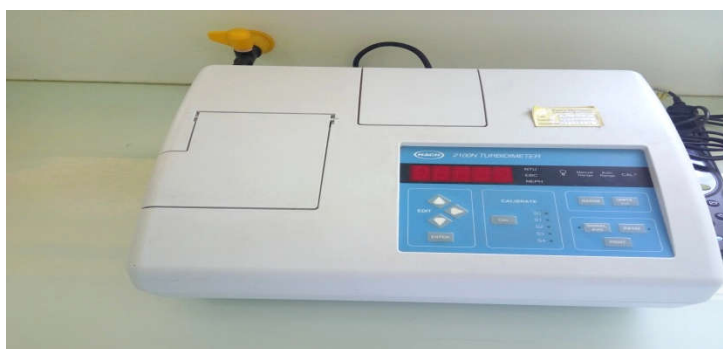


Figure 7 : Turbidimètre.

c. La température :

La température joue un rôle déterminant dans la modification des propriétés physico-chimiques d'une eau. Elle influence un certain nombre de constituants inorganiques et de contaminants chimiques susceptibles d'affecter le goût. La température élevée de l'eau entraîne une augmentation de la croissance des micro-organismes, ce qui peut influencer le goût, l'odeur et la couleur (**WHO, 2011**).

La mesure de la température s'effectue sur le terrain au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre à mercure.

3. Les paramètres chimiques :

a. Le potentiel hydrogène :

Le potentiel hydrogène, noté pH, mesure l'activité chimique des ions hydrogènes en solution. La mesure se fait par PH mètre étalonné, elle est basée sur la détermination de l'activité des ions hydrogène en utilisant deux électrodes ; une électrode hydrogène et une

électrode de référence. Dans la pratique, on utilise généralement une électrode combinée (**Figure 8**).

Généralement, le pH représente l'un des plus importants paramètres essentiels de la qualité de l'eau, du fait de son influence sur plusieurs procédés de traitements tels que la désinfection par le chlore. Le pH optimum d'une eau potable doit être situé entre **6,5 et 8,5** (**WHO, 2011**).



Figure 8 : pH-mètre.

b. Dosage des chlorures par la méthode de Mohr :

C'est une méthode volumétrique, consiste à doser les ions chlorures en milieu neutre ($6,5 < \text{pH} < 8,5$) par une solution titrée de nitrates d'argent (AgNO_3), en présence de chromate de potassium K_2CrO_4 . La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent Ag_2CrO_4 .

La réaction entre les ions Cl^- présent dans l'échantillon et les ions d' Ag^+ issus de la solution de nitrate d'argent, est traduite par la formation d'un précipité blanc d' AgCl .



Lorsque le milieu est épuisé en Cl^- , les ions Ag^+ réagissent avec CrO_4^{2-} pour donner un complexe coloré (rouge brique) qui caractérise la formation de chromate d'argent qui nous indique le point d'équivalence, selon la réaction :



c. Dosage du chlore résiduel :

La méthode la plus rapide et la plus facile pour tester la présence de chlore résiduel est le test DPD (diethyl paraphenylene diamine) en utilisant un comparateur colorimétrique.

La méthode est basée sur l'ajout d'une pastille de DPD à l'échantillon d'eau, la réaction entre le chlorure présent dans l'échantillon analysé et le DPD donne une coloration rose. L'intensité de la couleur est comparée visuellement à celle d'une échelle de couleur afin de déterminer la concentration en chlore. Plus la couleur est foncée, plus la teneur de l'eau en chlore résiduel est élevée (**OMS, 2013**).

d. Dosage des sulfates par la méthode néphélométrique :

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum (BaSO_4). Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de **TWEEN 20** ou de polyvinyle pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre à la longueur d'onde $\lambda=650\text{nm}$.

e. Dosage des nitrates (la méthode de salicylate de sodium) :

En présence de salicylate de sodium, les nitrates NO_3 donnent de paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. La coloration jaune du para salicylate de Na est la plus intense des colorations formée par les nitrates, elle est stable (1h).

f. Dosage des nitrites (méthode diazotation) :

La diazotation de l' amino-4-benzène sulfonamide par les nitrites en milieu acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphtyle-1) diamino-1,2 éthane donne un complexe coloré, susceptible d'un dosage colorimétrique. Cette méthode est applicable dans la détermination de la concentration de nitrite (NO_2^-) jusqu'à 0,25 mg/l, en utilisant le volume maximal (40 ml) de prise d'essai.

g. Dosage d'ammonium (méthode au bleu d'indophénol) :

En milieu alcalin et en présence de nitroprusiate de Na^+ qui agit comme un catalyseur, les ions NH_4^+ traités par une solution du chlore et de phénol, sont transformés en monochloramines (NH_2Cl) et donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique à 630nm.

h. Les analyses des métaux lourds

La quantification des métaux lourds B, As, Ba, Se, F et Al ainsi que certains éléments majeurs tels que Fe et Mn, a été effectuée à l'aide d'un spectromètre d'émission atomique couplée à un plasma inductif dans un laboratoire externe choisis par la RADEEF.

4. Les paramètres bactériologiques :

a. Méthodes d'analyses bactériologiques des eaux :

- **Méthode de la membrane filtrante :**

La technique normalisée pour l'analyse des eaux destinées à la consommation humaine est la méthode de la membrane filtrante. 100 ml de l'échantillon à analyser bien homogénéisée sont filtrées aseptiquement sur une membrane d'ester de cellulose de porosité $0,45\ \mu\text{m}$. A l'aide d'une pince stérile cette membrane est mise à incuber sur un milieu sélectif, tout en veillant à ne pas emprisonner de bulles d'air dessous (**Figure 9**).



Figure 9 : Filtration sur membrane.

- **Méthode de l'incorporation en gélose :**

Cette méthode a pour but de mettre en évidence les microorganismes revivifiables. Elle s'effectue en déposant une portion d'un échantillon d'eau (1 ml) dans une boîte de Pétri à laquelle est ajoutée de la gélose nutritive, (extrait de levure) maintenue liquéfiée à environ 45°C. Les boîtes de Pétri sont ensuite agitées doucement afin de répartir uniformément les bactéries dans tout le volume de milieu disponible.

b. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

- **Test présomptif :**

Les coliformes totaux sont des bacilles à Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs, non sporulés. Elles sont capables de se développer en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose avec formation de gaz et production d'acide, après incubation à 37°C pendant 48h. Les coliformes thermo-tolérants ou coliformes fécaux se rapportent aux coliformes ayant les mêmes propriétés à 44°C.

La méthode utilisée pour le dénombrement est celle de la filtration sur membrane. Cette membrane est mise en incubation sur le milieu de culture la gélose lactosée au TTC et tergitol. Les résultats sont exprimés en UFC/100 ml (unités formant colonie).

- **Tests de confirmation :**

- ✓ **Test oxydase :**

Il est utilisé pour déterminer la présence des enzymes oxydases associées aux cytochromes de la chaîne respiratoire. Il est basé sur le principe que certains dérivés phényldiamine sont oxydés en présence de cytochrome C en produisant l'indophénol de couleur bleue.

Il est nécessaire de purifier une des colonies, obtenue sur la gélose lactosée au TTC et tergitol, sur une gélose tryptonée au soja (TSA). Le test est réalisé en utilisant des disques de papiers filtre imprégnés d'une solution aqueuse à 1% de dichlorure de tétraméthyl-p-phénylène-diamine. Les disques sont inoculés à la surface avec quelques colonies des isolats à tester et la réaction est dite positive dans le cas de l'apparition d'une couleur bleue au bout de 30 secondes. Les coliformes totaux ne possèdent pas l'enzyme appelé oxydase et produisent une réaction négative.

- ✓ **Test d'indole :**

Ce test est réalisé par l'ensemencement d'une des colonies typiques obtenue sur la gélose lactosée au TTC et tergitol, sur le bouillon nutritif, puis incubation à 44°C pendant 24h. L'addition du réactif de Kovacs (diméthyl-amino-4-benzaldéhyde), permet la mise en évidence de la production d'indole par la formation d'un halo rouge à la surface de bouillon. Les *E. coli* ont des colonies oxydase- et indole+.

c. Recherche et dénombrement des micro-organismes revivifiables :

Les micro-organismes revivifiables ou les germes totaux sont définis comme la totalité des micro-organismes présents dans l'eau. La méthode utilisée est le dénombrement par incorporation en gélose, sur un milieu ordinaire (gélose à l'extrait de levure). L'incubation des boîtes est effectuée à 37 °C pendant 48 h et à 22 °C pendant 72 h pour dénombrer les micro-organismes revivifiables à 37 °C et 22 °C respectivement. Les résultats sont exprimés en UFC/ml (unités formant colonie).

d. Recherche et dénombrement des *Clostridium*s sulfito-réducteur :

Les *Clostridium*s sulfito-réducteurs sont des bactéries à Gram positif, mobile et anaérobie strictes, se sont des indicateurs de la contamination de l'eau par la matière fécale ou le sol. La méthode utilisée pour le dénombrement est la filtration sur membrane. La membrane est mise en incubation sur le milieu de culture TSC. L'incubation des boîtes est effectuée à 44°C pendant 48h. Les résultats sont exprimés en UFC/100 ml (unités formant colonie).

e. Recherche et dénombrement des *Streptocoques fécaux* :

• Test présomptif :

Les *Streptocoques fécaux* sont des cocci à Gram positif, anaérobie facultatives, catalase négatif, capable de se développer en présence d'azote de sodium. La méthode utilisée pour le dénombrement est la filtration sur membrane. La membrane est mise en incubation sur la Gélose Slanetz et Bartley. L'incubation est effectuée à 33°C pendant 48h. Les colonies typiques sont bombées, avec une couleur rouge, marron ou rose (TTC+), soit au centre soit sur l'ensemble de la colonie.

• Test de confirmation :

La confirmation des colonies typiques est réalisée par transfert de la membrane, avec toutes les colonies, sur une gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide (BEA), préchauffée à 44 °C. Les entérocoques intestinaux hydrolysent l'esculine sur ce milieu en 2 h. Le produit de la réaction, la 6,7 dihydroxycoumarine, se combine aux ions ferriques pour donner un composé noir qui diffuse dans le milieu. Les résultats sont exprimés en UFC/100 ml (unités formant colonie).

IV. Contrôle de qualité des paramètres analytiques bactériologiques :

1. Contrôle de la salle bactériologique :

a. Qualité de l'air ambiant :

✓ méthode de la sédimentation sur boîte de Pétri ouverte :

Cette méthode permet de mettre en évidence les micro-organismes vivant présent dans l'air. Le principe de cette méthode basé sur des boîtes de Pétrie ouvertes, renfermant un milieu approprié, sont exposées à l'air pendant 8 heures, puis elles sont incubées.

L'objectif de cette analyse est l'estimation qualitative de la charge microbienne à un temps donné. Deux types de micro-organismes sont recherchés, il s'agit des germes totaux et des levures et moisissures. Les résultats sont exprimés en UFC (unités formant colonie).

Le dénombrement des germes totaux est effectué sur la gélose tryptonée au soja (TSA). Tandis que le dénombrement des levures et moisissures est effectuer sur la gélose Saboureaud (SA). L'incubation se fait à 37°C pendant 3 à 4 jours.

✓ Lieu d'échantillonnage :

L'analyse est effectuée au niveau de la paillasse de travail, dans deux points différent, s'éparer l'un de l'autre par une distance de 100cm. (**Figure 10**).

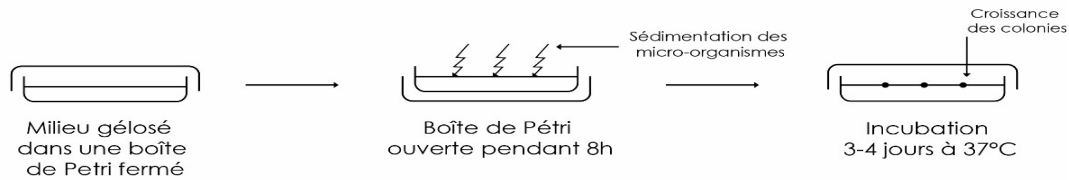


Figure 10 : Schéma représentatif de la méthode de sédimentation sur boîte de Pétri ouverte.

b. Qualité de la surface de travail :

✓ **Techniques d'écouvillonnage :**

Cette technique permet d'effectuer des prélèvements dans des endroits peu accessibles aussi bien que sur les surfaces planes ou bombées. Elle est intéressante pour rechercher les germes pouvant se former dans des coins ou des cavités. L'écouvillonnage est à conseiller pour une recherche qualitative des espèces contaminantes, aussi bien qu'une évaluation du nombre de germes sur une surface, à condition de limiter la surface à analysée.

On identifie un tube pour chaque point de prélèvement. On écouvillonne à l'aide d'un écouvillon stérile dans la solution de rinçage, 3 surfaces de 25cm² du même endroit de prélèvement, en ayant soin de rincer l'écouvillon dans le tube de solution de rinçage entre chaque prélèvement, puis on remet l'écouvillon dans la solution de rinçage et on lui coupe le tige avec des ciseaux stériles. On referme le tube et on le conserve à 4°C. Pour l'analyse, on agite vigoureusement le tube contenant l'écouvillon et on prélève aseptiquement 0,1ml de la solution de rinçage afin de faire le dénombrement par incorporation à la gélose TSA. Les résultats sont exprimés en UFC/ 25 cm².

✓ **Lieu d'échantillonnage :**

Les prélèvements sont réalisés sur des surfaces limitées dont la surface égale à 25 cm². Les points choisis pour cette analyse sont :

- La paillasse de travail ;
- la hotte ;
- le réfrigérateur ;
- l'incubateur 37°C ;
- l'incubateur 22°C.

Résultats et discussion :

Au cours de cette étude, nous avons déterminé la composition physico-chimique et bactériologique des eaux de la source « Ain Timgnay », ainsi que les analyses organoleptiques. Les échantillons sont constitués de 2 prélèvements, chaque prélèvement comporte un échantillon prélevé avant la chloration, et un échantillon après la chloration.

I. Les paramètres organoleptiques :

Les résultats des analyses organoleptiques sont représentés dans le tableau 2 suivant :

Tableau 2 : Résultats des analyses organoleptiques des eaux de « Ain Timgnay ».

Paramètres	1 ^{er} prélèvement 26/04/2018	2 ^{eme} prélèvement 03/05/2018	Unité	VMA
Odeur	Absence	Absence	Seuil de perception à 25°C	3
Goût	Absence	Absence	Seuil de perception à 25°C	3
Couleur	Absence	Absence	Unité Pt mg/l	20

VMA : valeur maximale admissible, fixée par la norme marocaine **NM 03.7.001**, relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine

Les résultats de l'analyse organoleptique montrent que les échantillons de l'eau analysés ne possèdent ni goût, ni odeur, ni couleur. Ces résultats sont donc compatibles avec les normes marocaines relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine (**NM 03.7.001**).

II. Les paramètres physiques :

Les résultats des analyses physiques effectués sur les deux prélèvements sont représentés dans le tableau 3 suivant :

Tableau 3 : Résultats des analyses physiques des eaux de « Ain Timgnay ».

Paramètres	1 ^{er} prélèvement 26/04/2018		2 ^{eme} prélèvement 03/05/2018		Unité	VMA
	Avant chloration	Après chloration	Avant chloration	Après chloration		
Turbidité	0.101	0.09	0.22	0.47	NTU	5
Conductivité	824	911	851	873	μS/cm	2700
Température	17.5	17.7	18.2	17.1	°C	Acceptable

VMA : valeur maximale admissible, fixée par la norme marocaine **NM 03.7.001**, relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine

Les résultats des analyses physiques obtenus dans les deux prélèvements, avant et après la chloration, montrent une concordance avec les normes marocaines fixées pour la qualité de l'eau d'alimentation humaine.

Les valeurs trouvées en paramètres recherchés : température, turbidité et conductivité au cours de cette étude, sont largement inférieures à la limite fixée par les normes marocaines (NM 03.7.001). Alors, les eaux de la source « Ain Timgnay » sont conforme à la consommation humaine de point de vue physique.

III. Les paramètres chimiques :

L'analyse chimique des échantillons d'eaux a porté sur 14 paramètres : le dosage des chlorures, du chlore résiduel, des sulfates, des nitrates, des nitrites, d'ammonium, du fer et des métaux lourds. Le tableau 4 représente les valeurs enregistrées au cours de ces analyses :

Tableau 4 : Résultats des analyses chimiques des eaux de « Ain Timgnay ».

Paramètres	1 ^{er} prélèvement 26/04/2018		2 ^{eme} prélèvement 03/05/2018		Unité	VMA
	Avant chloration	Après chloration	Avant chloration	Après chloration		
Chlorures*	55.68	----	60.94	----	mg/l	750
Chlore résiduel	0	0.57	0	0.13	mg/l	----
Nitrates*	47.79	----	43.6	----	mg/l	50
Nitrites*	<0.04	----	<0.04	----	mg/l	0.5
Sulfates*	23.00	----	30.40	----	mg/l	400
Ammonium*	<0.02	----	<0.02	----	mg/l	0.5
Manganèse	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	mg/l	0.5
Bore	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	mg/l	0.3
Arsenic	<5	<5	<5	<5	µg/l	10
Cadmium*	<0.2	----	<0.2	----	µg/l	3
Nickel*	<5	----	<5	----	µg/l	20
Sélénium	<5	<5	<5	<5	µg/l	10
Fluorures	0.17	0.19	<0.1	0.16	mg/l	1.5
Fer	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	mg/l	0.3
pH	7.15	7.61	7.44	7.54	----	6.5-8.5

VMA : valeur maximale admissible, fixée par la norme marocaine NM 03.7.001, relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine.

* : Analyses effectuées seulement avant la chloration.

Les valeurs obtenues après l'analyse chimique du premier prélèvement, avant et après la chloration, sont inférieures aux limites fixées par la norme marocaine **NM 03.7.001**. De même pour les résultats trouvés dans le deuxième prélèvement. Alors, les eaux de la source « Ain Timgnay » sont conformes aux normes de potabilité du point de vue chimique, et ne présente aucun danger pour la santé du consommateur.

IV. Les paramètres bactériologiques :

Les résultats des analyses chimiques effectués sur les deux prélèvements sont représentés dans le tableau 5 suivant :

Tableau 5 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux de « Ain Timgnay ».

Paramètres	1 ^{er} prélèvement 26/04/2018		2 ^{eme} prélèvement 03/05/2018		Unité	VMA
	Avant chloration	Après chloration	Avant chloration	Après chloration		
Coliformes totaux	0	0	0	0	UFC/100ml	0
Coliformes fécaux	0	0	0	0	UFC/100ml	0
Germes totaux	3	0	2	1	UFC/1 ml	100
	22°C					
	6	1	1	0		20
Streptocoques fécaux	0	0	0	0	UFC/100ml	0
Clostridium sulfito-réducteurs	0	0	0	0	UFC/100ml	0

VMA : valeur maximale admissible, fixée par la norme marocaine **NM 03.7.001**, relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine.

Les résultats des analyses bactériologiques ont montrés que les échantillons d'eau analysés, avant et après la chloration, sont exempts de :

- Coliformes totaux et fécaux (*E. coli*) dans 100 ml,
- Entérocoques intestinaux (*streptocoques fécaux*) dans 100 ml,
- *Clostridium* sulfito-réducteurs dans 100 ml.

Tandis que, les germes totaux sont présents avant la chloration dans le premier et le deuxième prélèvement, à des concentrations respectivement de 3UFC/1 ml et 2UFC/1 ml à 22°C, et 6UFC/1 ml et 1UFC/1 ml à 37°C. Et après la chloration à des concentrations respectivement de 0UFC/1 ml et 1UFC/1 ml à 22°C, et 1UFC/1 ml et 0 UFC/1 ml à 37°C pour les deux prélèvements. C'est résultats sont compatibles avec la norme marocaine relative à la qualité de l'eau d'alimentation humaine.

En effet, les germes totaux à 22°C sont d'origine environnementale, alors que les germes totaux à 37°C sont d'origine intestinale. La réduction du nombre des germes totaux après la chloration traduit l'efficacité du traitement des eaux de la source par le chlore.

De plus, les coliformes totaux, fécaux et les *streptocoques fécaux* sont indicateurs de la pollution de l'eau par la matière fécale d'origine animale ou humaine. Leurs absences signifie que les eaux de la source « Ain Timgnay » sont à l'abri des animaux, et puisque la source est située dans une commune rurale exempte d'un système d'assainissement. La source donc est protégée des infiltrations des eaux usées.

V. Résultat du contrôle de qualité des paramètres analytiques bactériologiques :

1. Qualité de l'air ambiant :

Les résultats de contrôle bactériologique de la qualité de l'air ambiant dans la salle de bactériologie sont représentés dans le tableau 6 ci-dessous :

Tableau 6 : Résultats de l'analyse bactériologique de la qualité de l'air ambiant dans la salle bactériologique.

Lieu	Point de contrôle	Nombre de bactéries en UFC	Nombre de levures et moisissures en UFC	Densité bactérienne en %
Paillasse de travail	P1	104	12	89.6%
	P2	85	4	95.05

Les résultats des analyses montrent une prédominance des bactéries. Elles représentent un pourcentage de 89.6% pour le point P1, et 95.05% pour le point P2. La méthode utilisée lors de cette analyse est celle de la sédimentation sur boîte de Pétri ouverte. Généralement les résultats obtenus par cette méthode sont non quantitative puisque la méthode ne permet pas de mesurer un volume précis d'air, et aléatoire puisqu'elle dépend des turbulences d'air dans la zone examinée. Alors, elle ne nous permet pas de conclure si l'air de la salle analysé est propre du point de vue microbiologique ou non, mais il nous permet de suivre l'évolution de la charge microbienne de la salle.

2. Qualité de surface de travail :

Les résultats de contrôle bactériologique de la qualité de la surface de travail sont représentés dans le tableau 7 ci-dessous :

Tableau 7 : Résultats de l'analyse bactériologique de la qualité de surface de travail dans la salle bactériologique.

Lieu	Résultats en UFC/25cm ²	Conformité
Paillasse	72.5	Non conforme
Hotte	20	conforme
Incubateur 22°C	12.5	conforme
Incubateur 37°C	12.5	conforme
Réfrigérateur	10	conforme

Résultats attendus:

< 25UFC/25cm² ⇒ conforme.

> 25UFC/25cm² ⇒ non conforme.

L'analyse bactériologique de surface par écouvillonnage pour les 5 points est effectuée avant toute désinfection ou nettoyage. Les résultats montrent une conformité dans le cas de la hotte, d'incubateur 22°C et 37°C et du réfrigérateur. Par contre, la valeur obtenue après l'analyse de la paillasse est supérieure à 25 UFC/25 cm².

Les incubateurs, la hotte et le réfrigérateur sont des appareils dont le circuit de l'air est presque fermé, donc la contamination de ces appareils par la charge microbienne apportée par l'air est faible. Par contre, la paillasse du travail est exposée directement à l'air. L'analyse est effectuée sans désinfecté la paillasse, et les micro-organismes sédimentés toute la nuit seront comptés, ce qui explique la non conformité des analyses effectuées sur la paillasse.

Conclusion :

Dans notre étude, les résultats des analyses bactériologiques des eaux de la source « Ain Timgnay » ont montré qu'elles sont **conformes** vis-à-vis de coliformes totaux et fécaux, entérocoques intestinaux, *Clostridium* sulfito-réducteurs et les germes totaux.

Les analyses physiques ont montré que les valeurs trouvées sont conforme à la norme marocaine relative à la qualité de l'eau d'alimentation humaine :

- le pH est situé entre 7 et 8 ;
- la conductivité est comprise entre 824 et 873 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- la turbidité est inférieure à 5 NTU;
- la température est inférieure à 25°C.

Les analyses chimiques ont montré que les valeurs trouvées sont **conformes** vis-à-vis des chlorures, du chlore résiduel, des sulfates, des nitrites, d'ammonium, du fer et des métaux lourds. Alors, Les eaux de la source « Ain Timgnay » sont **conforme** aux normes de potabilité fixées par la législation marocaine (**NM 03.7.001**).

Références bibliographiques :

- ✚ **AFNOR** : Qualité physique et chimique de l'eau. 1999, Tome 4.
- ✚ **Block. J. C, 1989.** Rappels généraux sur l'élimination des micro-organismes par le chlore. Techniques des eaux de boisson. Séminaire organisé par le ministère de la santé publique en collaboration avec l'organisation mondiale de la santé.
- ✚ **Dahir n° 1-16-113 du 6 kaada 1473 (10 août2016) portant promulgation de la loi n°36-15 relative à l'eau.** Chapitre III : utilisation et exploitation du domaine public hydraulique section 2 : usages des eaux, sous-section : eaux à usage alimentaire.
- ✚ **Guergazi. S, Achour. S, 2005.** Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. Pratique de la chloration. Larhyss Journal, ISSN 1112-3680.
- ✚ **Livet. M, 2004.** Vulnérabilité des ressources en eau et protection des captages pour l'alimentation en eau potable. Revue française des laboratoires n° 364.
- ✚ **Monique. H, 1991** : Les eaux naturelles et les eaux de consommation Saint Laurent.
- ✚ **Organisation mondiale de la santé, 1985.** Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Genève Vol 1.
- ✚ **Organisation mondiale de la santé, 2000.** Directives de la qualité pour l'eau de boisson, Volume 2 Critères d'hygiène et documentation à l'appui.
- ✚ **Organisation mondiale de la santé, 2013.** Mesurer les niveaux de chlore dans les systèmes d'approvisionnement en eau.
- ✚ **Rodier. J et al, 2009.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9^e édition. DUNOD, Paris, France.
- ✚ **World Health Organization, 2011.** Guidelines for drinking-water quality.

Normes marocaines:

- ✚ **NM 03.7.001-2006** Qualité des eaux d'alimentation humaine.

Sites Web :

- ✚ **Agence de bassin hydraulique, Sebou.** Ressources en eau au Maroc, disponible sur :

<http://www.water.gov.ma/ressources-en-eau/agence-de-bassin-hydrauliques-abh/abh-sebou/>

- ✚ **Costet-Deiber. N, 2013.** Effets sanitaires de l'exposition aux sous-produits de chloration de l'eau. Thèse doctorale disponible sur :
[HAL Id: tel-00927735 :https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00927735.](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00927735)

- ✚ **Union fédérale des consommateurs française,** Eau du robinet, eau de source, eau minérale, disponible sur :
<https://aixenprovence.ufcquechoisir.fr/wp-content/uploads/sites/114/2017/01/Dossier-eau-du-robinet-eau-min%C3%A9rale-comment-choisir.pdf>

- ✚ **Organisation mondiale de la santé, 2018.** Eau potable, disponible sur :
<http://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

Annexe:

Composition des milieux de culture :

- **Gélose lactosée au tergitol et TTC :**

- ✓ Peptone pancréatique de viande..... 10,0 g/l
- ✓ Extrait de viande5,0 g/l
- ✓ Extrait autolytique de levure..... 6,0 g/l
- ✓ Lactose.....20,0 g/l
- ✓ Tergitol.....70,1 g/l
- ✓ Bleu de bromothymol50,0 mg/l
- ✓ Chlorure de 2, 3, 5 triphényltétrazolium..... 25,0 mg/l
- ✓ Agar agar bactériologique.....10,0 g/l
- ✓ pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2.
- ✓ Une fois le milieu est stérilisé, refroidi jusqu'à une température de 50-60 °C, il est additionné par 10 ml d'une solution de TTC (1% de chlorure de 2, 3,5-triphényl tétrazolium 1g)

- **Gélose Slanetz:**

- ✓ Tryptone..... 20g/l
- ✓ Extrait autolytique de levure5g/l
- ✓ Glucose2g/l
- ✓ Phosphate di potassique.....4g/l
- ✓ Azide de sodium.....0,4g/l
- ✓ Agar agar bactériologique.....10g/l

- **La gélose à la bile, à l'esculine et à l'azide de sodium (BEA) :**

- ✓ Tryptone.....17,00 g/l
- ✓ Peptone pepsique de viande3,00 g/l
- ✓ Extrait autolytique de levure.....5,00 g/l
- ✓ Bile de boeuf bactériologique.....10,00 g/l
- ✓ Chlorure de sodium.....5,00 g/l
- ✓ Esculine..... 1,00 g/l
- ✓ Citrate ferrique ammoniacal.....0,50 g/l
- ✓ Azide de sodium.....0,15 g/l
- ✓ Agar agar bactériologique.....13,00 g/l
- ✓ pH du milieu prêt à l'emploi à 25°C : 7,1 ± 0,1.

- **Gélose à l'extrait de levure :**

- ✓ Tryptone..... 6,0 g/l
- ✓ Extrait autolytique de levure..... 3,0 g/l
- ✓ Agar agar bactériologique..... 10,0 g/l
- ✓ pH du milieu prêt-à-l'emploi à 25°C : 7,2 ± 0,2

✓

- **Gélose tryptone-sulfite-cyclosérine (TSC):**

- ✓ Tryptone.....15g/l
- ✓ Peptone papainique de soja.....5g/l
- ✓ Extrait autolytique de levure.....5g/l
- ✓ Méta bisulfite de sodium.....1g/l
- ✓ Citrate ferrique ammoniacal.....1g/l
- ✓ Agar agar bactériologique.....15g/l

- **Gélose tryptonée au soja (TSA) :**

- ✓ Peptone de caséine..... 17,0 g/l
- ✓ Peptone de farine de soja.....3,0 g/l
- ✓ D(+)- glucose.....2,5 g/l
- ✓ Chlorure de sodium.....5,0 g/l
- ✓ Phosphate dipotassique.....2,5 g/l
- ✓ Eau distillée.....1000 ml
- ✓ pH $7,3 \pm 0,2$

- **Gélose saboureaud :**

- ✓ Peptone..... 10 g
- ✓ Glucose massé..... 20 g
- ✓ Agar-agar..... 15 g
- ✓ Eau distillée1000 ml
- ✓ vitamines et facteurs de croissance
- ✓ pH = 6,0