REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, directement ou indirectement, à la réalisation de ce rapport et au bon déroulement de cette période de stage.

Mes remerciements s'adressent tout particulièrement à l'équipe de l'Office National de l'Électricité et de l'Eau Potable – Branche Eau, pour son accueil et pour les informations communiquées au sujet du traitement et du contrôle de la qualité de l'eau potable.

Je remercie également le personnel du laboratoire pour les explications relatives aux paramètres physico-chimiques et microbiologiques, aux appareils de mesure et aux précautions à respecter lors de la manipulation des échantillons.

J'adresse enfin mes remerciements à l'équipe pédagogique de la Faculté Polydisciplinaire de Béni Mellal, Université Sultan Moulay Slimane, pour la formation scientifique qui constitue la base de cette expérience.

Ce rapport représente une synthèse des connaissances acquises et des éléments techniques présentés dans le cadre du stage. Les informations propres à la période de présence et aux activités réellement effectuées devront être vérifiées et complétées avant le dépôt final.

DÉDICACE

Je dédie ce travail à mes parents, pour leur soutien, leurs encouragements et leur confiance tout au long de mon parcours universitaire.

À ma famille, pour sa présence et son affection.

À mes enseignants, qui m’ont transmis les connaissances et les valeurs nécessaires à la poursuite de mes études.

À toutes les personnes qui m’encouragent à apprendre, à progresser et à construire mon avenir professionnel.

SOMMAIRE

Remerciements 1

Dédicace 2

Liste des abréviations 4

Introduction générale 5

Chapitre I – Présentation de l'organisme d'accueil et de la station 7

Chapitre II – Procédés de traitement de l'eau potable 11

Chapitre III – Contrôle physico-chimique de la qualité de l'eau 16

Chapitre IV – Contrôle microbiologique 23

Chapitre V – Apports du stage et discussion 26

Conclusion générale 28

Bibliographie 29

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Abréviation	Signification
ONEE	Office National de l’Électricité et de l’Eau Potable
ONEP	Office National de l’Eau Potable
AEP	Alimentation en Eau Potable
MES	Matières en suspension
pH	Potentiel hydrogène
TA	Titre alcalimétrique
TAC	Titre alcalimétrique complet
TH	Titre hydrotimétrique
DPD	Diéthyl-p-phénylènediamine
$KMnO_4$	Permanganate de potassium
EDTA	Acide éthylènediaminetétraacétique
UFC	Unité formant colonie
NPP	Nombre le plus probable
NTU	Unité néphélométrique de turbidité
CCA	Chromogenic Coliform Agar
TSC	Tryptose Sulfite Cycloserine

Les abréviations sont utilisées dans leur sens courant dans les domaines du traitement de l’eau et des analyses de laboratoire.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L’eau est une ressource naturelle indispensable à la vie. Elle intervient dans les fonctions biologiques, les activités agricoles, les usages domestiques et le développement économique. Malgré son importance, l’eau prélevée dans le milieu naturel n’est pas toujours directement consommable. Elle peut contenir des particules en suspension, des substances dissoutes ou des micro-organismes susceptibles d’altérer sa qualité.

La production d’une eau destinée à la consommation humaine nécessite donc une succession d’opérations adaptées aux caractéristiques de la ressource. Ces opérations ont pour objectifs de réduire la turbidité, d’éliminer les matières en suspension, de maîtriser certains paramètres chimiques et d’assurer une désinfection efficace.

Au Maroc, l’Office National de l’Électricité et de l’Eau Potable – Branche Eau joue un rôle important dans la production et la sécurisation de l’alimentation en eau potable. La station de traitement d’Aïn Asserdoune, située à proximité de Béni Mellal, constitue un exemple d’installation où plusieurs procédés sont associés pour transformer l’eau brute en eau traitée.

Le présent rapport décrit, à partir des documents techniques étudiés et des informations relatives à la station, l’organisme d’accueil, les principales étapes de traitement ainsi que les méthodes de contrôle physico-chimique et microbiologique. Il met également en évidence l’intérêt de ces contrôles pour le suivi de la qualité de l’eau.

Objectifs du rapport

- Présenter les missions générales de l’ONEE – Branche Eau et le rôle de la station d’Aïn Asserdoune.
- Décrire les principales étapes de potabilisation de l’eau.
- Expliquer les paramètres physico-chimiques suivis au laboratoire.
- Présenter les grandes lignes du contrôle microbiologique.
- Relier les notions étudiées en biologie aux enjeux sanitaires de la qualité de l’eau.

Démarche adoptée

La rédaction repose sur l’exploitation des deux rapports de référence transmis, qui décrivent la station d’Aïn Asserdoune, les procédés de traitement et plusieurs méthodes analytiques. Les éléments communs aux deux documents ont été regroupés et reformulés afin de construire un texte cohérent, sans reprendre leur présentation mot à mot.

Les informations chiffrées relatives à la station, notamment sa localisation, ses tranches de traitement et ses capacités annoncées, sont reprises comme données descriptives figurant dans les documents consultés. Elles doivent être confirmées auprès de l’organisme d’accueil si elles sont utilisées dans une version officielle.

Organisation du rapport

Le premier chapitre présente l’ONEE – Branche Eau et la station. Le deuxième chapitre expose les opérations de traitement, depuis l’arrivée de l’eau brute jusqu’à la désinfection. Le troisième chapitre est consacré aux analyses physico-chimiques. Le quatrième présente le contrôle microbiologique. Enfin, le dernier chapitre résume les apports pédagogiques et les précautions nécessaires à l’interprétation des résultats.

CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE L'ORGANISME D'ACCUEIL

Ce chapitre présente le cadre institutionnel dans lequel s'inscrit la production d'eau potable, puis décrit les principales caractéristiques de la station d'Aïn Asserdoune.

1. Présentation générale de l'ONEE

L'Office National de l'Électricité et de l'Eau Potable est un établissement public marocain intervenant dans des domaines essentiels au développement du pays. Il regroupe deux secteurs complémentaires : l'électricité et l'eau potable. Dans le domaine de l'eau, l'ONEE – Branche Eau intervient dans la mobilisation des ressources, la production, le transport et la distribution de l'eau potable, ainsi que dans le contrôle de sa qualité.

La qualité de l'eau produite constitue une priorité sanitaire. Elle dépend à la fois de la qualité de la ressource initiale, de la performance des installations, du choix des réactifs, du fonctionnement des équipements et de la régularité des contrôles effectués.

2. Repères historiques

L'Office National de l'Eau Potable (ONEP) a été créé en 1972 afin de contribuer au développement du secteur de l'eau potable au Maroc. En 2012, le rapprochement de l'ONEP et de l'Office National de l'Électricité a donné naissance à l'ONEE. Depuis cette réorganisation, la Branche Eau poursuit les missions relatives à l'approvisionnement en eau potable et à l'assainissement liquide.

Cette évolution institutionnelle s'inscrit dans un contexte marqué par l'augmentation des besoins, la croissance démographique, l'urbanisation et la nécessité de préserver les ressources hydriques.

3. Missions principales de l’ONEE – Branche Eau

- Planifier l’approvisionnement en eau potable en tenant compte des besoins des populations.
- Étudier et réaliser des projets d’alimentation en eau potable.
- Assurer la production et le transport de l’eau dans les installations relevant de son intervention.
- Participer à la gestion des réseaux et des infrastructures hydrauliques.
- Contrôler la qualité des eaux produites et des ressources destinées à l’alimentation en eau potable.
- Contribuer aux projets d’assainissement liquide et à la protection de l’environnement.

Ces missions nécessitent une coordination entre les services techniques, les équipes d’exploitation, les laboratoires et les structures administratives. Le laboratoire occupe une place importante, car les résultats analytiques permettent de suivre l’efficacité du traitement et de détecter toute variation inhabituelle.

4. Place du laboratoire dans la station

Le laboratoire participe au suivi de la qualité de l’eau à différentes étapes de la chaîne de traitement. Les prélèvements et les analyses fournissent des informations sur les caractéristiques de l’eau brute, l’efficacité des opérations de clarification et la qualité de l’eau traitée.

Les mesures doivent être réalisées avec des appareils adaptés, des réactifs appropriés et des méthodes définies. La traçabilité des échantillons, l’identification des flacons, le respect des conditions de conservation et l’enregistrement des résultats sont indispensables pour garantir la fiabilité du contrôle.

5. Présentation de la station d’Aïn Asserdoune

La station de traitement d’eau potable d’Aïn Asserdoune est située au sud-est de la ville de Béni Mellal, à proximité de la source du même nom. Les documents de référence indiquent une distance d’environ 500 mètres entre la source et la station et une altitude voisine de 600 mètres. L’alimentation en eau brute s’effectue par des conduites, avec un transfert décrit comme gravitaire.

La station est organisée en deux tranches de traitement. Les données communiquées dans le rapport de référence indiquent une capacité globale de l’ordre de 260 L/s, répartie entre une première tranche de 140 L/s et une deuxième de 120 L/s. Ces valeurs sont à considérer comme des caractéristiques documentaires et non comme un débit mesuré pendant le stage.

6. Organisation générale des installations

La station comporte des ouvrages permettant l'arrivée de l'eau brute, l'injection des réactifs, la coagulation-floculation, la décantation, la filtration sur sable et la désinfection. Chaque ouvrage joue un rôle complémentaire dans l'amélioration progressive de la qualité de l'eau.

Installation	Fonction générale
Canal d'arrivée	Acheminer l'eau brute et permettre l'injection des réactifs.
Floculateur	Favoriser les collisions entre particules et la formation des flocs.
Décanteur	Séparer par gravité une partie des flocs et matières en suspension.
Filtre à sable	Retenir les particules résiduelles après décantation.
Désinfection	Réduire les micro-organismes et maintenir une protection de l'eau.
Réservoir	Stocker l'eau traitée avant son acheminement dans le réseau.

7. Importance de la protection de la ressource

La protection de la source et de son environnement contribue à limiter l'introduction de matières organiques, de particules et de contaminants microbiologiques. Le traitement ne remplace pas la protection de la ressource : il constitue une barrière supplémentaire qui doit être associée à une surveillance régulière et à une gestion rigoureuse des installations.

CHAPITRE II : PROCÉDÉS DE TRAITEMENT DE L'EAU POTABLE

Le traitement repose sur plusieurs opérations successives. Chaque étape cible une catégorie de contaminants et prépare l'eau pour l'étape suivante.

1. Arrivée et alimentation en eau brute

L'eau brute provient de la source d'Aïn Asserdoune et est acheminée vers les ouvrages de traitement par un réseau de conduites. Les documents décrivent plusieurs diamètres de conduites qui se rejoignent progressivement avant l'entrée dans la station. La configuration hydraulique permet le transport de l'eau vers les ouvrages où les réactifs sont introduits.

À son arrivée, l'eau peut contenir des particules minérales, des matières organiques, des substances dissoutes et des micro-organismes. La nature et la quantité de ces éléments peuvent varier selon les conditions naturelles et les événements affectant le bassin d'alimentation.

2. Schéma simplifié de la chaîne de traitement

Eau brute → Pré-chloration (selon le fonctionnement de l'installation) → Coagulation → Floculation → Décantation → Filtration sur sable → Désinfection finale → Eau traitée

La succession des opérations forme une chaîne de barrières complémentaires. Une étape ne peut pas toujours compenser une défaillance d'une autre : le suivi de l'ensemble du procédé est donc nécessaire.

3. Pré-chloration

La pré-chloration consiste à introduire du chlore dans l'eau brute avant certaines opérations de clarification. Le chlore possède un pouvoir oxydant qui permet d'agir sur plusieurs composés et de réduire une partie de la charge microbienne.

Objectifs principaux

- Contribuer à l'inactivation de certains micro-organismes présents dans l'eau brute.
- Oxyder certains composés minéraux, notamment le fer et le manganèse, selon les conditions de traitement.
- Limiter le développement de certaines algues dans les ouvrages.
- Participer à la réduction de certains problèmes de goût et d'odeur.

L'efficacité de cette opération dépend notamment de la dose appliquée, du temps de contact, du pH et de la demande en chlore de l'eau. Une dose inadaptée peut être insuffisante ou conduire à la formation de sous-produits indésirables. Le dosage doit donc être contrôlé par le personnel habilité.

4. Coagulation

L'eau brute peut contenir des particules colloïdales de très petite taille. Ces particules restent longtemps en suspension, car leurs charges électriques limitent leur rapprochement. La coagulation consiste à ajouter un réactif appelé coagulant afin de déstabiliser ces particules.

Les documents de référence citent notamment le sulfate d'aluminium et le chlorure ferrique comme coagulants possibles. Le choix du produit et de sa dose dépend de la qualité de l'eau brute et des conditions d'exploitation.

Après l'ajout du coagulant, une agitation rapide favorise sa dispersion dans l'eau et son contact avec les particules. La neutralisation ou la réduction des répulsions électrostatiques facilite ensuite l'agrégation des colloïdes.

5. Floculation

La floculation suit la coagulation. Elle repose sur une agitation plus lente qui favorise les collisions entre les particules déstabilisées. Celles-ci s’assemblent progressivement pour former des agrégats plus volumineux appelés flocs.

Un floc suffisamment développé possède une vitesse de sédimentation plus importante que les particules colloïdales initiales. Il peut ainsi être séparé plus facilement lors de la décantation.

Facteurs influençant la floculation

- La nature et la dose du coagulant ou du floculant.
- Le pH et la température de l’eau.
- L’intensité et la durée de l’agitation.
- La concentration initiale en particules et la qualité de l’eau brute.

Une agitation trop faible peut limiter les contacts entre particules. À l’inverse, une agitation trop forte peut fragmenter les flocs déjà formés. Le réglage doit donc rechercher un équilibre entre croissance des flocs et maintien de leur structure.

6. Décantation

La décantation est une opération physique qui permet de séparer les particules les plus lourdes par gravité. L’eau contenant les flocs pénètre dans un bassin où la vitesse d’écoulement est suffisamment réduite pour favoriser leur dépôt au fond de l’ouvrage.

Les boues accumulées sont ensuite évacuées selon les procédures d’exploitation de la station. Cette opération réduit la quantité de matières en suspension envoyée vers les filtres et limite leur colmatage.

7. Filtration sur sable

Après la décantation, l'eau traverse un milieu filtrant constitué principalement de sable. Les grains du matériau forment un ensemble de passages dans lesquels les particules résiduelles peuvent être retenues. La filtration permet ainsi de réduire davantage la turbidité et d'améliorer la qualité visuelle de l'eau.

Au cours du fonctionnement, les matières retenues s'accumulent dans le lit filtrant. Cette accumulation augmente progressivement la perte de charge et peut diminuer le débit de filtration. Un lavage périodique du filtre est alors nécessaire.

Lavage des filtres

Le lavage permet d'éliminer les dépôts accumulés dans le matériau filtrant. Les documents de référence décrivent l'utilisation de systèmes de lavage faisant intervenir de l'eau et de l'air selon la configuration des filtres. Les modalités exactes, la fréquence et les paramètres de lavage relèvent des consignes d'exploitation de l'installation.

8. Désinfection finale

La désinfection constitue une barrière microbiologique essentielle. Elle vise à inactiver les micro-organismes pathogènes qui pourraient subsister après les étapes de clarification et de filtration. Le chlore est utilisé dans la chaîne de traitement décrite dans les documents.

Une partie du chlore peut rester présente dans l'eau après la désinfection : il s'agit du chlore résiduel. Sa présence contribue à protéger l'eau contre une recontamination éventuelle pendant le stockage et la distribution. Sa concentration doit être suivie et interprétée selon les exigences applicables.

9. Complémentarité des étapes

La coagulation-floculation, la décantation et la filtration ciblent principalement les particules et les matières en suspension. La désinfection vise surtout le risque microbiologique. Le contrôle de la qualité de l'eau doit donc associer des paramètres physiques, chimiques et microbiologiques pour évaluer l'ensemble du procédé.

CHAPITRE III : CONTRÔLE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Les analyses physico-chimiques permettent de caractériser l'eau et de vérifier le fonctionnement des différentes étapes de traitement.

1. Prélèvement et préparation des échantillons

Un résultat analytique fiable dépend d'abord de la qualité du prélèvement. L'échantillon doit être représentatif du point de contrôle et être recueilli dans un récipient adapté, propre et correctement identifié. L'étiquette doit permettre de reconnaître le point de prélèvement, la date et, si nécessaire, l'heure.

Les conditions de conservation et le délai avant analyse varient selon le paramètre recherché. Certains paramètres, comme la température, le pH ou le chlore résiduel, peuvent évoluer rapidement après le prélèvement et doivent être mesurés dans des conditions appropriées.

2. Turbidité

La turbidité traduit la diminution de la transparence de l'eau provoquée par la présence de particules en suspension ou de matières colloïdales. Elle constitue un indicateur important de l'efficacité de la clarification et de la filtration.

La mesure est généralement effectuée à l'aide d'un turbidimètre. L'appareil évalue la lumière diffusée par les particules présentes dans l'échantillon et exprime le résultat en NTU. Une augmentation de la turbidité peut signaler une variation de la qualité de l'eau brute, une coagulation insuffisante, une décantation moins efficace ou un problème de filtration.

3. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH exprime le caractère acide, neutre ou basique d'une solution. Il influence plusieurs réactions chimiques intervenant dans le traitement de l'eau, notamment la coagulation et l'action du chlore.

La mesure est réalisée à l'aide d'un pH-mètre muni d'une électrode. L'appareil doit être étalonné avec des solutions tampons appropriées. L'électrode est rincée entre les mesures afin d'éviter les contaminations croisées.

Interprétation

Une variation du pH peut modifier la solubilité de certains éléments et l'efficacité des réactifs. Le résultat doit être interprété en tenant compte du point de prélèvement, de la température et des conditions de traitement.

4. Température

La température est un paramètre physique qui influence la vitesse des réactions chimiques, la solubilité des gaz et l'activité des micro-organismes. Elle intervient également dans l'interprétation de certaines mesures, notamment la conductivité.

Elle peut être mesurée à l'aide d'un thermomètre ou d'une sonde intégrée à un appareil multiparamètre. Le résultat est généralement exprimé en degrés Celsius (°C).

5. Conductivité électrique

La conductivité représente la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Elle dépend principalement de la quantité d'ions dissous, tels que les ions calcium, magnésium, sodium, chlorure et sulfate.

La mesure est réalisée avec un conductimètre. Une conductivité élevée peut indiquer une minéralisation importante, mais elle ne permet pas à elle seule d'identifier les ions présents. Elle doit être complétée par des analyses spécifiques.

6. Chlore résiduel

Le chlore résiduel correspond à la fraction de chlore qui demeure dans l'eau après sa réaction avec les substances oxydables et les micro-organismes. Il constitue un indicateur du suivi de la désinfection.

La méthode DPD décrite dans le rapport de référence repose sur l'ajout d'un réactif colorimétrique à un volume défini d'échantillon. L'apparition d'une coloration est ensuite mesurée avec un comparateur ou un colorimètre. Le résultat est exprimé en mg/L.

La mesure doit être effectuée rapidement et selon le protocole validé par le laboratoire, car le chlore résiduel peut évoluer après le prélèvement.

7. Oxydabilité au permanganate

L’oxydabilité au permanganate de potassium ($KMnO_4$) fournit une indication sur la présence de matières oxydables dans l’eau, notamment une partie de la matière organique. Elle repose sur la consommation d’un oxydant dans des conditions opératoires définies.

Le résultat dépend du protocole, du temps de réaction, de la température et de la composition de l’échantillon. Il doit être interprété comme un indicateur global et non comme une mesure directe de chaque composé organique.

8. Alcalinité : TA et TAC

L’alcalinité correspond à la capacité de l’eau à neutraliser un apport d’acide. Elle est principalement liée à la présence d’ions hydrogénocarbonate, carbonate et hydroxyde.

Le titre alcalimétrique (TA) et le titre alcalimétrique complet (TAC) sont déterminés par titrage acido-basique à l’aide d’indicateurs colorés ou d’un suivi du pH, selon la méthode appliquée. Ces paramètres contribuent à caractériser le pouvoir tampon de l’eau.

9. Titre hydrotimétrique (TH)

Le titre hydrotimétrique exprime la dureté de l’eau, principalement liée aux ions calcium et magnésium. Une eau dure contient une quantité relativement importante de ces ions.

La détermination du TH peut être réalisée par complexométrie avec l’EDTA, en présence d’un indicateur adapté. Le changement de couleur au point final permet de déterminer la dureté selon le protocole utilisé. Le résultat est souvent exprimé en degrés français (°f).

10. Dosage des chlorures

Les chlorures sont des ions naturellement présents dans de nombreuses eaux. Leur concentration peut varier selon l'origine géologique de la ressource et les apports extérieurs. Une teneur élevée peut modifier le goût de l'eau et renseigner sur sa minéralisation.

Le rapport de référence décrit un dosage volumétrique utilisant un indicateur et une solution titrante. Le principe général consiste à faire réagir les ions chlorure avec un réactif de concentration connue, puis à repérer le point final du titrage.

11. Dosage des sulfates

Les sulfates sont des ions dissous qui peuvent provenir de la dissolution de minéraux ou de certaines activités humaines. Leur détermination contribue à la caractérisation chimique de l'eau.

La méthode décrite dans le rapport de référence utilise le chlorure de baryum pour former un précipité de sulfate de baryum. La turbidité produite est mesurée, puis reliée à la concentration à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

12. Dosage du calcium

Le calcium est un ion majeur de la minéralisation naturelle de l'eau. Il participe à la dureté et peut intervenir dans la formation de dépôts calcaires lorsque les conditions physico-chimiques sont favorables.

Le dosage du calcium peut être effectué par titrage complexométrique avec l'EDTA, en utilisant un indicateur adapté et des conditions de pH contrôlées. Le résultat est exprimé en concentration massique ou molaire selon la méthode.

13. Détermination de l’ammonium

L’ammonium (NH_4^+) est une forme réduite de l’azote. Sa présence dans l’eau peut être liée à des processus naturels ou à des apports issus de matières organiques et de certaines activités humaines.

La détermination de l’ammonium peut être réalisée par méthode colorimétrique ou spectrophotométrique, selon le protocole du laboratoire. L’intensité de la coloration est comparée à une gamme étalon pour estimer la concentration.

14. Dosage des nitrites

Les nitrites (NO_2^-) sont des formes intermédiaires du cycle de l’azote. Ils peuvent apparaître lors de la transformation de l’ammonium en nitrates ou lors de processus de réduction des nitrates. Leur présence dans l’eau potable doit faire l’objet d’une surveillance.

Le protocole décrit dans le rapport de référence repose sur une réaction colorimétrique avec l’acide sulfanilique et le réactif NED. Après le temps de développement de la coloration, la lecture est réalisée au spectrophotomètre à une longueur d’onde indiquée dans le protocole.

15. Dosage des nitrates

Les nitrates (NO_3^-) représentent une forme oxydée de l’azote. Ils peuvent être présents naturellement, mais leur concentration peut augmenter à la suite d’apports agricoles ou d’autres sources de pollution.

Leur détermination nécessite une méthode analytique adaptée, souvent colorimétrique ou spectrophotométrique. L’interprétation doit tenir compte de la méthode, de la gamme d’étalonnage et des exigences réglementaires en vigueur.

16. Oxygène dissous

L’oxygène dissous correspond à la quantité d’oxygène présente sous forme dissoute dans l’eau. Il est important pour la respiration des organismes aquatiques et intervient dans les processus biologiques de dégradation de la matière organique.

Sa concentration dépend notamment de la température, de l’agitation, de la pression et de l’activité biologique. La méthode de mesure doit limiter les échanges avec l’air lorsque le protocole l’exige.

17. Paramètres complémentaires : manganèse, aluminium et silicates

Le manganèse peut être présent naturellement dans certaines ressources en eau. À des concentrations élevées, il peut entraîner des dépôts et des problèmes de coloration. Son suivi est particulièrement important lorsque des procédés d'oxydation et de clarification sont utilisés.

L'aluminium peut être surveillé lorsque des sels d'aluminium sont employés comme coagulants. Le contrôle permet de vérifier que le traitement est correctement maîtrisé et que les concentrations résiduelles restent compatibles avec les exigences applicables.

Les silicates sont des constituants minéraux dissous issus notamment de l'altération des roches. Leur dosage peut compléter la caractérisation chimique de certaines eaux.

18. Tableau récapitulatif des paramètres

Paramètre	Ce qu'il renseigne	Appareil / principe cité
Turbidité	Particules en suspension et transparence	Turbidimètre
pH	Acidité ou basicité	pH-mètre
Température	État thermique de l'échantillon	Thermomètre / sonde
Conductivité	Minéralisation ionique globale	Conductimètre
Chlore résiduel	Suivi de la désinfection	Réactif DPD et colorimètre
TH	Dureté liée au calcium et magnésium	Titrage à l'EDTA
Sulfates	Concentration en ions sulfate	Précipitation au $BaCl_2$ / turbidimétrie
Nitrites	Forme intermédiaire de l'azote	Colorimétrie / spectrophotométrie

CHAPITRE IV : CONTRÔLE MICROBIOLOGIQUE DE L'EAU

Le contrôle microbiologique complète les analyses physico-chimiques en recherchant des micro-organismes indicateurs de contamination et en évaluant la qualité sanitaire de l'eau.

1. Intérêt des analyses microbiologiques

Une eau claire et présentant des caractéristiques chimiques satisfaisantes n'est pas nécessairement exempte de micro-organismes. Certains agents microbiologiques peuvent présenter un risque pour la santé humaine même lorsqu'ils ne modifient pas l'aspect ou le goût de l'eau.

Les analyses microbiologiques recherchent donc des indicateurs de contamination et, selon le programme de surveillance, des groupes de micro-organismes particuliers. Elles permettent d'évaluer l'efficacité de la désinfection et de vérifier la qualité de l'eau à différents points du système.

2. Micro-organismes indicateurs

Les coliformes totaux constituent un groupe bactérien utilisé comme indicateur de qualité hygiénique. Escherichia coli est un indicateur plus spécifique d'une contamination d'origine fécale. Les entérocoques intestinaux sont également utilisés comme indicateurs de contamination fécale.

Les germes revivifiables renseignent sur la flore cultivable dans des conditions définies. Leur dénombrement ne représente pas la totalité des micro-organismes présents dans l'échantillon, mais fournit une information complémentaire sur la qualité microbiologique.

Les Clostridium sulfito-réducteurs peuvent être recherchés dans certains programmes de contrôle. Leur présence et leur interprétation dépendent de la méthode utilisée et du cadre réglementaire applicable.

3. Prélèvement microbiologique

Le prélèvement destiné à l'analyse microbiologique doit être réalisé dans un flacon stérile, en évitant toute contamination extérieure. Le matériel et les gestes doivent respecter les règles d'asepsie. Le flacon est identifié et transporté dans des conditions adaptées jusqu'au laboratoire.

Le délai entre prélèvement et analyse doit être maîtrisé afin de limiter les modifications de la population microbienne. Les informations relatives au point de prélèvement, à la date, à l'heure et aux conditions de transport doivent être enregistrées.

4. Dénombrement des germes revivifiables

Le dénombrement des germes revivifiables consiste à ensemencer un volume défini d'échantillon dans ou sur un milieu de culture adapté, puis à incuber les boîtes dans des conditions de température et de durée déterminées.

Après incubation, les colonies visibles sont comptées et le résultat est exprimé en unités formant colonie par millilitre (UFC/mL), en tenant compte du volume ensemencé et des dilutions éventuelles.

5. Filtration sur membrane

La filtration sur membrane permet de concentrer les micro-organismes présents dans un volume d'eau. L'échantillon traverse une membrane de porosité définie qui retient les cellules. La membrane est ensuite déposée sur un milieu de culture approprié.

Les documents consultés mentionnent notamment des membranes de 0,45 µm et des milieux sélectifs ou chromogènes destinés à la recherche de groupes bactériens particuliers. Après incubation, les colonies caractéristiques sont observées et dénombrées selon les critères de la méthode.

Les résultats sont généralement exprimés en UFC pour 100 mL lorsque le volume analysé est de 100 mL. L'interprétation doit suivre les règles de confirmation et de validation du laboratoire.

6. Méthode du Nombre le Plus Probable (NPP)

La méthode du Nombre le Plus Probable est une méthode statistique de dénombrement basée sur la présence ou l'absence de croissance dans plusieurs tubes contenant un milieu de culture. Plusieurs séries de tubes sont ensemencées avec des volumes ou dilutions différents.

Après incubation, les tubes présentant des signes de croissance sont considérés comme positifs selon les critères de la méthode. La combinaison des tubes positifs est ensuite reportée dans une table statistique afin d'estimer le nombre de micro-organismes dans le volume étudié.

7. Lecture et interprétation

La lecture des boîtes ou des tubes doit être effectuée par du personnel formé, en respectant les critères propres à chaque milieu. Une coloration ou une morphologie de colonie peut être indicative, mais une confirmation peut être nécessaire selon le germe recherché.

Un résultat microbiologique doit être interprété en tenant compte du point de prélèvement, du volume analysé, du milieu utilisé, des conditions d'incubation et des contrôles qualité. Il ne faut pas comparer directement des résultats obtenus par des méthodes différentes.

8. Complémentarité avec la désinfection

La filtration réduit une partie des particules et peut contribuer à retenir des micro-organismes associés aux matières en suspension. La désinfection constitue ensuite une barrière destinée à inactiver les micro-organismes résiduels. Le contrôle microbiologique permet de vérifier que la chaîne de traitement assure le niveau de sécurité attendu.

La surveillance ne s'arrête pas à la sortie de la station : le stockage et la distribution peuvent également influencer la qualité microbiologique de l'eau. La protection du réseau et le maintien d'un résiduel désinfectant adapté sont donc importants.

CHAPITRE V : APPORTS DU STAGE ET DISCUSSION

Ce chapitre présente les principaux enseignements que l'étude du fonctionnement de la station et des méthodes de contrôle permet de dégager.

1. Apports scientifiques

L'étude de la station permet de relier plusieurs notions de biologie, de microbiologie et de chimie à une application concrète. La présence de micro-organismes dans les eaux naturelles justifie l'importance de la désinfection et des analyses microbiologiques. Les paramètres chimiques, quant à eux, renseignent sur la composition de l'eau et sur les réactions qui se produisent au cours du traitement.

La compréhension de la coagulation-floculation montre également que la qualité de l'eau dépend de phénomènes physico-chimiques qui influencent le comportement des particules colloïdales. La décantation et la filtration illustrent ensuite l'importance des procédés physiques dans l'élimination des matières en suspension.

2. Apports méthodologiques

- Comprendre l'importance d'un prélèvement représentatif et d'une identification correcte des échantillons.
- Reconnaître le rôle des appareils de mesure dans le suivi des paramètres de l'eau.
- Distinguer une mesure directe, un titrage, une méthode colorimétrique et une méthode microbiologique.
- Comprendre la nécessité d'un protocole standardisé et de la traçabilité des résultats.
- Relier les résultats analytiques au fonctionnement global de la station.

3. Qualité et fiabilité des résultats

La fiabilité d'un résultat dépend de plusieurs facteurs : l'état de l'appareil, son étalonnage, la qualité des réactifs, la préparation de l'échantillon, le respect des volumes et des temps de réaction, ainsi que la compétence de l'opérateur.

Les erreurs peuvent provenir d'une mauvaise identification, d'une contamination, d'un volume incorrect, d'une lecture imprécise ou d'un délai de conservation non respecté. Pour limiter ces risques, le laboratoire doit appliquer des procédures écrites et conserver les enregistrements nécessaires.

4. Hygiène et sécurité au laboratoire

- Porter une blouse et les équipements de protection adaptés à la manipulation.
- Ne jamais pipeter à la bouche et utiliser le matériel de pipetage approprié.
- Manipuler les réactifs chimiques selon leurs fiches de sécurité et les consignes du laboratoire.
- Éviter les contaminations croisées entre échantillons et désinfecter les surfaces de travail.
- Éliminer les déchets chimiques et biologiques dans les filières prévues.

Les analyses microbiologiques exigent une attention particulière à l'asepsie. Les produits chimiques, les cultures et les déchets doivent être manipulés et éliminés conformément aux règles internes de sécurité.

5. Limites de l'étude

Les documents de référence décrivent les installations et plusieurs méthodes analytiques, mais ils ne fournissent pas un ensemble complet de résultats originaux correspondant à une période de stage précise. Pour cette raison, le présent rapport ne présente pas de valeurs expérimentales comme si elles avaient été mesurées personnellement.

Les paramètres et protocoles cités doivent être vérifiés auprès du laboratoire, car les méthodes, les réactifs, les appareils et les exigences réglementaires peuvent évoluer. Les données relatives à la capacité de la station et à son organisation sont également à confirmer avant utilisation officielle.

6. Activités à documenter dans la version personnelle

La partie suivante doit être adaptée à ce qui a réellement été observé ou réalisé pendant le stage. Il est important de ne conserver que les activités effectivement effectuées, en précisant le degré de participation : observation, préparation du matériel sous supervision, réalisation encadrée ou simple explication par le personnel.

- Accueil et présentation des locaux : préciser les services visités et les consignes reçues.
- Prélèvements : indiquer les points de prélèvement réellement observés ou utilisés.
- Mesures physico-chimiques : citer uniquement les paramètres effectivement mesurés ou observés.
- Analyses microbiologiques : préciser les méthodes réellement présentées ou réalisées.
- Suivi du traitement : décrire les ouvrages visités et les opérations expliquées par l'encadrant.

Exemple de formulation prudente si l'activité a été observée : « J'ai assisté à la présentation de la mesure de la turbidité et j'ai découvert le principe de fonctionnement du turbidimètre. » Si l'analyse a été réellement effectuée sous supervision, la phrase peut être adaptée en conséquence.

7. Discussion générale

Le traitement de l'eau potable repose sur une succession de barrières complémentaires. La clarification permet de réduire les matières en suspension, tandis que la désinfection vise le risque microbiologique. Les analyses physico-chimiques et microbiologiques assurent le suivi de la qualité de l'eau et apportent des informations utiles à l'exploitation.

La qualité finale dépend donc de la maîtrise de chaque étape, de la surveillance des paramètres et de la réactivité des équipes en cas d'anomalie. La prévention des contaminations et la protection de la ressource restent également indispensables.

CONCLUSION GÉNÉRALE

L’étude de la station de traitement d’eau potable d’Aïn Asserdoune a permis de mieux comprendre le rôle des installations de traitement dans la production d’une eau destinée à la consommation humaine. À travers les différentes étapes décrites, l’eau brute subit une série d’opérations physiques et chimiques visant à réduire les particules, à améliorer sa transparence et à assurer sa désinfection.

La coagulation-floculation favorise l’agrégation des particules colloïdales, la décantation permet leur séparation par gravité et la filtration sur sable retient une partie des matières résiduelles. La désinfection complète cette chaîne en réduisant les micro-organismes susceptibles de présenter un risque sanitaire.

Le contrôle physico-chimique permet de suivre des paramètres tels que la turbidité, le pH, la température, la conductivité, le chlore résiduel, la dureté et certains ions. Le contrôle microbiologique complète ces mesures en recherchant des indicateurs de contamination et en évaluant la qualité sanitaire de l’eau.

Cette étude met en évidence l’importance du laboratoire dans le suivi de la station. La qualité des résultats dépend du respect des protocoles, de la précision des mesures, de la traçabilité des échantillons et de l’application des règles d’hygiène et de sécurité.

Enfin, cette expérience constitue un lien entre les connaissances universitaires en biologie et leur application dans le domaine de l’eau potable. Elle souligne l’importance de la surveillance des ressources hydriques et de la maîtrise des procédés pour protéger la santé publique.

BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE

- Office National de l’Électricité et de l’Eau Potable (ONEE), Branche Eau : informations institutionnelles et documents de présentation.
- Rapport de stage d’initiation transmis par l’étudiante : présentation de l’ONEE-Branche Eau, station d’Aïn Asserdoune et procédés de traitement.
- Rapport de stage transmis par l’étudiante : contrôle de la qualité de l’eau potable à la station d’Aïn Asserdoune.
- Normes marocaines relatives à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine : consulter la version officielle en vigueur auprès des organismes compétents.
- Supports pédagogiques de biologie, microbiologie et chimie étudiés au cours de la formation universitaire.

Site institutionnel : https://www.onep.org.ma/ (à vérifier avant dépôt ; privilégier les pages officielles actuelles de l’ONEE).

Remarque bibliographique : les deux rapports transmis ont servi de documents de référence pour la structure générale et les informations techniques. La version finale doit citer précisément les documents et normes réellement consultés.

ÉLÉMENTS À PERSONNALISER AVANT LE DÉPÔT

Cette page est un aide-mémoire de préparation et peut être supprimée de la version remise à l'encadrant.

- Ajouter votre page de garde personnelle : nom, filière, établissement, organisme d'accueil, encadrant et dates exactes.
- Vérifier le nom officiel du site de stage et le service d'affectation.
- Ajouter les dates réelles et les activités effectivement réalisées.
- Remplacer les formulations générales par vos observations personnelles, sans déclarer avoir réalisé une analyse si vous l'avez seulement observée.
- Insérer vos propres photographies autorisées : station, équipements ou matériel de laboratoire, avec des légendes exactes.
- Vérifier les protocoles, les unités, les normes et les valeurs limites auprès de l'encadrant.
- Actualiser le sommaire et la pagination après les dernières modifications.

Fin du rapport.