

1. L'eau douce :	5
2. L'eau brute :	5
3. L'eau minérale :	5
4. L'eau potable :	5
III. L'eau et la santé :	6
IV. Cycle de l'eau :	6
V. Cycle de l'eau de consommation :	8
1. Captage	8
2. Traitement	8
3. Distribution	8
4. Collecte et dépollution :	9
VI. Norme de potabilité :	9
1. Norme marocaines : Eau d'alimentation humaine (NM 03.7.002)	10
a) A l'intérieur du système de distribution :	10
b) A l'entrée et à l'intérieur du système de distribution :	10
c) Pour les eaux brutes : profonde ou superficielle :	11
VII. Analyse de l'eau :	11
1. Prélèvement des échantillons :	12
2. Les types d'analyses :	12
a) Les paramètres de T1R – T2R :	13
b) Les paramètres complémentaires de T1C–T2C:	13
3. Les analyses bactériologiques :	13
a) Les milieux de cultures :	14
b) Dénombrement des bactéries :	14
4. Les paramètres organoleptiques :	16
a) L'odeur :	16
b) La couleur :	16
c) La saveur :	16
5. Les analyses physico-chimiques :	16
a) Les analyses physiques :	17
b) Les analyses chimiques :	19
VIII. L'alimentation en eau potable de la ville de Fès :	21
IX. Traitement des eaux brutes :	21

1. Degré chlorométrique :	21
2. Détermination du chlore résiduel :	22
3. La demande en chlore :	22
4. L'intérêt de chlore :	23
Partie 3: Caractérisation de la source Ain Chkef	
I. Situation géographique :	24
II. Méthodes et matériels :	24
1. Échantillonnage :	24
2. Les examens organoleptiques de la source Ain Chkef :	25
a) La couleur :	25
b) L'odeur :	25
c) Le goût :	25
3. L'analyse effectuée in situ :	25
4. Les analyses effectuées au laboratoire de la RADEEF :	26
a) Paramètres physiques :	26
b) Les paramètres chimiques :	27
c) Les analyses bactériologiques :	28
III. Interprétation des résultats :	29
Conclusion générale.....	31

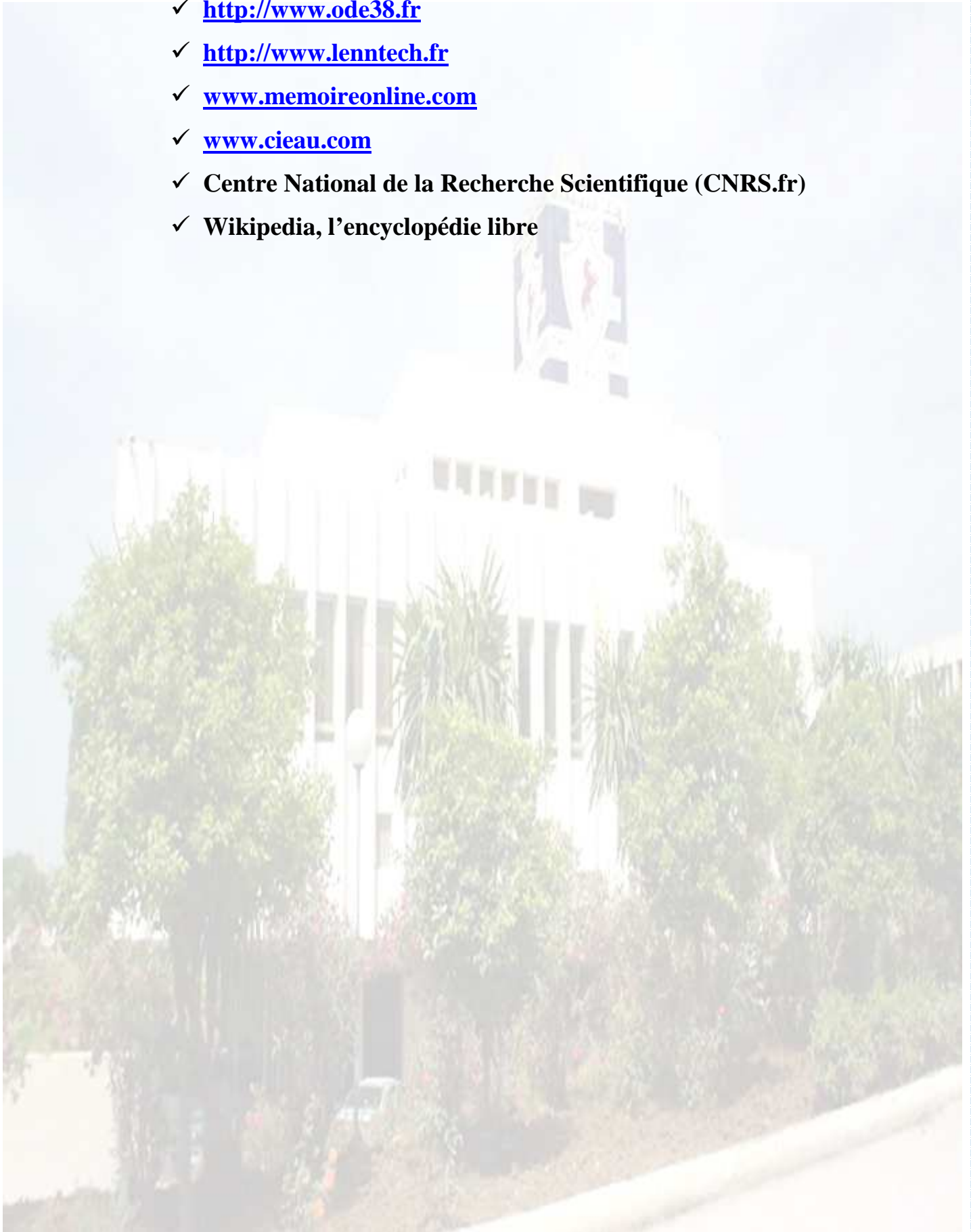
Référence :

- ✓ RODIER J., 1996 : l'analyse de l'eau 8ème édition
- ✓ NORMES MAROCAINES NM 03.7.002 SNIMA
- ✓ Water. USGS (Water Resources of the United States)
- ✓ Mémoire fin d'études TOUZANI Fatima Zahra (2011/2012)

Web graphie :

- ✓ <http://www.radeef.ma>

- ✓ <http://www.ode38.fr>
- ✓ <http://www.lenntech.fr>
- ✓ www.memoireonline.com
- ✓ www.cieau.com
- ✓ **Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS.fr)**
- ✓ **Wikipedia, l'encyclopédie libre**



Introduction générale

L'eau, ressource vitale pour l'homme, recouvre plus de 70% du globe. Cependant, l'eau potable est loin d'être présente en abondance : en effet, l'eau douce ne représente que 2% de l'eau de notre planète. Nous pouvons puiser cette eau indispensable à notre survie grâce à des forages, et celle-ci nous provient de glaciers, de nappes souterraines ou encore de sources. Le reste provient des eaux de surface que constituent les lacs et les rivières. Toutes ces sources d'eau douce sont renouvelables car la pluie et la neige contribuent à les réapprovisionner de près de 200 milliards de mètres carrés par an, mais il ne faut tout de même pas en abuser car certaines nappes phréatiques, par exemple, s'assèchent à force d'être exploitées : l'eau douce constitue une denrée de plus en plus rare et précieuse.

Pour obtenir de l'eau potable, l'eau douce puisée nécessite de subir certains traitements définis par des normes de potabilité : ainsi, nous devons la débarrasser d'impuretés, de bactéries voire même de traces de minéraux trop fortes afin qu'elle devienne potable et qu'elle puisse donc être bue sans risque par l'homme. Il y a différents types de traitements : d'une part, physico-chimiques. D'autre part, il existe également des procédés biologiques comme la filtration sur membrane. Mais ces traitements ne sont reproductibles qu'en usine, dans des centres de traitement des eaux. Aussi peu de personnes connaissent-elles le trajet que l'eau effectue pour arriver, à nos robinets, saine pour notre organisme.

Dans ce rapport et dans le but de contrôler la qualité de l'eau, j'ai effectuée des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur l'eau souterraine de la source Ain Chkef.

Le but de ces analyses est de déterminer les limites de la qualité, qui fixe la quantité supérieure à ne pas dépasser, afin de n'a pas nuire à la santé du public et assurer un confort pour les usagers.

Au cours de ce travail se fera autour de trois parties :

- ✓ Partie 1 : Présentation de la RADEEF
- ✓ Partie 2 : Généralité et Analyses de l'eau.
- ✓ Partie 3 : Résultats des analyses physicochimiques et bactériologiques de la source Ain Chkef avec leurs interprétations.

I. Présentation de la société :

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (R.A.D.E.E.F) est un établissement public à caractère commercial et industriel, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, a été créée par le conseil municipal en 1969, pour succéder une compagnie française du temps de protectorat pour la distribution

d'électricité et d'eau potable en 1970 à partir du oued Sebou et l'assainissement liquide de la ville de Fès en 1996.

Par arrêté du 25 Décembre 1969, le Ministre de l'Intérieur a approuvé la délibération du conseil communal de la ville de Fès en date du 29 Août 1969 concernant la création de la RADEEF, fixant la dotation initiale établissant son règlement intérieur ainsi que son cahier des charges.

Par la suite, la RADEEF a été transformée en Régie Intercommunale suite à l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n°3211 du 02-10-1985 portant autorisation de créer le nouveau syndicat des communes pour la gestion du Service de l'Eau potable dans 19 communes.

La Régie est donc chargée d'assurer, à l'intérieur de son périmètre d'action, le service public de distribution d'eau et d'électricité, elle est également chargée de l'exploitation des captages et adductions d'eau appartenant à la ville.

A compter du 1er Janvier 1996, la RADEEF a été chargée de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès en vertu de l'arrêté du Ministre de l'Intérieur n° 2806-95 du 3 Juin 1996 approuvant les délibérations du conseil de la Communauté Urbaine de Fès et des conseils communaux relevant de cette communauté, lesquelles délibérations ont chargé la RADEEF de la gestion du réseau d'assainissement liquide de la ville de Fès.

La régie assure la distribution de l'énergie électrique, l'alimentation en eau potable et elle intervient aussi au niveau d'assainissement liquide.

Actuellement, la **RADEEF** assure la distribution de l'eau et de l'électricité ainsi que la gestion du réseau d'assainissement liquide l'intérieur de la ville de Fès et de la commune Ain Chkef. Elle est en outre chargée de la distribution de l'eau potable dans les communes urbaines de Sefrou et Bhalil ainsi que dans les communes rurales suivantes : Bir Tam-Tam, Ras Tabouda, Sidi Harazem, Ain Timgnai, Ouled Tayeb, Douar Ait Taleb et Douar Ait El Kadi.

Durant cette période de mon stage, j'ai travaillé au département Exploitation Eau et Assainissement et plus particulièrement à la division contrôle qualité des eaux.

II. Présentation du laboratoire de la RADEEF :

Le laboratoire de la RADEEF a été créé en 1976 au siège de la RADEEF puis il fut transféré près du réservoir sud en 1993. Il a pour but d'assurer que l'eau de robinet ne présente en aucun moment de risque pour la santé, et qu'elle réponde aux différentes limites fixées par la

réglementation. Pour cela des analyses physico-chimiques et bactériologiques sont réalisées sur : les eaux produites par unités de traitements et sur les eaux profondes.

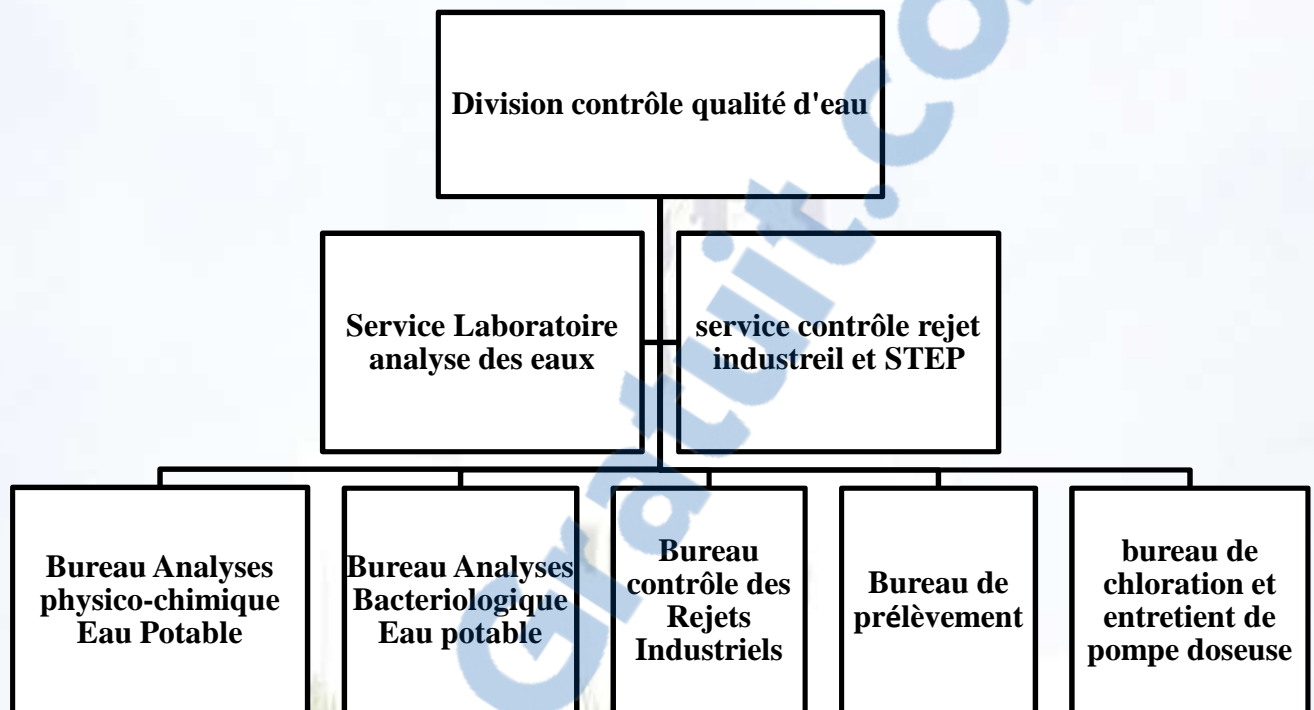
1. Activités de laboratoire :

- ✓ Contrôle la qualité d'eau livrée par RADEEF pour assurer que l'eau distribuée conforme aux normes de potabilité.
- ✓ Contrôle le chlore résiduel sur l'ensemble du réseau.
- ✓ Contrôle quotidien de la qualité de l'eau par des analyses physicochimique et bactériologiques.
- ✓ Contrôle des opérations de nettoyage des réservoirs effectué par le service d'exploitation du réseau.
- ✓ Réalisation d'enquête de la qualité de l'eau suite aux réclamations d'abonnées.

Le laboratoire de la RADEEF est constitué d'une cellule d'analyse qui comporte quatre salles :

- ❖ Salle de conservation des produits nécessaire pour les analyses chimiques et bactériologiques
- ❖ Salle d'analyse physicochimique contient des appareils : turbidimètre, conductimètre, PH-mètre, Balance, spectrophotomètre, la verrerie nécessaire (pipettes, bécher, burettes, fioles, erlenmeyer, tube à essais, flacons des prélèvements..).
- ❖ Salle d'analyse bactériologique :
Trois incubateurs à des différents thermomètres, 5 réfrigérateurs, hôte d'aspiration, pompe de filtration à 3 postes, bain marie, appareil d'eau distiller, un four 1100 °C et verrerie nécessaire aux analyses bactériologiques (boites de pétri, ballon à fond rond...).
- ❖ Salle pour lavage et stérilisation du matériel équipe d'une étuve, autoclave, un four ayant une température variable arrivant jusqu'à 1200 °C.

2. Organigramme du laboratoire contrôle qualité des eaux :



I. Définition :

L'eau est un composé chimique ubiquitaire sur la Terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. C'est le milieu de vie de la plupart des êtres vivants. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques : c'est notamment un solvant efficace pour beaucoup de corps solides trouvés sur Terre — l'eau est quelquefois désignée sous le nom de « solvant universel ».

II. Types de l'eau :

1. L'eau douce :

L'eau douce est une eau qui contient peu d'ions ou, en termes non chimique, qui n'est pas salée. C'est l'eau des rivières et des lacs, l'eau de pluie, des glaciers, des tourbières...

2. L'eau brute :

Les eaux dites « brutes » sont des ressources en eau, naturellement propres à la consommation humaine ; on désigne l'eau qui n'a subi aucun traitement et qui peut alimenter une station de production d'eau potable.

3. L'eau minérale :

L'eau minérale naturellement possède des propriétés favorables à la santé et officiellement reconnues, mais certaines eaux contiennent des éléments qui pris en grande quantité ou quotidiennement peuvent être néfastes.

4. L'eau potable :

L'eau potable c'est une brute récupérée et ensuite traitée pour la rendre parfaitement potable. La composition de l'eau du robinet en sels minéraux varie d'une région à l'autre, de fait son goût également.

Une eau potable est une eau que l'on peut consommer sans danger pour la santé car elle ne doit être ni toxique, ni infestée de bactéries, de parasites ou de virus nuisibles pour l'homme.

III. L'eau et la santé :

Puisqu'elle ne contient ni protéines, ni glucides et ni lipides, l'eau n'est pas un aliment. Elle ne fournit pas d'énergie brute. Par contre, l'eau est essentielle à la vie. C'est grâce à l'eau que le corps peut utiliser l'énergie présente dans les aliments.

Le corps est composé de 60 % à 70 % d'eau, selon la morphologie. Après l'oxygène, l'eau est l'élément le plus important pour la vie. Cette eau est indispensable à l'ensemble des processus vitaux. Les fluides occupent quasiment tous les espaces de notre corps, autant à l'intérieur des cellules qu'à l'extérieur. L'eau :

- maintient le volume de sang et de la lymphe;
- fournit la salive qui permet d'avaler les aliments;
- sert de lubrifiant pour les articulations et les yeux;
- maintient la température du corps;
- permet les réactions chimiques dans les cellules;
- permet l'absorption et le transport des nutriments ingérés;
- permet l'activité neurologique du cerveau;
- assure l'hydratation de la peau;
- élimine les déchets de la digestion et des divers processus métaboliques.

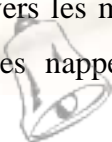
Un adulte moyen de 70 kilogrammes doit ingérer 2,5 à 3 litres par jour dont 1 à 1,5 litres sous forme de boisson pour se maintenir en bonne santé. Pour le nourrisson, le besoin en eau rapporté à son poids corporel est encore plus important.

Lorsque ce besoin n'est pas satisfait ou lorsque l'eau est mauvaise qualité, la santé de l'homme est menacée. A l'échelle de la planète, ce problème de manque d'eau potable, combiné au manque d'assainissement est à l'origine de 80% des cas de maladies.

IV. Cycle de l'eau :

Le cycle de l'eau n'a pas de point de départ, mais les océans semblent un bon point de départ. Le soleil réchauffe l'eau des océans; celle-ci s'évapore dans l'air. Les courants d'air ascendants entraînent la vapeur dans l'atmosphère, où les températures plus basses provoquent la condensation de la vapeur en nuages. Les courants d'air entraînent les nuages autour de la Terre, les particules de nuage se heurtent, s'amoncellent et retombent en tant que précipitation. Certaines précipitations retombent sous forme de neige et peuvent s'accumuler en tant que calottes glaciales et glaciers.

Quand arrive le printemps, la neige fond et l'eau ruisselle. Une grande partie des précipitations retournent aux océans ou s'infiltrent dans le sol. L'eau s'écoule aussi en surface. Certains écoulements retournent à la rivière et donc vers les océans. L'écoulement de surface et le suintement souterrain s'accumulent en tant qu'eau douce dans les lacs et rivières. Mais tous les ruissellements ne s'écoulent pas vers les rivières. Une grande partie s'infiltre dans le sol. Une partie de cette eau reste près de la surface du sol et peut retourner vers les masses d'eau de surface (et l'océan) comme résurgence d'eau souterraine. Certaines nappes souterraines



trouvent une ouverture dans le sol et émergent comme des sources d'eau douce. L'eau souterraine peu profonde est absorbée par les racines des plantes et rejetée dans l'atmosphère via la transpiration des feuilles. Une quantité des eaux infiltrées descend encore plus profondément et réalimente les aquifères (roche souterraine saturée), qui stockent d'énormes quantités d'eau douce pour de longues périodes. Bien entendu, cette eau continue à bouger et une partie retourne à l'océan où le cycle de l'eau "se termine" ... et "recommence".

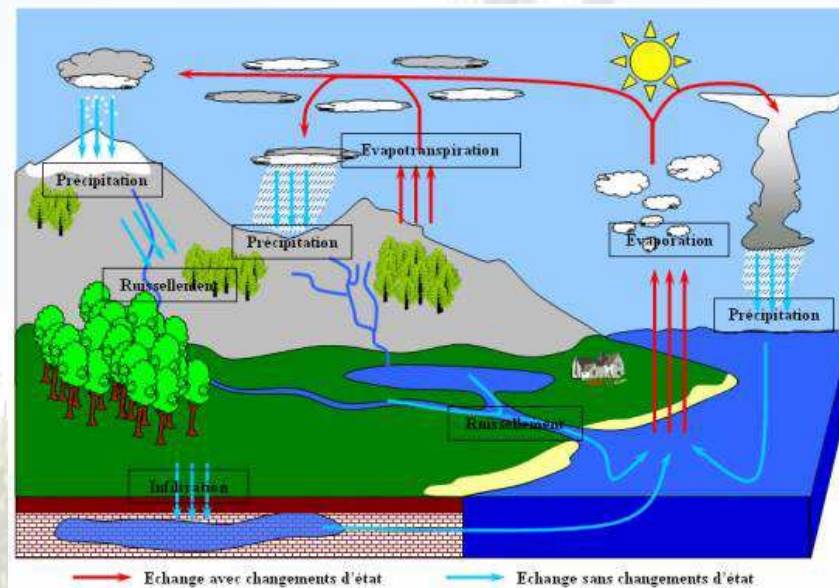


Figure 1 : Schéma explicatif du cycle de l'eau

V. Cycle de l'eau de consommation :

Ce cycle subi par l'eau du fait de son usage par les sociétés humaines se décompose en cinq grandes étapes : le captage, le transport, la production d'eau potable, la distribution, puis la collecte et la dépollution des eaux usées.

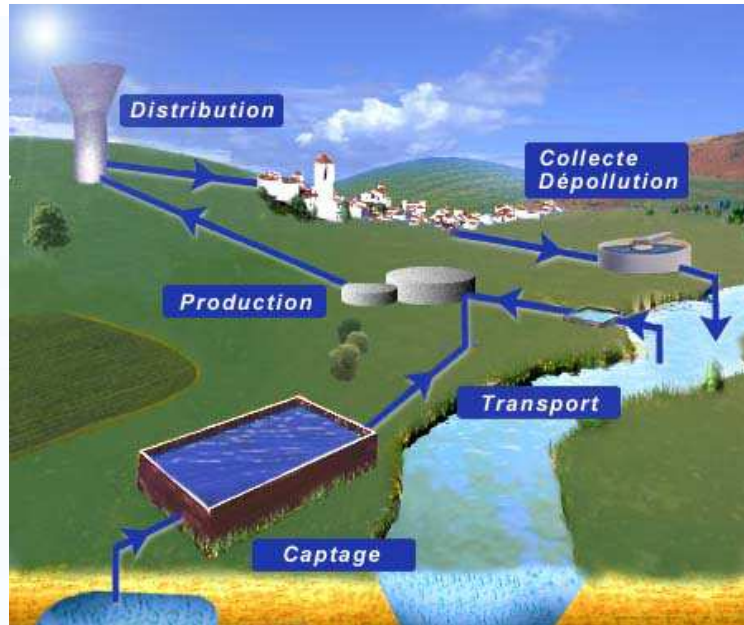


Figure 2 : Schéma simplifié Cycle de l'eau de consommation

1. Captage

L'eau est captée à l'état brut peut avoir diverses origines : cours d'eau, plan d'eau, nappes souterraines ou source. 2/3 des captages s'effectuent dans les nappes contre seulement 1/3 dans les superficielles

2. Traitement

L'eau est ensuite acheminée vers une usine de production d'eau potable où elle subit divers traitements physiques, chimiques et biologiques.

3. Distribution

L'eau rendue potable est distribuée au travers d'un réseau complexe de conduites souterraines, de stations de pompes et de réservoirs.

4. Collecte et dépollution :

Après usage, elle est recueillie pour être conduite vers les usines de dépollution des eaux usées, avant d'être enfin rendue à la nature.

Ce cycle de l'eau de consommation nécessite d'énormes infrastructures pour alimenter en eau l'ensemble d'une population. Sans oublier que à chaque étape de ce cycle, la qualité des eaux : l'eau brute prélevée et celle effectivement fournie aux consommateurs après traitement doivent toutes deux être conforme aux normes en vigueur.

VI. Norme de potabilité :

Ces critères concernent en premier lieu l'eau brute, que l'on capte dans une nappe d'eau souterraine ou dans une eau de surface et à partir de laquelle on va produire de l'eau potable. Cette eau brute que l'on prélève dans le milieu naturel doit répondre à la grille de la qualité. Elle subit un traitement de potabilisation plus ou moins poussé selon sa qualité. L'eau produite qui est ensuite distribuée aux consommateurs doit être potable c'est-à-dire conforme aux exigences de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine.

Selon ces normes, une eau potable de point de vue bactériologique doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands.

De point de vue physico-chimique il s'agit en particulier de substances qualifiées d'indésirables ou de toxiques, (comme les nitrates et les phosphates), les métaux lourds, ou encore les hydrocarbures et les pesticides, pour lesquelles des " concentrations maximales admissibles " ont été définies.

1. Normes marocaines : Eau d'alimentation humaine (NM 03.7.002)

a) A l'intérieur du système de distribution :

Paraméter à analyser	Méthodes d'analyses	Expression des résultats	VMA
----------------------	---------------------	--------------------------	-----

Temperature	Thermomètre à mercure ou à alcool	°C	25°C
pH	Mesure électrochimique		6<PH<8
Coliformes totaux	Test standard: filtration sur membrane incubation sur milieu spécifique	Enumération des colonies typique	10
Coliformes fécaux	Test standard: filtration sur membrane incubation sur milieu spécifique	Enumération des colonies typique	0,7
Germes totaux à 22 et 37°C	Comptage des colonies par ensemencement dans un milieu de culture gélosé	Enumération des colonies	20/1 mL à 37 °C 100/1 mL à 22 °C

Tableau 1 : norme de potabilité à l'intérieur du système de distribution

b) A l'entrée et à l'intérieur du système de distribution :

Paramètre à analyser	Méthodes d'analyses	Expression des résultats	VMA
Turbidité	Unité de turbidité néphélométrique	NTU	5
Conductivité	Conductivité électrique	µs/cm à 20°C	2700
Ammonium	Spectrométrie d'absorption moléculaire	NH ₄ : mg/L	0,5
Nitrates	Spectrométrie d'absorption moléculaire	NO ₂ : mg/L	50
Nitrites	Spectrométrie d'absorption moléculaire	NO ₃ : mg/L	0,5
Oxydabilité	Oxydation à chaud en milieu acide par le permanganate de potassium	Fe : mg/L	0,3
Streptocoques fécaux	Test standard : filtration sur membrane incubation sur spécifique	Enumération des colonies	0/100 mL
Clostridies sulfito-réducteur	Test standard : filtration sur membrane incubation sur spécifique	Enumération des colonies	0/100 mL

Tableau 2 : norme de potabilité à l'entrée et à l'intérieur du système de distribution

c) Pour les eaux brutes : profonde ou superficielle :

Paramètre	Expression des résultats	VMA
Aluminium	Al : mg/L	0,2
Ammonium	NH ₄ : mg/L	0,5

Arsenic	As : µg/L	10
Baryum	Ba : mg/L	0,7
Bore	B : mg/L	0,3
Cadmium	Cd : µg/L	3
Sélénium	Se : µg/L	10
Chlorure	Cl : mg/L	750
Chrome	Cr : µg	50
Conductivité	µs/cm a 20 °C	2700
Cuivre	Cu : mg/L	2
Cyanure	CN : µg/L	70
Fer	Fe : mg/L	0,3
Fluorure	F : mg/L	1,5
Manganèse	Mn : mg/L	0,5
Mercure	Hg : µg/L	1
Nickel	Ni : µg/L	20
Nitrates	NO ₃ : mg/L	50
Nitrites	NO ₂ : mg/L	0,5
Oxydabilité au KMnO₄	O ₂ : mg/L	5
Oxygène dissous	O ₂ : mg/L	5<O ₂ <8
PH		6,5<PH<8,5
Plomb	Pb : µg/L	10
Sulfate	SO ₄ : mg/L	400
Zinc	Zn : mg/L	3

Tableau 3 : norme de potabilité Pour les eaux brutes : profonde ou superficielle

VII. Analyse de l'eau :

Le laboratoire se charge du contrôle quotidien de l'eau, des analyses bactériologiques et physico-chimiques.

1. Prélèvement des échantillons :

Le prélèvement d'un échantillon c'est l'étape qui consiste à obtenir un volume global d'eau représentatif à contrôler, prélevé dans un endroit bien défini.

Les prélèvements de l'eau peuvent être réalisés au niveau d'un robinet, par des techniciens spécialisés du laboratoire selon la technique décrite dans la norme (NM.03.7.059), et consiste à :

- ✓ Se laver très soigneusement les mains avec de l'eau.
- ✓ Flamber le robinet et laisser couler 3 à 5 minutes avant de faire le prélèvement ; il est utile de maintenir la lampe allumée au dessus du robinet.
- ✓ Prélèvement aseptiquement dans des flacons stériles en verre, à large ouverture de capacités d'environ 500 mL, les échantillons sont acheminés rapidement au laboratoire dans des glacières à 4 °C et analysés immédiatement ou à défaut dans les 6 heures qui suivent le prélèvement.

2. Les types d'analyses :

La norme marocaine (03.7.002) :

- Définie le contrôle et la surveillance des eau desservie pour alimentation humaine
- Fixe la fréquence d'échantillonnage et les types d'analyse nécessaire

Les analyses pratiques au laboratoire sur les eaux d'alimentation humaine seront du modèle des trois analyses bien définie :

✓ T1R (Type 1 réduit) :

Elle est effectuée sur l'eau dans le réseau de distribution, au niveau du robinet du consommateur.

✓ T2R (Type 2 réduits) :

Effectuée a l'entrée du système de distribution.

✓ T1C – T2C (Type 1 et 2 complémentaire) :

Sont des analyses complémentaires.

✓ **T3P (Type 3 profondeurs) :**

Sont des analyses effectuées sur les ressources profondes en eau.

a) Les paramètres de T1R – T2R :

-Paramètre organoleptiques : saveur, odeur, couleur.

Paramètres physico-chimiques : PH, turbidité, température, conductivité et chlore résiduel.

NB : la température et chlore résiduel sont mesurés in situ.

Paramètres bactériologiques : entérocoques intestinaux, clostridium, coliforme fécaux, coliforme totaux et germes totaux.

b) Les paramètres complémentaires de T1C–T2C:

Elle comporte (ammonium, nitrite, nitrate, sulfate, chlorure...) plus d'autre analyses effectuée par laboratoire extérieur accrédité (cuivre, nickel, plomb, substance indésirable et les pesticides...)

3. Les analyses bactériologiques :

L'analyse bactériologique est une phase extrêmement importante sur le plan sanitaire, son but est de s'assurer de l'absence de germes pathogènes susceptibles de porter atteinte à la santé du consommateur.

Les germes que nous cherchons durant nos analyses sont : les coliformes fécaux et totaux, les germes totaux, les entérocoques intestinaux et les clostridium.

NB : le matériel utilisé pour ces analyses doit être stérilisé afin d'éliminer les divers micro-organismes présents, la méthode qu'on utilise souvent au laboratoire est la stérilisation par la chaleur humide, par filtration puis par la chaleur sèche, l'appareil utilisé est l'autoclave ensuite le matériel est mis dans un étuve.

a) Les milieux de cultures :

Un milieu de culture est un support qui permet la culture de bactéries, afin de permettre leur étude. En principe, les bactéries trouvent dans ce milieu les composants indispensables pour leur multiplication en grand nombre, rapidement, il doit donc satisfaire les exigences nutritives du micro-organisme étudié.

Les milieux souvent utilisés au laboratoire pour le contrôle quotidien sont :

Tergitol ; slanetz ; TSC ; gélose nutritive.

→ Le milieu Tergitol : c'est un milieu sélectif et de dénombrement des coliformes (stérilisation humide).

→ Le milieu slanetz : c'est un milieu sélectif et de dénombrement des entérocoques intestinaux (stérilisation par chaleur sèche).

→ Le milieu TSC : c'est un milieu sélectif et de dénombrement des clostridium (stérilisation humide).

→ La gélose nutritive : c'est un milieu nutritif pour les germes totaux qui n'a pas des exigences particulières (stérilisation humide).

b) Dénombrement des bactéries :

✓ Dénombrements des coliformes : (filtration sur membrane)

C'est une technique qui permet de dénombrer les bactéries présentes dans l'eau.

Principe : cette méthode consiste à filtrer un volume d'eau à travers une membrane filtrante (0,45 µm) dont les pores ne laissent pas passer les bactéries. Après filtration la membrane est déposée sur la gélose puis la boîte de pétri incubée à une température convenable pendant 24h.

NB : Avant de commencer à manipuler, on doit désinfecter le milieu de travail par l'alcool ou eau de javel.



Figure 3 : Photo de la méthode filtration sur membrane

→ **L'aspect des colonies:**

- ↔ Les coliformes fécaux présentent des colonies de coloration jaune ou orangée, à l'intérieur d'un halo jaune visible sur le milieu Tergitol à 44 °C.
- ↔ Les coliformes totaux présentent des colonies de coloration jaune sur le milieu Tergitol à 37 °C.
- ↔ Les entérocoques intestinaux présentent des petites colonies rouge briques sur milieu slanetz à 37 °C
- ↔ Les clostridium présentent des colonies noires sur milieu TSC à 37 °C

✓ **Les germes totaux (ensemencement en profondeur) :**

C'est une technique qui permet de mettre en évidence les germes totaux

Principe : mise en culture sur une gélose nutritive d'un échantillon d'eau d'un volume de 1 mL et comptage des colonies après incubation à 37 °C et 22 °C pendant 48h.

→ **L'aspect des colonies:**

Germes totaux présentent des colonies de coloration blanche.

4. Les paramètres organoleptiques :

Les paramètres organoleptiques sont relatifs à la couleur, la saveur, l'odeur et la transparence de l'eau.

Ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe : une eau peut être trouble, colorée, sentir le chlore et être parfaitement consommable.

a) L'odeur :

Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés : amines, ammoniacale, mercaptans, etc. Mais la molécule qui pose le plus de problème est généralement l'hydrogène sulfuré (H_2S), qui possède une odeur caractéristique d'œuf pourri

b) La couleur :

La couleur de l'eau peut provenir de substances minérales comme le fer ou le manganèse et/ou de substances organiques. Les substances organiques comprennent généralement des algues, des protozoaires et des produits naturels provenant de la décomposition de la végétation (substances humiques, tanins, lignine). IL ne faut pas confondre couleur et turbidité. La couleur est très préjudiciable pour l'esthétique.

c) La saveur :

La saveur de l'eau est due à de nombreuses molécules et ne révèle pas si l'eau est polluée ou non mais c'est l'une des principales préoccupations formulées par les utilisateurs à l'égard de l'eau qui leur est fournie.

5. Les analyses physico-chimiques :

Les paramètres physico-chimique sont déterminés afin d'évaluer la qualité de l'eau potable, il est nécessaire d'effectuer de nombreuses analyses incluant le dosage de multiples paramètres physico-chimique, après le prélèvement de l'eau la mesure de la température s'effectue sur le terrain. Les paramètres physiques étudiés au laboratoire sont : le PH, la conductivité électrique et la turbidité.



a) Les analyses physiques :

✓ Test de Température :

Il est de connaître la température de l'eau avec une bonne précision, en effet celle-ci joue un rôle dans la salubrité des sels et surtout des gaz, dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du PH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

La mesure de la température doit être sur place au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre.

✓ Mesure de pH :

Le PH d'une eau mesure la concentration des ions hydrogènes dans l'eau. C'est-à-dire l'alcalinité et l'acidité de l'eau sur une échelle de 1 à 14.

La mesure de PH se fait par PH mètre étalonner, cette mesure basée sur la détermination de l'activité des ions hydrogène en utilisant deux électrodes ; une électrode hydrogène et une électrode de référence.



Figure 4 : pH-mètre

✓ La turbidité :

La turbidité est la propriété optique de l'eau à absorber ou à diffuser la lumière qui est due à la présence des particules en suspension dans l'eau (argiles, débris organiques, grains de silices...).

La turbidité est mesurée à l'aide d'un turbidimètre étalonné où l'on introduit l'eau à analyser dans un petit flacon en verre ; la turbidité est exprimée en NTU (Unité de Turbidité Néphélométrique).



Figure 5 : Photo de turbidimètre

✓ **La conductivité :**

La conductivité électrique d'une eau correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. L'unité de conductivité est le micro siemens par centimètre (μs/cm).

La conductivité est aussi proportionnelle à la concentration en minéraux dissous ionisés

La conductivité est extrêmement sensible à la température, il est donc important de compter de toutes les conductivités à une température de référence, habituellement à 25 °C.

La conductivité augmente beaucoup lorsque la température s'accroît, ce phénomène s'explique par le fait que la mobilité des ions augmente à cause de la diminution de la viscosité du milieu. Ceci provoque bien que le transport de courant soit solidaire du transport de matière.



Figure 6 : Photo de conductimètre

b) Les analyses chimiques :

✓ Dosage de Nitrates (NO_3^-) :

Principe : en présence de salicylate de sodium NO_3 donnent des paranitrosalicylate de Na^+ coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

Expression des résultats : On fait la lecture après 15 min à 415 nm à l'aide d'un spectrophotomètre qui nous donne les résultats en mg/l.



Figure 7 : Photo de Spectrophotomètre

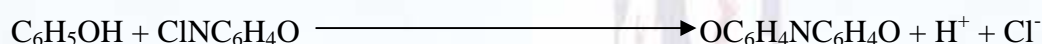
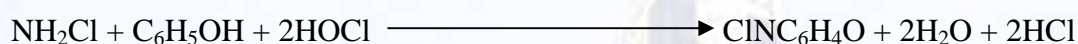
NB : la méthode d'analyse de nitrate nous donne les résultats directement la teneur en azote nitrique exprimé en mg/L. pour obtenir la teneur en nitrate, multiplier ce résultats par 4,43.

✓ Dosage d'ammonium (NH_4^+) :

Principe : le dosage est effectuée par la méthode du bleu d'indophénol, qui consiste à traiter l'ammonium par une solution d'hypochlorite de sodium et phénol, en milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme catalyseur.

Expression des résultats : On fait la lecture à 630 μm à l'aide d'un spectrophotomètre qui nous donne les résultats en mg/l.

Les réactions mises en jeu :



✓ **Dosage de nitrites (NO_2^-) :**

Principe : réaction des ions nitrites présents dans une prise d'essai, à pH 1,9 avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide en présence d'acide ortho phosphorique pour former un sel diazoïque qui forme un complexe de coloration rose avec le dichlorure de n-(naphtyle-1) diamino-1.2ethane (ajouté avec le réactif amino-4 benzène sulfonamide).

Expression des résultats : On fait la lecture à 540 μm ; les résultats sont présentés en mg/L.

✓ **Dosage des sulfates (SO_4^{2-}) :**

Principe : c'est la mesure des sulfates à l'aide d'un spectrophotomètre. Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de chlorure de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution de tween 20.

Expression des résultats : On fait la lecture à 650 μm ; les résultats sont présentés en mg/L.

✓ **Dosage de chlorure :**

Principe : Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium K_2CrO_4 , la fin de la réaction est indiquée par l'apparition du teint rouge caractéristique du chromate d'argent (Ag_2CrO_4).

Expression des résultats : pour prise d'essai de 39 mL, la courbe donne directement la teneur en sulfate exprimée en mg de SO_4^{2-} /L.

VIII. L'alimentation en eau potable de la ville de Fès :

Les ressources en eau potable alimentant actuellement la ville de Fès et les centres gérés par la régie sont constituées par les sources (Ain Chkef et Bourkayz), les forages, et les eaux superficielles d'Oued Sebou.

Cette alimentation en eau potable est assurée à partir de deux productions :

Production RADEEF (30 %) et production ONEE (70 %).

- ✓ L'ONEE : assure la production d'eau potable qui est revendue à la régie à partir des 17 forages situés dans la plaine de Saïss, et à partir des eaux superficielles d'Oued Sebou traitées au niveau de la station de traitement Ain Nokbi assurant un débit de 1.700 L/s.
- ✓ La RADEEF : assure également la production d'eau potable à partir des eaux souterraines de la nappe de Saïss, qui sont principalement des forages et des sources, ces forages sont au nombre de 10 pour la RADEEF (30 % de la production totale).

La régie assure l'alimentation en eau potable pour une population dépassant les 1.204.000 personnes à l'intérieur des villes de FES , SEFROU , BHALIL , ainsi que des communes rurales ; BIR TAM –TAM , RAS TABOUDA , SIDI HRAZEM , OULAD TAIB , DOUAR AIT TALEB , et douar AIN ALQUADI , AIN TIMGNAL et AIN CHKEF .

IX. Traitement des eaux brutes :

1. Degré chlorométrique :

Pour la désinfection totale de la matière organique présente dans un réservoir on détermine 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.

On utilise l'empois d'amidon comme indicateur coloré et on dose l'eau de javel par KI

Degré chlorométrique est égal au volume versé de KI multiplié par 1,2

$$\leftrightarrow \text{Degré chlorométrique} = V_{(KI)} \times 1,2 = ^\circ \text{chl}$$

2. Détermination du chlore résiduel :

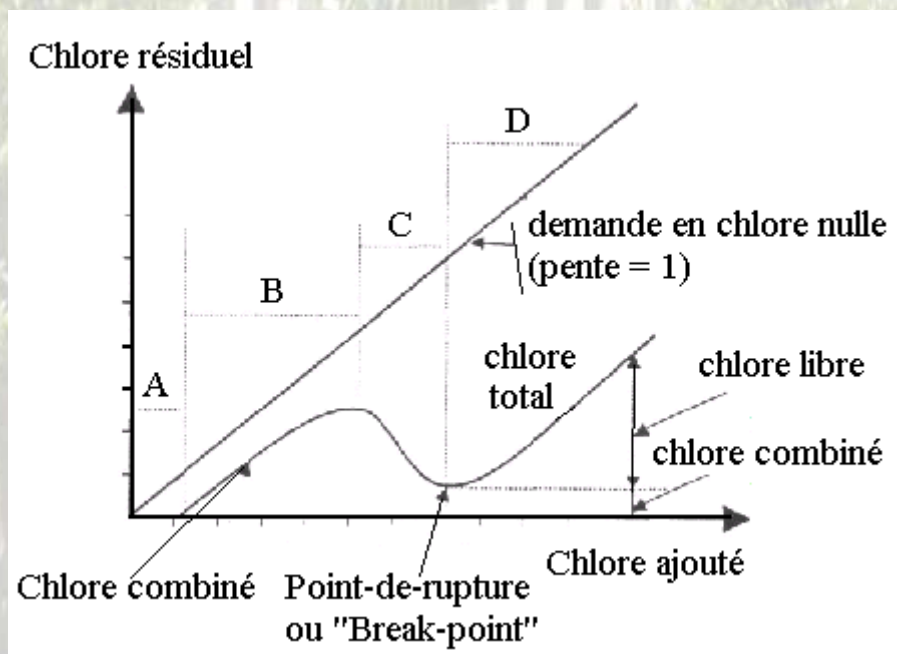
Principe : l'utilisation de la méthode de DPD (diéthyl-p-phénylènediamine) permet de dosage du chlore libre, elle être mesurée soit par un comparateur à disque coloré. L'emploi de pastilles de réactif à la DPD stabilisé facilite sa mise en œuvre sur le terrain.

Expression des résultats : en met l'échantillon dans un disque comparateur, on compare la couleur de l'échantillon à celle de disque et on conclure la concentration de chlore résiduel en mg/l.

3. La demande en chlore :

La demande en chlore est la différence entre la quantité de chlore ajouté à l'eau /m³ et celle du chlore disponible. La demande de chlore correspond à peu près à la dose dans la quelle le point de rupture est atteint.

Le chlore résiduel qui désigne le chlore qui demeure en solution après chloration, peut apparaitre sous forme de Cl₂, HCLO et/ou CLO⁻ et il correspond à la somme de ces trois espèces.



Courbe représentant la teneur en chlore libre en fonction de chlore ajoutée

La zone A : le chlore oxyde les substances réductrices d'eau : il est consommé.

La zone B : le chlore réagit avec des matières azotées pour des mono et dichloramines.

La zone C : le chlore réagit avec des mon et dichloramines pour former des trichlos amines volatiles.

Break point ou point de rupture: toutes les matières azotées ont été oxydées et tous les trichlos amine sont passés dans l'air. Le chlore total est égal au chlore résiduel.

La zone D : le chlore ajoute reste sous forme de chlore libre, il désinfectant dans l'eau.

4. L'intérêt de chlore :

La chloration pour but Désinfection de l'eau. C'est la dernière étape du traitement de l'eau potable avant sa distribution. Elle permet de détruire les micro-organismes pathogènes présents dans l'eau pour la rendre propre à la consommation humaine.

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 (variable selon le pH, la température, la quantité de matière oxydable et la résistance des micro-organismes). Outre son effet bactéricide (pouvoir désinfectant), le chlore possède un effet rémanent (effet de désinfection dans le temps) qui protège l'eau d'une nouvelle contamination lors du stockage et de la distribution.



Figure 8 : Photo de station de chloration

I. Situation géographique :

La source d'Ain Chkef qui a tiré la réputation de la région d'Ain Chkef toute cernée d'arbres de différentes essences, est une source fraîche jaillissant du creux d'une faille qui se localise au plateau du Saiss, juste à quelque kilomètre au sud de la ville de Fès.

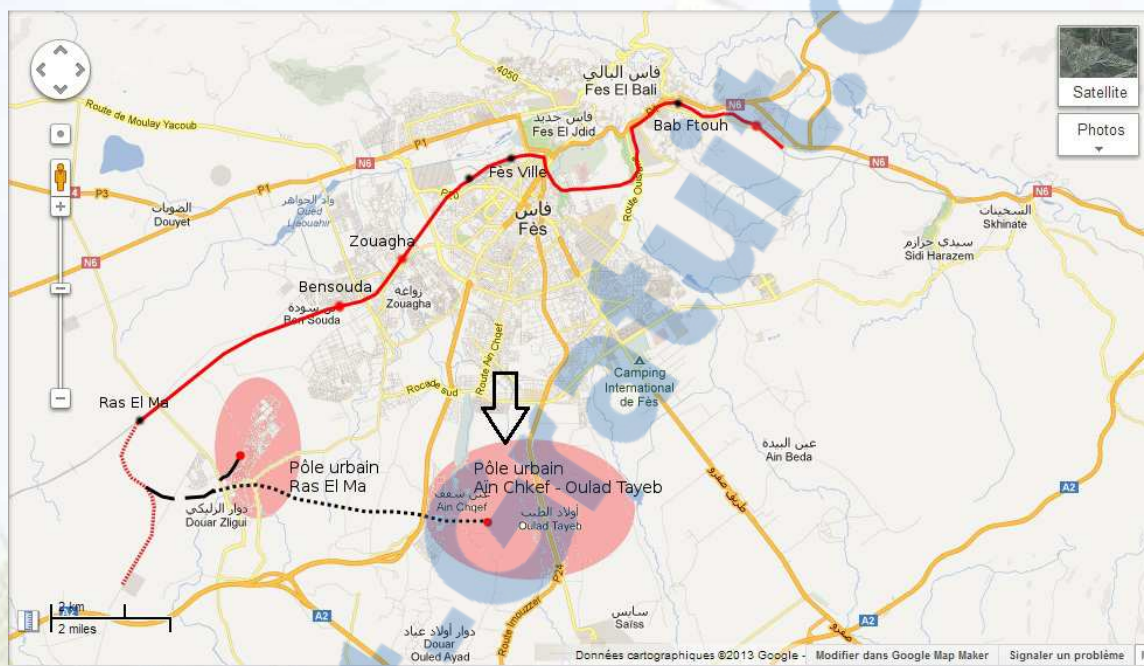


Figure 9 : Carte géographique de la source Ain Chkef

La source fait partie de couloir sud rifain composé d'une formation géologique allant du mésozoïque à cénozoïque peu déformé, la zone est constituée par des calcaires dolomitiques, marnes, et des calcaire litostratigraphique d'où peut déduire l'existence des aquifères potentiels.

II. Méthodes et matériels :

1. Échantillonnage :

Les échantillons destinés aux analyses physico-chimiques ont été prélevés dans des flacons en PVC. Avant le prélèvement, les flacons ont été soigneusement nettoyés et rincés avec de l'eau distillée, et sur le terrain, les flacons préalablement lavés ont été rincés trois fois avec l'eau à prélever.

Les échantillons d'eau destinés pour les analyses bactériologiques ont été prélevés à l'aide de flacons en verre, préalablement nettoyés, contenant de thiosulfate et stérilisés dans l'autoclave à 120 °C.



Figure 10 : Photo de prélèvement

2. Les examens organoleptiques de la source Ain Chkef :

a) La couleur :

Coloration claire et nette, absence des matières en suspension.

b) L'odeur :

Inodore et absence de toute odeur est un signe de pollution ou de la présence des matières organiques en décomposition.

c) Le goût :

Goût est non déterminé

3. L'analyse effectuée in situ :

L'analyse a été effectuée in situ dans le site de prélèvement :

✓ La température:

Est l'un des facteurs important de la vie dans un cours d'eau. Elle influence la vitesse des réactions chimiques, et biologiques. Généralement ce paramètre varie en fonction de la saison. Déterminée à l'aide d'un thermomètre

✓ **Chlore résiduel :**

La qualité de l'eau distribuée dépend surtout du traitement qu'elle a subi lors de son passage dans les usines de production, mais, elle peut être altérée pendant son transport jusqu'au robinet du consommateur ou durant son stockage dans un réservoir.

Le chlore est utilisé comme un désinfectant :

- en permettant l'élimination des germes (bactéries ou virus) à la sortie de l'usine de production,
- en prévenant la multiplication des microorganismes dans les canalisations de distribution lors du transport.

Chlore résiduel détermine à l'aide d'un comparateur et la méthode effectuée c'est DPD1

Résultats voir tableau suivant :

Paramètre à analyser	Echantillon Ain Chkef brute	Echantillon Ain Chkef chloré	Norme
Température	22 °C	24 °C	Acceptable
Chlore résiduel en mg/L	---	0,3	$0,1 < [C.\text{résiduel}] < 1$

Tableau 4: les résultats physiques de la source Ain Chkef

4. Les analyses effectuées au laboratoire de la RADEEF :

Les paramètres physico-chimiques ont été déterminés selon les méthodes classiques et instrumentales qu'on a mentionnées dans la partie des analyses d'eau potable.

a) Paramètres physiques :

Les paramètres physiques déterminés au laboratoire sont : le PH, la conductivité, la turbidité.

Paramètre à analyser	Echantillon Ain Chkef brute	Echantillon Ain Chkef chloré	Norme
pH	7,15	7,34	$6,5 < \text{PH} < 8,5$
Conductivité en $\mu\text{S/cm}$	746	712	2700
Turbidité en NTU	0,573	0,589	5

Tableau 5: les résultats physiques de la source Ain Chkef

b) Les paramètres chimiques :

✓ **Dosage des nitrates :**

Les niveaux naturels en nitrate dans les eaux de sources sont, en général, très faibles, mais les concentrations en nitrate augmentent avec l'activité humaine, comme par exemple l'agriculture, l'industrie...

Le dosage des nitrates présents dans l'eau de la source Ain Chkef a été fait au sein du laboratoire selon le protocole qu'on a déjà cité dans les analyses d'eau potable.

✓ **Dosage d'ammonium :**

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet des matières organiques. L'ammonium provient de la réaction de minéraux contenant du fer avec des nitrates. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organique d'origine agricole, domestique ou industriel.

Pour effectué ce dosage en suivi le protocole qu'on déjà cite dans la partie précédente

✓ **Dosage de chlorures :**

L'eau contient toujours de chlorures, mais en proportion très variable. En effet, les eaux prévenant des granitiques sont pauvres en chlorures, alors que les eaux des régions sédimentaires en contiennent d'avantage, d'ailleurs, la teneur en chlorure augmente avec le degré de minéralisation d'une eau (aussi de la conductivité).

✓ **Dosage de nitrite :**

Les nitrites sont considérée comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de NO_2 devient nocif quand il dépasse 0.5 mg/l). Le taux doit être contrôle régulièrement.

Pour la présente étude le dosage effectué par la méthode déjà discuté dans la partie des analyses d'eau potable, on trouve par le spectrophotomètre qui nous donne les résultats en mg/l

✓ Dosage sulfate :

Dans les eaux naturelles, les sulfates proviennent principalement de la dissolution du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) et de l'oxydation des sulfures en sulfates dans les déchets miniers.

Pour effectuer ce dosage en suivi le protocole qu'on déjà cite dans la partie précédente.

La lecture des échantillons dans le spectrophotomètre nous a donné les résultats en mg/l :

L'examen chimique de l'eau de Ain Chkef qui nous permettront à déterminer sa qualité sont classés dans ce tableau ci-dessous :

Paramètre à analyser	Echantillon Ain Chkef brute	Echantillon Ain Chkef chloré	Norme
$[\text{NO}_3^-]$ en mg/L	$4,15 \times 4,43 = 18,38$	$4,11 \times 4,43 = 18,2$	50
$[\text{NH}_4^+]$ en mg/L	0,01	0	0,5
$[\text{Cl}^-]$ en mg/L	$1 \times 35,5 \times 2 = 71$	$1 \times 35,5 \times 2 = 71$	750
$[\text{NO}_2^-]$ en mg/L	-0,06	-0,05	0,5
$[\text{SO}_4^{2-}]$ en mg/L	4,64	4,66	400

Tableau 6: les résultats chimiques de la source Ain Chkef

c) Les analyses bactériologiques :

L'examen bactériologique nous aide à déceler l'existence d'une contamination fécale, le paramètre bactériologique que nous cherchons dans les eaux brutes c'est les coliformes Fécaux (CF).

Pour le dénombrement :

Des coliformes fécaux, on utilise la méthode de filtration sur membrane

Des germes totaux, on utilise la méthode d'ensemencement en profondeur




Bactéries	Echantillon Ain Chkef brute	Echantillon Ain Chkef chloré	Aspect du milieu	Norme
Germe totaux par 1 mL	3 à 22 °C	0		100/1 mL à 22 °C
	5 à 37 °C			20/1 ml à 37 °C
Coliforme totaux par 100 mL	40	0		0/100 mL
Entérocoques Fécaux par 100 mL	2	0		0/100 mL

Tableau 7: les résultats bactériologiques de la source Ain Chkef

III. Interprétation des résultats :

La qualité de l'eau de la source Ain Chkef fait l'objet d'un suivi régulier afin de vérifier les caractéristiques pour montrer que l'eau de cette source est de bonne qualité pour la consommation humaine.

La qualité des eaux est évaluée au moyen d'une grille générale :

La grille de qualité est un outil national ayant pour objectif de normaliser et d'unifier l'appréciation de la qualité des eaux de sources, des eaux de rivière ... etc. et de fournir une appréciation globale et rapide de la qualité des eaux souterraines et des eaux de surfaces. Elle fixe cinq classes de qualité, chaque classe est illustrée par une couleur particulière. (Excellent, bonne, moyenne, mauvaise, très mauvaise)

La grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines est une grille élaborée à partir de la grille générale.

L'apparition de la qualité de l'eau étudiée a été faite sur la base de cette grille comportant cinq paramètres indicateurs de pollution physico-chimique ou bactérienne, Ces paramètres sont : La conductivité, les ions chlorures, les nitrates, l'ammonium, et les coliformes fécaux.

Paramètre de Qualité	Conductivité (µs/cm)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	CF (/100ml)
Excellente	<400	<200	<5	≤0,1	≤20
Bonne	400-1300	200-300	5-25	0,1-0,5	20-2000
Moyenne	1300-2700	300-750	25-50	0,5-2	2000-20000
Mauvaise	2700-3000	750-1000	>50	2-8	>20000
Très mauvaise	> 3000	>1000	—	>8	—

Tableau8 :Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité des eaux souterraines

Pour la présente étude on a trouvé que l'eau de la source Ain Chkef a des conductivités entre 400 et 1300 µs/cm, les chlorures étaient inférieurs à 200mg/l, les nitrates entre 5 et 25 mg/l, les coliforme entre 20 et 2000/100ml et l'ammonium était inférieur à 0,1. On remarque que les paramètres sont dans la classe Excellente à Bonne.

Donc on peut déduire que tout l'élément chimique analyse de la source Ain Chkef, présentent bien des valeurs inférieurs à celle des normes Marocaines admissible.

Les résultats de l'étude bactériologique mettent en évidence :

- ✓ la présence des coliformes totaux dans l'eau brute mais toujours dans les normes.
- ✓ L'absence de toute contamination par les bactéries pathogènes.

Donc c'est une source Microbiologiquement bonne.

Conclusion générale

Le Maroc dispose de ressources naturelles diverses qu'il doit améliorer et protéger vu leurs importance stratégique et vitale, mais il faut évaluer la qualité des eaux brutes avant toute une production d'eau potable. D'où l'objectif de mon stage était de caractériser l'eau de la source Ain Chkef.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques sont les seuls moyens pour qualifier une eau potable.

Dans notre cas, cette étude a révélé que les eaux souterraines de la source Ain Chkef utilisées pour l'alimentation en eau potable de la région Ain Chkef présente une très bonne qualité.

Cela indique que cette source est située dans une zone bien protégée contre tous les risques de pollution, loin de toutes activités humaines, pour laquelle le taux de coliformes est très faible.

Dans le cas de cette source d'eau, l'ajout effectué du chlore a seulement pour but de stérilisation finale, c'est-à-dire afin de garantir l'absence de germes et de mettre le système de distribution l'eau hors risque de contamination.

On peut conclure que la source Ain Chkef est parfaite pour la consommation, pauvre de toutes matières en suspension et de matière toxique.

Ce stage constitue certainement une étape importante dans le parcours de ma formation professionnelle.

Il m'offre l'accès au monde du travail pour découvrir, renforcer mon autoformation et développer mon sens d'initiative.

Je considère, dans ce sens, que le résultat obtenu était très satisfaisant, non seulement sur le plan des connaissances techniques acquises et des expériences consolidées mais aussi sur celui du contact humain. En effet, l'esprit coopératif et bienveillant de l'ensemble des cadres et techniciens m'a facilité la tâche et m'a permis d'appréhender les exigences de la vie professionnelle.