



Licence Es-Sciences et Techniques (LST)

# **TECHNIQUES D'ANALYSE CHIMIQUE ET CONTROLE DE QUALITE (TACCO)**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

*Surveillance de la qualité des eaux de sources  
avant et après chloration*

**Présenté par :**

❖ **Barki Khaoula**

**Encadré par :**

❖ **Mme Z. MEKKOUDI (Société)**

❖ **Pr. H. TOUZANI (FST)**

**Soutenu Le 10 Juin 2014 devant le jury composé de:**

- **Pr. Y. KANDRI RODI**
- **Pr. EH. ALILOU**
- **Pr. H. TOUZANI**

**Stage effectué à RADEEF**

**Année Universitaire 2013/ 2014**

# Sommaire

Avant propos

Introduction.....1

**Première partie: Etude bibliographique**

**Chapitre 1 : Généralité.....3**

- 1) Définition.....3
- 2) Cycle de l'eau.....3
- 3) Les ressources en eaux.....4
- 4) L'eau et la santé.....5
- 5) Normes de potabilité.....5
- 6) Les eaux de sources.....5
- 7) Les eaux souterraines.....6
- 8) Présentation des pollutions présentes dans les ressources en eaux.....6
- 9) La protection des ressources.....8
- 10) Traitements chimiques de l'eau par le chlore .....9

**Chapitre 2 : Méthodes d'analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques.....10**

- I Etude de cas .....10**
  1. Définition.....10
  2. Situation géographique.....10
- II Mesure .....11**
- III Analyses organoleptiques.....11**
- IV Analyses physico-chimiques.....12**
  - 1) Les analyses physiques.....12
  - 2) Les analyses chimiques.....14
    - a) La demande en chlore.....14
    - b) Dosage chlorométrique.....15
    - c) Dosage des chlorures (Méthode de Mohr).....16
    - d) Détermination du chlore résiduel.....16
    - e) Dosage des sulfates (Méthode néphélométrique).....17
    - f) Dosage des nitrites.....19
    - g) Dosage des nitrates (Méthode au salicylate de sodium).....20
    - h) Dosage de l'ammonium (Méthode au bleu d'indophénol).....21
    - i) Détermination de l'oxydabilité au  $\text{KMnO}_4$  .....23

<b>V Caractéristiques microbiologiques.....</b>	<b>24</b>
1) Objectif.....	24
2) Les germes recherchés.....	24
3) La méthode utilisés.....	24
<b>Deuxième partie : Présentation des résultats</b>	
<b>I</b> La grille de qualité des eaux souterraines .....	27
<b>II</b> Les résultats d'analyses physico-chimiques.....	28
<b>III</b> Les résultats microbiologiques.....	29
<b>Conclusion .....</b>	<b>30</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>31</b>



# Avant propos

## *Présentation générale de la RADEEF*

La RADEEF est un établissement public à caractère commercial et industriel, c'est la régie autonome intercommunale de distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) .Elle a été créée en 1969 par le conseil principal pour succéder une compagnie française du temps de protectorat pour la distribution d'électricité et d'eau potable en 1970 à partir de OUED SBOU.

A partir 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 en eau potable de la ville de Fès et les centres à partir :

- ✓ Production propre : Forages et sources exploitées par la RADEEF (30% de la production totale).
- ✓ Production ONEP (Office national d'eau potable) : Forages et eau traitée de oued Sebou (70% eaux de surface et souterraines).
- ✓ La régie assure l'alimentation en eau potable des villes et centres suivants : Fès, BHALIL, SIDI HRAZEM et BENI SADDEN.

En plus des missions d'alimentation en eau potable, la régie prévoit de généraliser le traitement des eaux chromées rejetées par les tanneries non raccordées à la station de **déchromatation** de DOKKARAT : cette installation traite le chrome rejeté par les unités industrielles ainsi que la totalité du chrome déversé par les tanneries de Fès, y compris celles de AIN NOKBI.

La RADEEF s'est engagée de la réalisation de la station de dépollution industrielle et d'épuration des usées (step), cette station a pour but :

- ✚ La diminution de 85% de la pollution générée par la ville
- ✚ La potabilisation de l'eau au niveau de la prise par ONEP
- ✚ L'irrigation immédiatement à l'aval des rejets.

## *Aperçu sur le laboratoire de la RADEEF*

Créé en 1976 au siège de la RADEEF puis il fut transféré près du réservoir sud West en janvier 1993. Il a pour but d'assurer que l'eau du robinet ne présente aucun risque pour la santé.

Le laboratoire est composé de deux cellules .une cellule d'analyses d'autre de compteurs, la première est constituée de 4 salles :

- ✚ Une salle de conservation des produits chimiques nécessaires pour les analyses chimiques et bactériologiques.

✚ Une salle pour lavage et stérilisation du matériel équipée d'une étuve, bec bunsen, autoclave, d'un four, ayant une température variable arrivant jusqu'à 1200°C hôte aspiration.

✚ Une salle d'analyse physico-chimique équipée de matériels suivant :

Turbidimètre, Conductimètre, pH-mètre, Balance, Spectrophotomètre, Ino mètre a électrode spécifique, four a 1100°C, agitateur mécaniques et la verrerie nécessaire.

✚ Une salle d'analyse bactériologique équipée d'appareil :

Trois incubateurs a différents thermomètre, deux réfrigérateurs , four 1100°C, appareil distiller a entrainement par vapeur, hôte d'aspiration, pompe d'aspiration, pompe de filtration, bain marie ; une centrifugeuse, une étuve et de la verrerie nécessaire aux analyses bactériologiques.

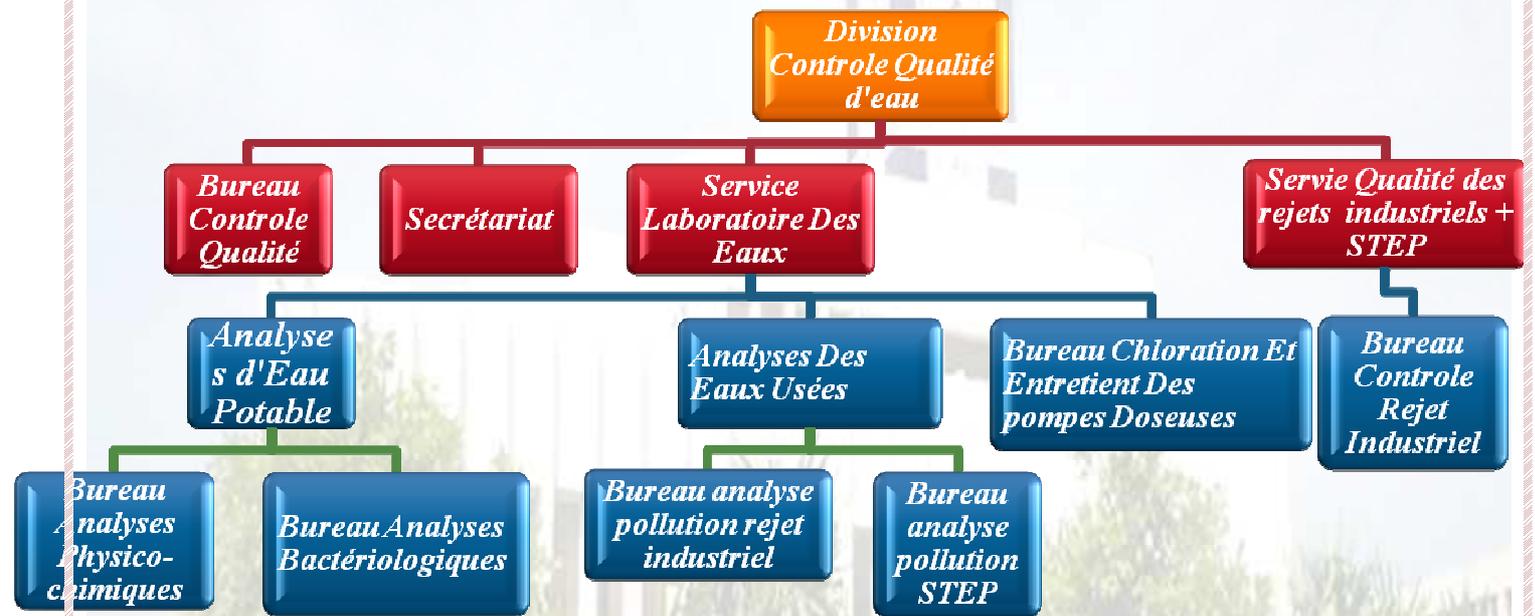
## *Activités de laboratoire*

Le laboratoire de la RADEEF est responsable de la qualité de l'eau de distribution, il se charge de :

- Contrôler le chlore résiduel sur l'ensemble du réseau.
- Réaliser les enquêtes de qualité d'eau, suite aux réclamations des abonnés.
- Contrôler les opérations de nettoyage des réservoirs effectuées par les services d'exploitation du réseau.
- La préparation de réactif chimiques et des milieux de culture bactériologiques.
- L'étalonnage des appareils de mesure et l'établissement des tableaux de bord.
- l'Interprétations des résultats.

## Organigramme de laboratoire

Figure 1: Organigramme



# Introduction

L'eau est un bien vital, indispensable à la vie. Elle ne doit pas être un bien marchand mais un patrimoine commun qu'il faut absolument défendre et protéger pour l'intérêt de tous. Elle peut être source de maladies. A cause de son lien étroit avec la santé, elle est devenue l'aliment le plus contrôlé dans le monde.

A fin de contrôler la qualité d'une eau il est nécessaire d'effectuer des analyses physico-chimiques et bactériologiques qui révèlent la présence de gaz, de matières minérales et de matières organiques en suspension ou en solution et éventuellement des micro-organismes. Plusieurs de ces composants ont une origine naturelle en provenance des roches, du sol et de l'air ou de la vie humaine et animale.

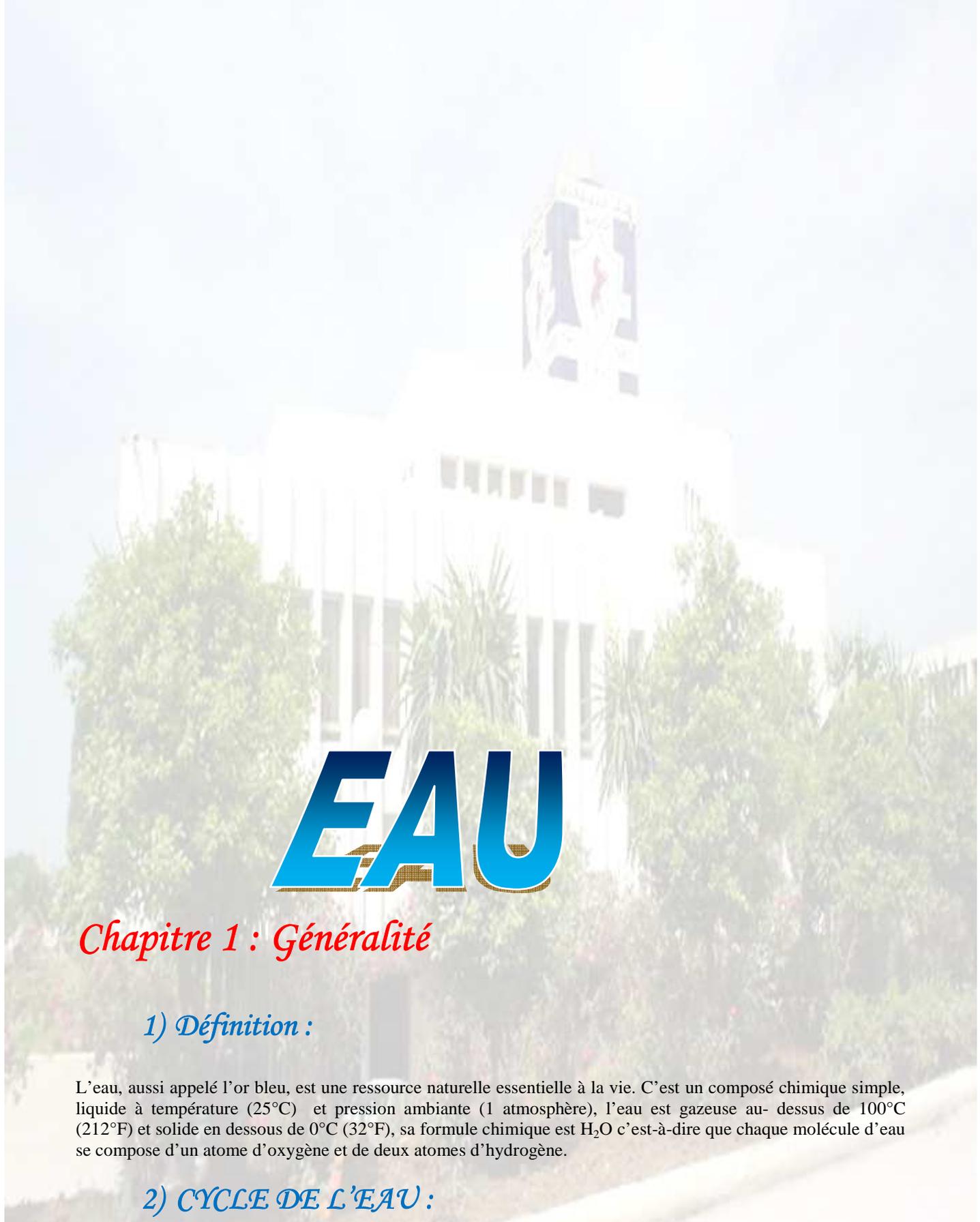
A ceux-ci vont s'ajouter les apports résultant des activités humaines : urbanisation, industrie, agriculture. Les techniques physico-chimiques de traitement des systèmes de transfert et de stockage, Peuvent aussi entraîner la présence de certains réactifs et éléments dans les eaux d'alimentation, phénomène plus important que l'eau a une dureté peu élevée et un PH faible. C'est la qualité et la quantité de ces divers constituants qui définissent une eau, précisent son aptitude à diverse utilisation. Les laboratoires expriment les résultats des analyses caractérisant une eau sous une forme simplifié et plus ou mois codifié, qui constitue une sorte de langage conventionnel.

Dans ce rapport et afin de contrôler la qualité de l'eau, j'ai effectué des analyses physico-chimiques et bactériologiques de l'eau souterraine de la source AIN CHKEF.

L'intérêt de ces analyses est de déterminer les limites de qualité, qui fixe la qualité supérieur a ne pas dépasser, afin de ne pas nuire à la santé du consommateur et assurer un confort pour les usagers.

Ce projet comprend trois parties:

- ✓ la première partie : permettra de présenter une étude bibliographique sur la qualité d'eau.
- ✓ La Deuxième partie : sera consacrée à une exposition de matériels et des méthodologies du travail effectuées au laboratoire de contrôle.
- ✓ Dans la dernière partie, on mentionnera tous les résultats avec leurs interprétations.



# EAU

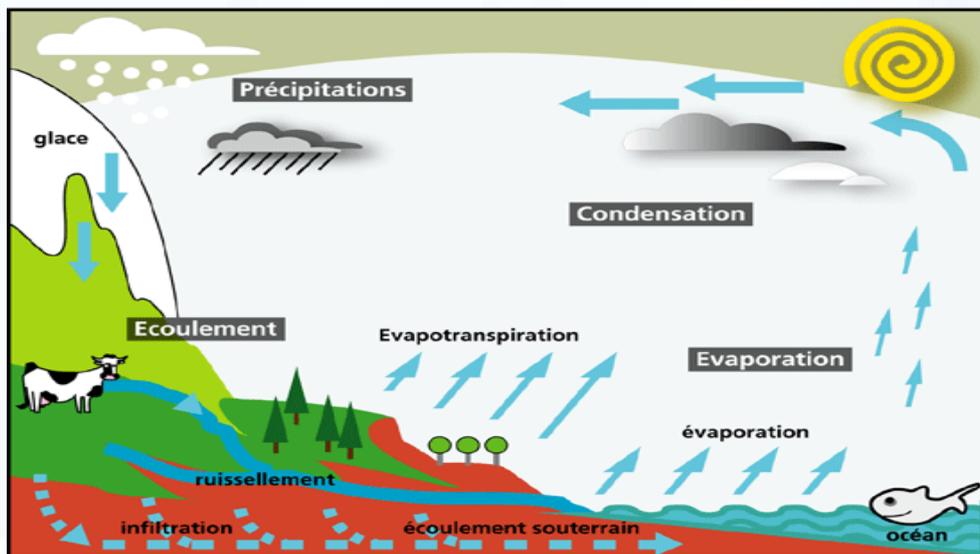
## *Chapitre 1 : Généralité*

### *1) Définition :*

L'eau, aussi appelé l'or bleu, est une ressource naturelle essentielle à la vie. C'est un composé chimique simple, liquide à température (25°C) et pression ambiante (1 atmosphère), l'eau est gazeuse au-dessus de 100°C (212°F) et solide en dessous de 0°C (32°F), sa formule chimique est  $H_2O$  c'est-à-dire que chaque molécule d'eau se compose d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène.

### *2) CYCLE DE L'EAU :*

Entre les quatre réservoirs d'eau de l'hydrosphère (les mers et l'océans, les eaux continentales, l'atmosphère et la biosphère), les échanges d'eau sont permanents et forment ce qu'on appelle le cycle externe de l'eau.



**Figure 2: cycle de l'eau**

L'eau s'évapore, se condense et se précipite continuellement dans un cycle infini qui entraîne d'énormes échanges d'énergie. Le moteur de ce cycle est le soleil : grâce à l'énergie thermique qu'il rayonne, il active et maintient constamment les masses d'eau en mouvement.

Ce cycle se divise en deux parties intimement liées :

- Une partie atmosphérique qui concerne la circulation de vapeur d'eau dans l'atmosphère.
- Une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, qu'il soit superficiel ou souterrain.

L'eau s'évapore de toutes les étendues d'eau, depuis la simple flaque jusqu'aux océans. Lorsque la quantité de vapeur d'eau dans l'atmosphère devient suffisamment grande, la vapeur se condense sur des particules en suspension dans l'air pour former les nuages.

Les nuages précipitent éventuellement sous forme de pluie, de neige ou de grêle. L'eau qui est libérée retourne au sol où elle est absorbée par la végétation où ruisselle vers les rivières et les fleuves si elle n'est pas absorbée par le sol. L'eau peut également percoler (pénétrer lentement dans le sol) vers les couches les plus profondes pour alimenter la nappe phréatique et le système des fleuves et des rivières d'eau et se retrouver sous forme de vapeur dans l'atmosphère. Cette énergie est ensuite libérée lorsque la vapeur se condense et retourne à l'état liquide.

### 3) les ressources en eaux :

Les ressources de la région Fès-boulemane sont constituées de cours d'eau, de sources et des eaux souterraines. La région est située entre deux plateaux hydrauliques et est traversée par d'importants cours d'eau, notamment :

- ❖ Sebou, dont le débit varie entre 5 et 20 m<sup>3</sup>/s;
- ❖ Inaouen avec un débit variant entre 3 et 12 m<sup>3</sup>/s;
- ❖ Mikkes avec un débit compris entre 0,2 et 1,5 m<sup>3</sup>/s;
- ❖ Guigou avec un débit de 0 à 54 m<sup>3</sup>/s.

A côté des eaux superficielles, les eaux souterraines jouent un rôle déterminant dans la satisfaction de la demande des populations de la région. Ainsi, on distingue trois zones :

- ❖ Pied du Moyen Atlas, constitué d'une zone hydraulique alimentée complètement par les eaux de pluie;
- ❖ Plaine de Saïss dont la réserve en eau provient de la pénétration des eaux de pluie à travers les failles géologiques, ainsi que des eaux en provenance du pied de l'Atlas;
- ❖ Plaine de Moulouya dont le débit varie entre 200 et 300 L/S selon l'importance des précipitations.

En général, malgré l'existence de ces ressources en eaux, la région souffre encore de l'insuffisance en eau potable ainsi que pour l'irrigation à cause de la surexploitation et de la faiblesse des précipitations connue durant la dernière décennie.

#### *4) L'eau et la santé :*

Le corps humain est composé d'eau à plus de 60%. Certaines réactions qui se passent à l'intérieur de l'organisme ne peuvent se dérouler qu'en présence d'eau. Grâce à ses propriétés physico-chimiques, l'eau apporte à l'organisme les éléments minéraux et certains oligo-éléments dont il a besoin pour bien fonctionner. L'eau permet d'éliminer les toxines contenues dans les muscles et ce faisant, de supprimer les crampes. L'eau que l'on boit, chaque jour, doit aussi compenser les pertes dues à la déshydratation et à l'eau éliminée par les urines et les excréments. Un adulte moyen de 70 kilogrammes doit ingérer 2,5 à 3 litres par jour dont 1 à 1,5 litre 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 de 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 (La filière de l'eau, PROTOS 2006).

#### *5) Normes de potabilité :*

Une eau potable peut être définie comme une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présente dans l'eau, on distingue les normes relatives aux paramètres physico-chimiques et les normes relatives aux paramètres bactériologiques.

Selon ces normes, une eau potable doit être exempte de germes pathogènes (bactéries, virus) et d'organismes parasites, car les risques sanitaires liés à ces micro-organismes sont grands. Elle ne doit contenir certaines substances chimiques qu'en quantité limitée : 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. A l'inverse, la présence de certaines substances peut être jugée nécessaire comme les oligo-éléments indispensables à l'organisme.

#### *6) Les eaux de sources :*

Issues de nappes d'eaux souterraines non polluées, profondes ou protégées des rejets dus aux activités humaines, les eaux dites de source sont des eaux naturellement propres à la consommation humaine. Les seuls traitements que subissent ces eaux pour éliminer les éléments instables que sont les gaz, le fer et le manganèse, sont l'aération, la décantation et la filtration. Les eaux naturellement gazeuses, qui contiennent du gaz carbonique dissous, peuvent également être regazéifiées avant d'être embouteillée.

## 7) Les eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont dites polluées lorsque leur qualité naturelle est dégradée sous l'impact de l'activité humaine. Bien que les eaux souterraines soient mieux protégées que les eaux superficielles et bien qu'elles soient capables de s'auto-épurer lors de leur trajet souterrain par fixation des polluants sur les particules de la roche, elles peuvent néanmoins être très sensibles aux pollutions.

La vulnérabilité d'une nappe d'eau souterraine dépend essentiellement de la nature géologique et de l'épaisseur des terrains situés au-dessus de la couche aquifère. Ainsi, la présence de terrains imperméables va empêcher le transfert du polluant et rendre la nappe moins vulnérable.

## 8) Présentations des pollutions présentes dans les ressources en eau :

### ➤ Définition d'un contaminant et principaux types de contaminants :

Un contaminant est une substance nocive ou indésirable se trouvant dans l'eau. Les contaminants comprennent les micro-organismes, les minéraux dissous dont la présence est naturelle, les produits chimiques fabriqués par l'homme et les minéraux radioactifs.

La contamination humaine des eaux souterraines peut être due à l'évacuation des déchets de deux manières :

- Directe : évacuation des déchets d'eau d'égout, élimination des déchets solides, formation de saumures par les industries de pétrole, les déchets radioactifs.
- Indirecte : activités agricoles, pluies acides, accidents, sel de route... .

### ➤ Principaux types de contaminations :

#### • Contamination naturelle :

La teneur de l'eau en substances indésirables n'est pas toujours le fait de l'activité humaine.

Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer. Par exemple, le contact de l'eau avec les gisements minéraux peut, par érosion ou dissolution, engendrer des concentrations inhabituelles en métaux lourds, en arsenic, etc. Le fer et le manganèse sont les contaminants naturels les plus fréquents de l'eau. La contamination peut aussi provenir de la désintégration radioactive de l'uranium dans le substrat rocheux, phénomène à l'origine du radon, un gaz radioactif. Il arrive aussi que le méthane et d'autres gaz posent également un problème.

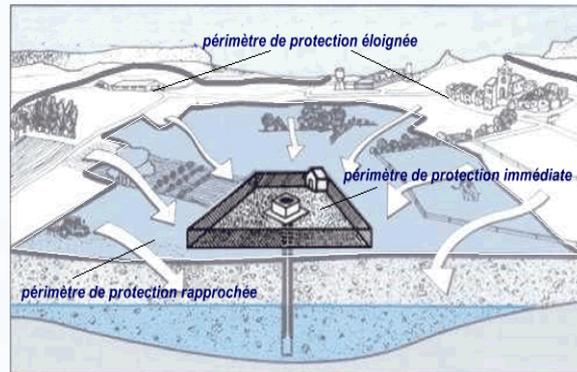
#### • Contaminations d'origine humaine :

**Tableau 1 : causes et conséquences des contaminants d'origine humaine**

Type de contaminant	Origine	Conséquence
<p><b>Les matières organiques fermentescibles.</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces matières organiques (d'éjections animales et humaines, graisses, etc.) sont notamment issues des effluents domestiques, mais également des rejets industriels (industries agro-alimentaires, en particulier).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• constituant, de loin, la première cause de la pollution des ressources en eaux.</li> <li>• La conséquence de cette pollution réside dans l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets sur la survie de la faune.</li> </ul>
<p><b>Les éléments minéraux nutritifs (nitrates et phosphates).</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, mobilisent également l'attention des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• provenant pour l'essentiel de l'agriculture et des effluents domestiques, mobilisent également l'attention des acteurs impliqués dans la gestion de l'eau.</li> </ul>
<p><b>Les métaux lourds (mercure, cadmium, etc.).</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'activités humaine, même si elle ne crée pas de métaux lourds, participe à leur diffusion dans l'environnement : les industries situées à proximité de cours d'eau y ont rejetés leurs effluents.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non seulement leur toxicité peut être fort dommageable pour le milieu aquatique, mais leur accumulation au fil de la chaîne alimentaire pourrait avoir des effets plus ou moins graves sur la santé humaine.</li> </ul>
<p><b>Les hydrocarbures</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peuvent être d'origine : Rejets industriels, rejets des garages et stations-services, ruissellement des chaussées, effluents domestiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les hydrocarbures ont une mauvaise influence sur la santé humaine, l'environnement et surtout la vie marine.</li> </ul>

**9) La protection des ressources :**

Trois niveaux de périmètre de protection peuvent être mis en place pour chaque captage :



**Figure 3 : Les trois types de périmètre de protection**

### ▪ **Le périmètre de protection immédiate :**

- A pour fonction d'empêcher la détérioration des ouvrages de prélèvement et d'éviter que des déversements ou des infiltrations de substances polluantes se produisent à l'intérieur ou à proximité immédiate du captage.
- Compte tenu de l'accroissement général des risques de pollution, il faut préserver un rayon de 50 m au minimum autour du point de prélèvement.

### ▪ **Le périmètre de protection rapprochée :**

Le périmètre de protection rapprochée doit protéger efficacement le captage vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes.

Son étendue est déterminée en prenant notamment en compte :

- la durée et la vitesse de transfert de l'eau entre les points d'émission de pollutions possibles et le point de prélèvement dans la nappe,
- le pouvoir de fixation et dégradation du sol et du sous-sol vis-à-vis des polluants,
- le pouvoir de dispersion des eaux souterraines.

### ▪ **Périmètre de protection éloignée :**

Périmètre de protection éloignée protégera éventuellement le précédent pour renforcer la protection contre les pollutions permanentes ou diffuses. Il sera créé si l'on considère que l'application de la réglementation générale, comme renforcée, n'est pas suffisante, en particulier s'il existe un risque potentiel de pollution que la nature des souterrains traversés ne permet pas de réduire en toute sécurité, malgré l'éloignement du point de prélèvement.

## **10) *Traitement chimique de l'eau par le chlore :***

Le seul traitement effectué par le personnel de laboratoire d'analyse est la chloration des eaux potables.

Le chlore est l'un des désinfectants le plus utilisé. Il peut être facilement appliqué, mesuré et contrôlé. Il est assez persistant et relativement bon marché.

### ❖ ***Utilisation du chlore :***

- En début de traitement : pour oxyder les matières en suspension dans l'eau brute (particules organiques ou minérales de très faible dimension) et détruire les algues et les bactéries.
- En fin de traitement : on parle de stérilisation finale, afin de garantir l'absence de germes et de mettre hors de risque de contamination un point d'eau ou un système de distribution ayant subi une pollution.

### ❖ Chimie du chlore et pouvoir désinfectant :

Le chlore n'est pas utilisé directement sous forme gazeuse. Il est tout d'abord dissous dans l'eau. Injecté dans l'eau, le chlore va s'hydrolyser en donnant naissance à de l'acide hypochloreux :



L'acide hypochloreux est un acide faible dont la dissociation se fait selon la réaction secondaire :



**Tableau 2 : Formes de chlore en fonction du pH**

pH<2	2<pH<5	5<pH<9	pH>9
le chlore est sous forme moléculaire Cl <sub>2</sub> dissoute	Un équilibre se crée entre la forme Cl <sub>2</sub> et HOCL	Un équilibre se crée entre la forme HOCL et ClO <sup>-</sup> (ion hypochlorite)	le chlore se trouve sous la forme unique ClO <sup>-</sup>

## Chapitre 2 : Méthodes d'analyses physico-chimiques, organoleptiques et bactériologiques

### I. Etude de cas :

Cette étude a pour but d'étudier une description de la qualité de la source souterraine Ain Chkef avant et après chloration, ainsi que le mode d'analyse appliqué au laboratoire pour définir cette qualité.

#### 1. Définition :

La source Ain Chkef qui a tiré la réputation de la région de 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, son débit de pompage est de 450 l/s, elle alimente après chloration la région de **Ain Chkef**.

## 2. Situation géographique :

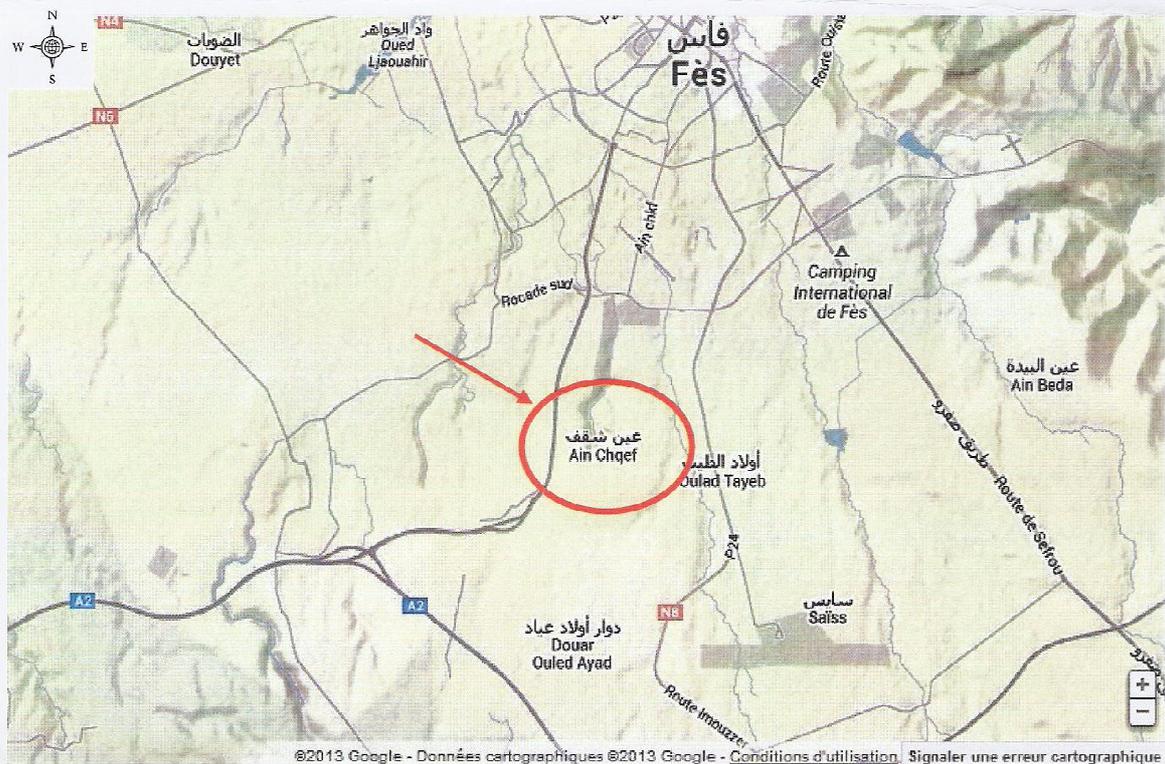


Figure 4: Carte de localisation d'après google Maps

## II. Mesure

La prise et la conservation des échantillons, ainsi que les méthodes d'analyses retenues sont des aspects fondamentaux du processus de mesure. En effet, il n'est pas difficile d'obtenir des valeurs pour chaque paramètre, mais ces valeurs n'ont de sens que si elles s'approchent le plus possible de la réalité !

### ✓ Mesures in situ :

La température, le pH, la conductivité, l'alcalinité et l'oxygène dissous doivent être mesurés in situ. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions de milieu et sont susceptibles de changer dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés sur site.

L'idéal est d'effectuer les mesures en continue (sauf l'alcalinité qui se mesure par titration), en plein courant s'il s'agit d'une rivière, ou dans un seau placé au refoulement de la pompe s'il s'agit d'eau souterraine. Attention de ne pas aérer l'eau (risque de précipitation d'éléments en solution, oxygénation...).

### ✓ Echantillonnage :

#### ❖ Paramètres physico-chimiques :

Les échantillons d'eau doivent être prélevés dans des récipients propres, rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser, et fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon

Les flacons peuvent être en verre ou en plastique, les bouteilles type eau minérale sont bien adaptées. Elles sont conservées dans une glacière (2 à 4°C) jusqu'au moment de l'analyse.

- I. Les analyses sont faites dès que possibles, au maximum 72 heures après la prise d'échantillons. Si ce laps de temps ne peut pas être respecté, il est nécessaire de préparer les échantillons à la conservation.

❖ *Paramètres biologiques :*

Les prélèvements pour les analyses bactériologiques sont faits et conservés dans un flacon stérile. L'utilisation de sacs stériles à usage unique est recommandée.

Les analyses sont faites 6 heures après la prise d'échantillons s'il est conservé au frais (4 à 6°C), ou une heure s'il est conservé à la température ambiante.

### *III. Analyses organoleptiques*

Les paramètres organoleptiques sont les propriétés de l'eau telles que couleur, odeur, et saveur qui sont perceptibles par les organes sensoriels. Ces critères n'ont pas de valeur sanitaire directe. Une eau peut être trouble colorée ou avoir une odeur particulière et néanmoins être consommable.

*Tableau 3 : paramètres organoleptiques*

L'odeur	Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent de la dégradation des composés azotés ou soufrés.
La couleur	La couleur de l'eau peut provenir des substances minérales comme le Fer ou le Manganèse, et/ou de substances organiques.
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.

### *IV. Analyses physico-chimiques*

#### *1) Les analyses physiques :*

❖ *Température :*

Il est important 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 ( $T^{\circ}\text{C}$ ) doit être sur place au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide du thermomètre.

#### ❖ *Test du pH :*

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline. Il est en fonction de l'activité des ions d'hydrogène  $\text{H}^+$  présents dans cette eau.

La nature de la mesure effectuée au laboratoire est électrochimique qui exige un pH-mètre utilisant deux électrodes ; une électrode hydrogène et une électrode de référence. La différence du potentiel existant entre les deux électrodes plongées dans la même eau est une fonction linéaire du pH de celle-ci.



*Photo 1 : PH-mètre*

#### ❖ *Conductivité :*

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est déterminer sa capacité à transporter le courant électrique, soit sur le terrain, soit au laboratoire sur des échantillons d'eau prélevés sur le terrain.

Sa mesure permet d'évaluer la quantité totale de solides dissous dans l'eau. Il correspond à la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de  $1\text{cm}^2$  de surface et séparées l'une de l'autre de  $1\text{cm}$ , l'unité en micro siemens par centimètre ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ).

- 50 à 400  $\mu\text{s}/\text{cm}$  → qualité excellente.
- 400 à 750  $\mu\text{s}/\text{cm}$  → bonne qualité.
- 750 à 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  → qualité médiocre mais eau utilisable.
- 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$  → minéralisation excessive.

Car la conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau.



## Photo 2 : Conductimètre.

### ❖ *La turbidité :*

La turbidité est une expression de propriété optique d'une eau à absorber ou à diffuser la lumière. Elle est due à la condition plus ou moins trouble d'une eau, due à la présence de matières fines en suspension (limons, argiles, micro-organismes, etc...).

La turbidité est mesurée par néphélogéométrie à l'aide d'un Turbidimètre où l'on introduit l'eau à analyser dans un petit flacon en verre, elle est exprimée en NTU (Néphélogéométric Turbidity Unit).



## Photo 3 : Turbidimètre.

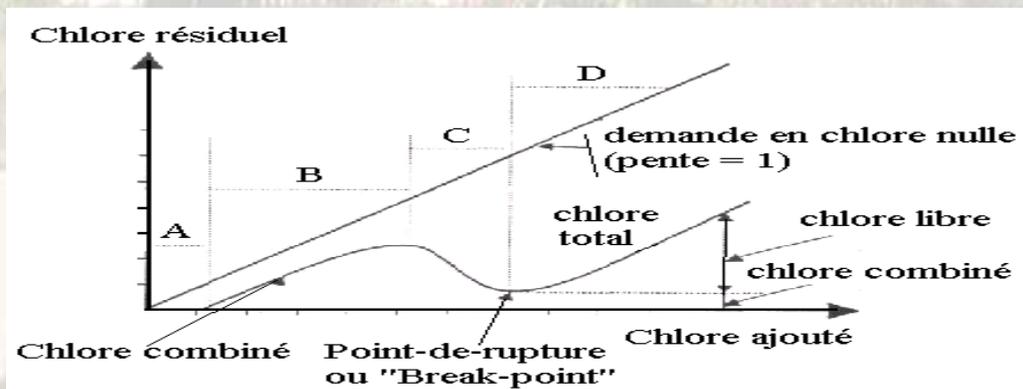
## 2) *Les analyses chimiques :*

### *a) La demande en chlore*

La demande en chlore est la différence entre la quantité de chlore ajouté à l'eau /m<sup>3</sup> 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, "Break-point."

Le chlore résiduel qui désigne le chlore qui demeure en solution après chloration, peut apparaitre sous forme de Cl<sub>2</sub>, HClO et/ou ClO<sup>-</sup>, et il correspond à la somme de ces trois espèces.

## Figure 5 : La 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 former des mono et dichloramines.

**La zone C :** le chlore réagit avec des mono et dichloramines pour former des trichloramines volatiles.

**Break point** ou point de rupture: toutes les matières azotées ont été oxydées et tous les trichloramines sont pratiquement disparues. Le chlore total est égal au chlore résiduel.

**La zone D :** le chlore ajouté reste sous forme de chlore libre.

### *6) Dosage 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.

#### *PROTOCOLE :*

On verse 10ml d'eau de javel (qu'on veut déterminer son degré) dans une fiole de 100ml et on termine jusqu'au trait jauge avec de l'eau distillé.

On introduit 10ml d'eau de javel dilué dans un erlenmeyer et on ajoute 3g de bicarbonate de sodium ( $\text{NaHCO}_3$ ) pour basifier le milieu.

On utilise l'emploi 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 1,12 :

$$\text{Degré chlorométrique} = V_{\text{KI}} \times 1,12$$

**$V_{\text{KI}}$  : en (ml)**

#### *Réactions :*



#### *La réaction globale :*



### *c) Dosage des chlorures (Méthode de MOHR) :*

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , la fin de la réaction est indiquée par l'apparition du teint rouge caractéristique du chromate d'argent ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ).

#### *Mode opératoire :*

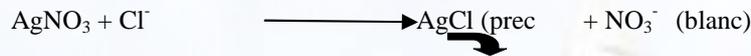
- Introduire 50ml d'eau à analyser dans un bécher.
- Ajouter 2à3 gouttes de bichromates de potassium.

- Verser au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'une teinte rouge brique.

### Réactions :

Les réactions mises en jeu dans ce dosage sont :

L'argent présent dans la solution de nitrates d'argent forme avec le chlorure un précipité blanc selon l'équation :



Lorsque tous les chlorures présents dans la solution sont épuisés, l'argent se combine avec le chromate de potassium pour former un précipité de couleur rouge brique selon l'équation :



### Expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 50ml d'échantillon :

Avec V : la tombée de burette en (ml)

$$[\text{Cl}] = V \cdot 10 \cdot 3,55 \cdot 2$$

en mg/l

## d) Détermination du chlore résiduel :

### Définition :

Au cours de la décontamination microbienne de l'eau, le chlore est présent sous forme d'acide hypochloreux ou d'hypochlorite, ou d'un mélange de deux. Il est exprimé en chlore libre. En présence d'ions ammonium et de produits organiques, il se forme des chloramines qui sont exprimées en composés chlorés. Ces deux formes sont intéressantes à contrôler car leur action désinfectante et leur stabilité sont différentes.

### Principes :

L'utilisation de la méthode de DPD 1 (diéthyl-p-phénylènediamine) permet le dosage du chlore libre, elle peut 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.



Photo 4 : DPD

### Mode opératoire :

L'addition du DPD 1 (diéthyl-p-phénylènediamine) dans de l'eau contenant du chlore résiduel provoque l'apparition d'une coloration rose.

### Expression des résultats :

Le résultat exprimé en mg/l.

## e) Dosage des sulfates (Méthode néphélométrique):

### Principe :

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

**Réactifs :**

- Solution d'acide chlorhydrique au N/10
- Solution de tween 20 à 25%
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :
  - Chlorure de baryum (BaCl<sub>2</sub>.2 H<sub>2</sub>O) ----- 10g
  - Solution de Tween ----- 20ml
  - Eau distillée ----- 100ml
- Solution étalon de sulfate de sodium à 120 mg/l:
  - Sulfate de sodium anhydre ----- 0,1775g
  - Eau distillée ----- 1000ml

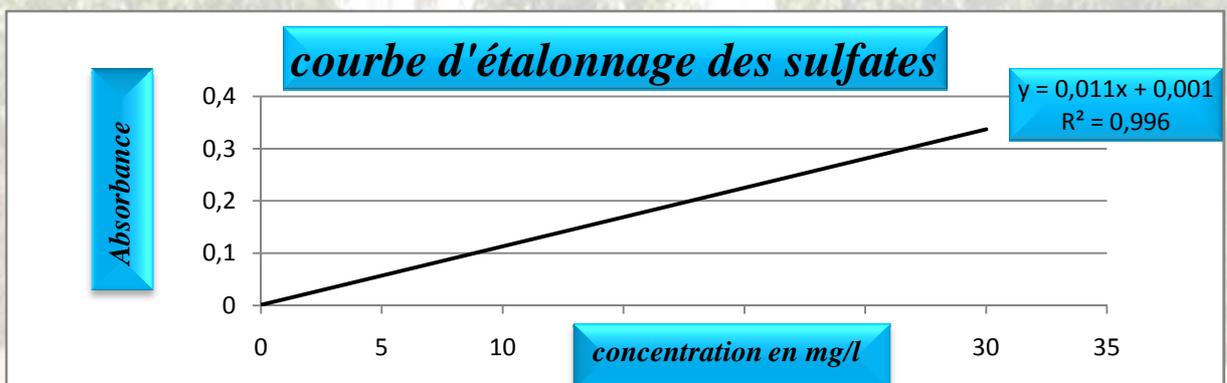
**Mode opératoire :**

**Tableau 4 : Préparation de la gamme d'étalonnage :**

N° des fioles	T	1	2	3	4	5	6
Solution étalon de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (ml)	0	1	3	5	7	9	10
Eau distillée (ml)	39	38	36	34	32	30	29
HCl au 1 /10 (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Solution chlorure de Ba stabilisée (ml)	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	0	3	9	15	21	27	30

➤ Après la préparation de la gamme d'étalonnage le spectrophotomètre reçoit leur donnée, trace la courbe d'étalonnage automatiquement.

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage :**



**Figure 6 : courbe d'étalonnage des sulfates tracé par le spectrophotomètre**

### Tableau 5 : Préparation de l'échantillon à analyser

	Echantillon de Ain Chkef chloré	Echantillon de Ain Chkef brute
Prise d'essai (ml)	100	100
Acide chlorhydrique au 1/10 (ml)	1	1
de la solution de baryum + Tween 20 (ml)	5	5

Agiter énergétiquement et laisser reposer 15min. Agiter de nouveau et faire la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde égal 650 nm.

**NB :** ce spectrophotomètre est plus sophistiqué parce qu'il est caractérisé par:

- La Réception de la gamme d'étalonnage ;
- le Traçage automatique de la courbe d'étalonnage de la concentration des étalons en fonction de l'absorbance ;
- l'affichage de la concentration en analyte recherché en (mg/l).
  - Grâce à ce nouvel appareil le personnel de laboratoire effectue facilement tous les dosages que ce soit celui de nitrate, nitrite, ou bien d'ammonium de la même manière que ce du sulfate indiqué ci-dessus.



Photo 5: Spectrophotomètre

#### **f) Dosage des nitrites :**

**Méthode au réactif de ZAMBELLI (Méthode colorimétrique) :**

Le réactif de Zambelli est constitué par : l'acide sulfanilique, l'acide chlorhydrique, chlorure d'ammonium et de phénol.

Ce réactif forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

#### **Principe :**

L'acide sulfanilique en milieu chlorhydrique et en présence d'ions  $\text{NH}_4^+$  et de phénol, forme avec les ions  $\text{NO}_2^-$  un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration  $\text{NO}_2^-$ .

### Réactifs :

- Ammoniac pure (d=0,925)
- Réactif de Zambelli :
  - Acide chlorhydrique pur (d=1,19) -----260ml
  - Acide sulfanilique -----5g
  - Phénol cristallisé -----7,5g
  - Chlorure d'ammonium -----135g
  - Eau distillé -----625mg
- Solution mère étalon de  $\text{NO}_2^-$  à 0,23 g/l :
  - Nitrites de sodium -----0,345g
  - Eau distillée -----1000ml
  - Cette solution se conserve mieux si l'on prend la précaution d'y ajouter 1ml de chloroforme.
- Solution fille étalon d'ion  $\text{NO}_2^-$  à 0,0023 g/l : Ramener 1ml de la solution mère à 100ml avec de l'eau distillée.

### Mode opératoire :

#### Tableau 6 : Préparation de l'échantillon à analyser :

	Echantillon de Ain Chkef chloré	Echantillon de Ain Chkef Brute
La prise d'essai (ml)	50	50
Réactif de Zambelli (ml)	2	2
Agiter et laisser reposer 10min		
Ammoniaque pure (ml)	2	2

- Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 435 nm.

#### *Les réactions mises en jeu :*



#### *g) Dosage des nitrates (Méthode au salicylate de sodium) :*

Ils proviennent de la minéralisation de la matière organique : engrais azotés, résidus animaux, eaux usées domestiques et les stations d'épuration.

#### *Principe :*

En présence de salicylate de sodium, les nitrates  $\text{NO}_3^-$  donnent de paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

#### *Réactifs :*

- Solution étalon d'azote nitrique à 0,1 g/l :
  - Nitrate de potassium anhydre  $\text{KNO}_3$  -----0,0722g
  - Eau distillée -----100ml
  - Chloroforme (pour conserver) -----1ml

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 0,005g/l
- Solution de salicylate de sodium à 0,5%
- Acide sulfurique concentré
- Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium :
  - Hydroxyde de sodium -----40g
  - Tartrate double de Na et de K -----6g
  - Eau distillée -----100ml

*Mode opératoire :*



***Photo 6 : la gamme d'étalonnage des nitrates***

***Tableau 7 : Préparation de l'échantillon à analyser :***

	Echantillon de Ain chkef chloré	Echantillon de Ain Chkef Brute
Prise d'essai (ml)	10	10
Evaporer à sec jusqu'à 80°C		
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentré (ml)	2	2
Attendre 10 min		
Eau distillée (ml)	15	15
Tartrate double et NaOH (ml)	15	15
Apparition de la coloration jaune		

➤ Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm.

***Expression des résultats :***

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimé en mg/l. pour obtenir la teneur en nitrate, multiplier ce résultats par 4,43

***h) Dosage de l'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Méthode au bleu d'indophénol) :***





### *Expression des résultats :*

Pour une prise d'essai de 20ml, la courbe donne directement la teneur en ion  $NH_4^+$  exprimé en mg/l.

### *i) Détermination de l'oxydabilité au $KMnO_4$ :*

L'indice permanganate d'une eau est la concentration en masse d' $O_2$  en relation avec la quantité d'ion permanganate consommé par un échantillon d'eau, dans des conditions définies.

#### *Principes :*

Il correspond à une mesure conventionnelle pour évaluer la contamination d'un échantillon, d'eau faiblement chargée en matière organique.

L'oxydation chimique des matières organiques est effectuée par le permanganate de potassium à chaud ou à froid.

#### *Méthode à chaud :*



***Photo 8 : Dosage de  $KMnO_4$***

L'eau est portée à ébullition en présence d'une solution diluée de  $KMnO_4$  dont l'excès est dosé après 10min exactement d'ébullition par le sel de MOHR.

#### *Réactifs :*

- Solution de  $KMnO_4$  (N/80) =  $[M(KMnO_4)/400(n*80)]$     **n : nombre d'électron**
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium à 25g/l
- Solution d'acide sulfurique au 1/2 en volume

#### *Remarque*

- (1ml  $KMnO_4$  correspond à 0,1 mg d' $O_2$ )

#### *Mode opératoire :*

- Mettre dans un ballon de 250ml :
  - 100ml d'eau à analyser
  - Ajouter 10ml de  $H_2SO_4$  au 1/2
  - Porter à l'ébullition
  - Ajouter 50ml de  $KMnO_4$  N/80 et maintenir l'ébullition pendant 10 min exactement.
  - Refroidir rapidement
  - Décolorer franchement par la solution de sulfate de fer et d'ammonium
  - Titrer ensuite l'excès du réactif par  $KMnO_4$  N/80.

**NB : réaliser le même dosage sur un témoin (l'eau distillée)**

#### *Expression des résultats :*

L'indice de permanganate de l'eau égal :

$$I = [Tb (\text{échantillon}) - Tb (\text{témoin})] * 0,1$$

Avec : Tb (éch) : volume de  $KMnO_4$  consommé par l'essai (titrage) en (ml).

Tb (témoin) : volume de  $KMnO_4$  consommé par l'essai à blanc en (ml).

## V. *Caractéristiques Microbiologiques*

### 1) *Objectif :*

L'objectif de l'analyse bactériologique est de rechercher les espèces qui sont susceptibles d'être pathogènes et qui représentent la cause la plus fréquente de non potabilité de l'eau.

Donc, il est indispensable de toujours contrôler la qualité de l'eau après son traitement et avant sa consommation parce que ce dernier peut être défaillant ou que la qualité de l'eau peut s'altérer avant son arrivée au robinet du consommateur.

### 2) *Les germes recherchés :*

Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries suivantes :

- Germes revivifiables (aérobies)
- Coliformes totaux
- Coliformes fécaux
- Entérocoques intestinaux
- Clostridia (anaérobies)

### 3) *La méthode utilisée :*

La méthode est normalisée pour effectuer la recherche des coliformes et les streptocoques thermo tolérants.

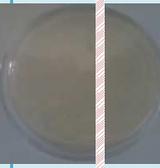
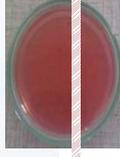
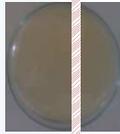
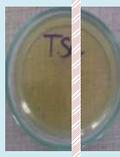
- *La filtration sur membrane :*

C'est la technique utilisée au laboratoire. L'intérêt de la filtration sur membrane est l'utilisation d'un volume plus important pour définir la concentration et diversification des bactéries présentes sur un filtre en ester de cellulose, de porosité  $0,45 \mu m$  susceptible de retenir les bactéries et avec un quadrillage en surface facilite le dénombrement bactérien. Ce filtre sera par la suite mis en culture dans un milieu approprié.

Ci-dessous le tableau représentatif des méthodes utilisés :

***Tableau 9 : les méthodes d'analyse microbiologique***

<b>Bactéries</b>	<b>Milieu de culture</b>	<b>Méthode employée</b>	<b>T° d'incubation</b>	<b>cas de résultat positif</b>	<b>Interprétation</b>	<b>Aspect du milieu</b>
------------------	--------------------------	-------------------------	------------------------	--------------------------------	-----------------------	-------------------------

<b>Bactéries aérobies revivifiables</b> par (ml)	Gélose nutritive	Ensemencement en profondeur (milieu de culture gélosé)	37°C 22°C	Colonies blanches	Pathogènes saprophytes	
<b>Coliformes</b> par 100 (ml)	Endo C	Filtration membrane sur	37 °C	Colonies halo-rouges	Pathogènes	
<b>Coliformes fécaux</b> par 100 (ml)	Tergitol + TTC	Filtration membrane sur	44 °C	Colonies halo-jaunes	Pathogènes	
<b>Entérocoques intestinaux</b> par 100 (ml)	Slanetz	Filtration membrane sur	37°C	Colonies rouges, roses ou marron	Pathogènes	
<b>Clostridia (anaérobies)</b> par 100 (ml)	TSC	Filtration membrane sur	37°C	Colonies noires	Pathogènes, indicateur d'efficacité de traitement (désinfection)	

## *Deuxième partie : Présentation*

*Des*

## *I. La grille de qualité des eaux souterraines :*

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

Elle comporte cinq paramètres : indicateurs de pollution physico-chimique ou bactérienne ces paramètres sont : la conductivité, les ions chlorure, les nitrates, l'ammonium, et les coliformes fécaux.

**Tableau 10 : Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité de l'eau souterraine**

Paramètre	Conductivité	[Cl <sup>-</sup> ]	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	Coliforme
-----------	--------------	--------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------

de Qualité	( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )	( $\text{mg}/\text{l}$ )	( $\text{mg}/\text{l}$ )	( $\text{mg}/\text{l}$ )	fécaux (/100ml)
<b>Excellente</b>	<400	<200	<5	$\leq 0,1$	$\leq 20$
<b>Bonne</b>	400-1300	200-300	5-25	0,1-0,5	20-2000
<b>Moyenne</b>	1300-2700	300-750	25-50	0,5-2	2000-20000
<b>Mauvaise</b>	2700-3000	750-1000	>50	2-8	>20000
<b>Très mauvaise</b>	> 3000	>1000	—	>8	—

## II. Les résultats d'analyses physico-chimiques :

✓ *Présentation*

Tableau 11: Résultats d'analyses physico-chimiques :

Le paramètre physico-chimique	Echantillon Ain Chkef brute	Echantillon Ain Chkef chloré	Normes
T <sub>en</sub> °C	22°C	22°C	Acceptable
pH	7,34	7,15	6,5 < pH < 8,5
Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	713	746	2700
Turbidité en NTU	0,589	0,577	5
Chlorures en $\text{mg}/\text{l}$	78,1	99,4	750
Chlore résiduel en $\text{mg}/\text{l}$	----	0,3	0,1 < chlore résiduel < 1

Sulfates en mg/l	4.64	4.66	400
Nitrates en mg/l	18.38	18.34	50
Nitrites en mg/l	0	0	0,5
Ammonium en mg/l	0	0,01	0,5

### ✓ *Interprétation :*

A la lumière des résultats d'analyse physicochimique et d'après la grille de qualité des eaux souterraines ainsi que les normes Marocains on peut constater qu' :

- Il y'a une différence négligeable entre l'eau de source avant et après chloration.
  - La conductivité est entre 400 et 1300  $\mu\text{s}/\text{cm}$  ce qui explique la présence d'une teneur moyenne en sels.
  - La source a un pH pratiquement neutre donc un titre alcalimétrique nul
  - La valeur de la turbidité est faible ce qui montre la présence d'une faible quantité des matières fine en suspension
  - Une faible teneur de minéralisation enregistrée dans l'eau de source.
  - La présence de l'agent désinfectant le chlore résiduel dans l'échantillon ce qui le protège contre les contaminations bactériennes avant d'arriver aux consommateurs.
  - La quantité d'azote et de ses dérivés est très faible ce qui explique que la source est bien protégée et ne contient pas d'infiltration des engrais ajoutés en agriculture.
  - La qualité organoleptique de la source est excellente que ce soit la fraîcheur du goût ou la vitalité de la saveur et d'odeur.
- **Donc on peut déduire que tous les éléments chimiques de la source Ain Chkef, présentent bien des valeurs inférieures à celles des normes marocaines admissibles**

### *III. Les résultats Microbiologiques :*

#### ✓ *présentation :*



Germes totaux



Germes fécaux

*Photo 9 : Résultats microbiologiques*

✓ *Interprétation :*

D'un point de vue bactériologique, on déduit que :

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 (0/100ml).

➤ **On peut donc confirmer que la source Ain chkef est microbiologiquement saine**

# Conclusion

Le Maroc possède des ressources en eau importantes, mais il faut évaluer la qualité des eaux brutes avant toute une production d'eau potable. D'ou l'objectif de mon stage était de caractériser l'eau de la source Ain Chkef.

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques ont affirmé que cette eau est de qualité bonne à excellente, ce qui implique qu'elle est parfaite pour une production d'eau potable.

Cela indique que cette source est située dans une zone bien protégée contre tous les risques de pollution, loin de toute activité humaine.

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

On peut conclure que la source Ain Chkef est parfaite pour la consommation, elle est douce et bien oxygénée, parfaitement protégée, pauvre de toutes matières en suspension. Malgré ça, la surveillance de la qualité de source reste toujours un protocole essentiel à effectuer pour être sûr de la conformité de l'eau destinée à la consommation.

Ce stage constitue une étape importante dans le parcours de ma formation professionnelle m'offre l'accès au monde de travail pour découvrir, renforcer mon autoformation et développer mon sens d'initiative.

Finalement je tiens à exprimer ma satisfaction d'avoir pu travaillé dans de bonnes conditions matérielles et un environnement agréable.

## Références Bibliographiques

❖ J. RODIER DUNOD, analyse de l'eau.

8<sup>ème</sup> édition. Paris 1996.

❖ [www.eau.com](http://www.eau.com)

❖ [www.radeef.ma](http://www.radeef.ma)

❖ Mémoire fin d'études ER-RAOUI SARA.