



**Licence Sciences et Techniques (LST)**

**Techniques d'analyse chimique et contrôle de qualité**

**TACCQ**

**PROJET DE FIN D'ETUDES**

Surveillance de la qualité des eaux souterraines avant et après chloration

**Présenté par :**

◆ Fatima Zahra Touzani

**Encadré par :**

◆ Mme MEKKOUDI Zahra (Société)  
◆ Pr EL ASRI Mohammed (FST)

**Soutenu Le 11 Juin 2012 devant le jury composé de:**

- Pr CHAKROUNE Saad
- Pr TOUZANI Hanane
- Pr EL ASRI Mohammed

**Stage effectué à RADEEF**

**Année Universitaire 2011 / 2012**

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES FES – SAISS

☐ B.P. 2202 – Route d'Imouzer – FES

■ Ligne Directe : 212 (0)5 35 61 16 86 – Standard : 212 (0)5 35 60 82 14

Site web : <http://www.fst-usmba.ac.ma>

## *REMERCIEMENT*

Au terme de ce projet de fin d'études, je tiens à remercier *Mr N.LAHLOU*, Directeur général de la RADEEF, qui m'a permis d'effectuer ce stage au sein du laboratoire de d'analyse et contrôle de qualité.

J'adresse mes sincères remerciements à *Mr M.EL ASRI* mon professeur et mon encadrant à la FST, pour son aide précieuse, son soutien et sa disponibilité, ainsi pour ces encouragements.

Mes remerciements vont également *Mr S.CHAKROUNE* et *Mme H.TOUZANI* pour avoir accepté de juger mon travail.

Je remercie également mes parents et toute personne qui a participé à l'élaboration de ce travail de près ou de loin.

# Sommaire

➤	<b>Remerciement</b>	
➤	<b>Avant propos:</b>	
	❖ <b>Présentation générale de RADEEF</b> .....	4
	❖ <b>Présentation du laboratoire de la RADEEF</b> .....	5
	❖ <b>Organigramme du laboratoire</b> .....	6
➤	<b>Introduction</b> .....	7
➤	<b>Première partie : Etude Bibliographique</b>	
I.	<b>Introduction sur l'eau</b> .....	9
	1. <b>L'eau et la santé</b> .....	9
	2. <b>Normes de potabilité</b> .....	9
	3. <b>Cycle de l'eau</b> .....	9
	4. <b>Les ressources en eaux</b> .....	10
II.	<b>les eaux de source</b> .....	11
	1. <b>Qualité des eaux souterraines</b> .....	11
	2. <b>Présentations des pollutions présentes dans les eaux souterraines</b> .....	12
	3. <b>Désinfection au chlore</b> .....	12
	4. <b>Comment protéger la ressource</b> .....	13
➤	<b>Deuxième partie : Méthodes d'analyses</b>	
I.	<b>Etude de cas</b> .....	16
II.	<b>Mesure</b> .....	17
III.	<b>Paramètres organoleptiques</b> .....	18
IV.	<b>Paramètres physico-chimiques</b> .....	18
	1. <b>Analyses physiques</b> .....	18
	2. <b>Analyses chimiques</b> ... ..	19
V.	<b>Paramètres Microbiologiques</b> .....	31
➤	<b>Troisième partie : présentation et interprétation des résultats</b>	
I.	<b>Résultats physico-chimiques</b> .....	34
II.	<b>Résultats Microbiologiques</b> .....	35
III.	<b>Interprétation</b> .....	36
➤	<b>Conclusion</b> .....	37
➤	<b>Bibliographie</b> .....	38

# **AVANT PROPOS**

## **Présentation générale de la RADEEF :**

La Régie Autonome intercommunale de Distribution d'Eau et d'Electricité de la wilaya de Fès (RADEEF) est un établissement public à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière, placé sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.

La Régie est 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.

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

- Production propre : Forages et sources exploitées par la RADEEF (24% de la production totale)
- Production ONEP : Forages et eau traitée de oued Sebou (76% eaux de surface et souterraines)
- La régie assure l'alimentation en eau potable des villes et centres suivants : FES, BHALIL, SIDI HRAZEM et BENI SADDEN.

Pour Contrer la pollution générée par les tanneries de Fès, la régie prévoit de généraliser la collecte et le traitement des eaux chromées rejetées par les tanneries non raccordées à la station de **déchromatation** de DOKKARAT : cette installation traite dans une première phase le chrome rejeté par les unités industrielles de DOKKARAT, soit 40% du rejet de la ville FES de cette manière. la deuxième phase du projet assurera le traitement de la totalité du chrome déversé par les tanneries de FES, y compris celles de AIN NOKBI.

La RADEEF s'est engagée dans un vaste programme d'épuration et de dépollution industrielle qui s'articule autour de la réalisation de la Station d'épuration des eaux usées de la ville (Step) avancée à grands pas.

La station devrait permettre :

- ❖ Une diminution de l'ordre de 85 % de la pollution générée par la ville
- ❖ La potabilisation de l'eau au niveau de la prise ONEP
- ❖ L'irrigation immédiatement à l'aval des rejets. Les effluents domestiques et industriels représentent 100 000 m<sup>3</sup> par jour, soit 40 % de la pollution totale du bassin du Sebou.

## Présentation du laboratoire de la RADEEF

Le laboratoire de contrôle et de la surveillance de la qualité d'eau potable de la RADEEF a été créé en 1976 à son siège ; puis a été transféré auprès du réservoir Sud West a coté de la SIMEF en Janvier 1993.

### Activités de laboratoire :

- Contrôle de la qualité de l'eau distribuée dans la région de Fès.
- Contrôle des opérations de nettoyage des réservoirs effectuées par le service d'exploitation du réseau.
- Réalisation d'enquête de qualité de l'eau suite aux réclamations d'abonnées.

En plus des missions de contrôle de la qualité de l'eau. Le personnel du laboratoire est chargé de :

- La préparation de réactifs chimiques et des milieux de culture bactériologique.
- La mise au point et l'étalonnage des appareils de mesure.
- L'établissement des tableaux de bord.
- L'interprétation des résultats.

### La structure de laboratoire de la RADEEF

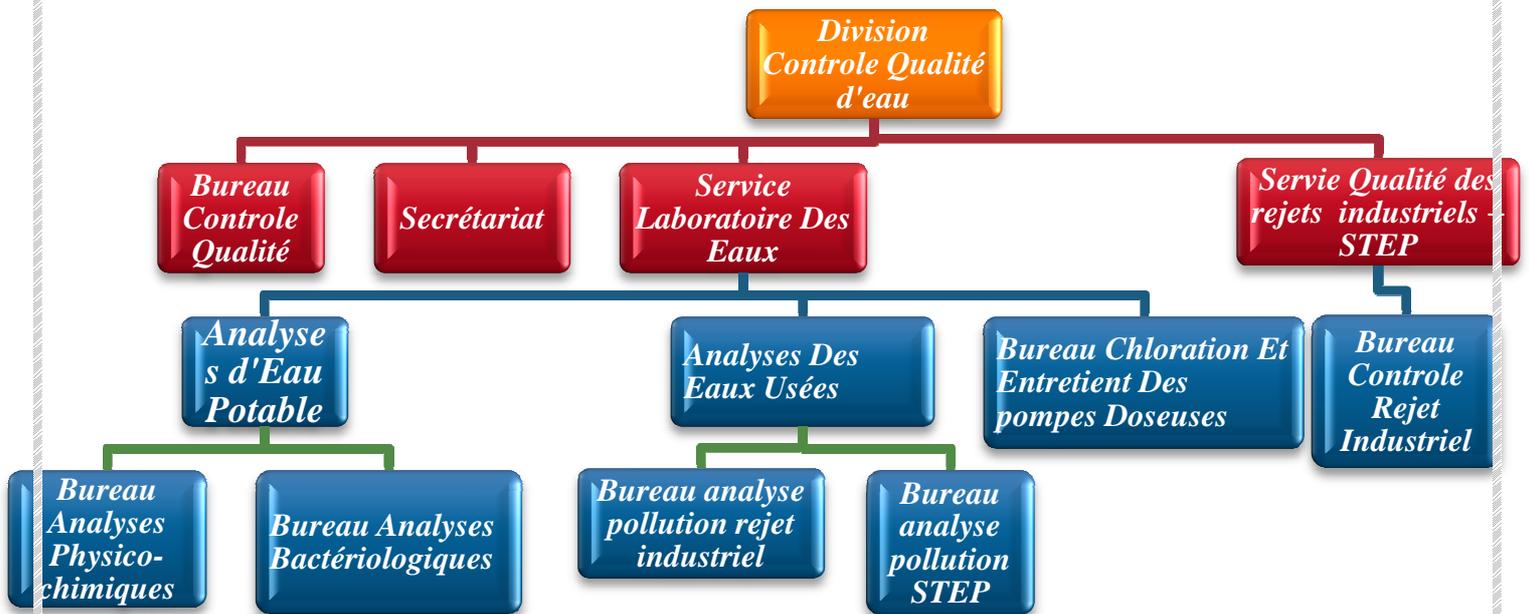
Le laboratoire est composé de deux cellules. Une cellule d'analyses d'autre de compteurs.

#### Cellule d'analyse :

Cette cellule comprend quatre salles :

- Une salle de conservation des produits chimiques nécessaires pour les analyses chimiques et bactériologiques.
- Une salle d'analyse physico-chimique équipée de matériels suivant :  
Turbidimètre, conductimètre, pH-mètre, Balance, Spectrophotomètre, DBO-mètre Ino mètre a électrode Spécifique four a 1100°C, Agitateurs mécaniques et la verrerie nécessaire.
- Une salle d'analyses bactériologiques équipée d'appareil :  
Trois incubateurs a différents thermomètre, deux réfrigérateurs ; four 1100°C, appareil distiller a entraînement par vapeur, hôte d'aspiration, pompe de filtration, bain marie ; une centrifugeuse, une étuve et de la verrerie nécessaire aux analyses 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, appareil Jar test pour les essais de traitement par coagulation, et DOC-mètre.

Organigramme de laboratoire:



## **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. Selon l'OMS, un individu a besoin d'au moins 30 l/jour. Ce besoin est loin d'être satisfait dans tous les pays du monde.

Si disposer d'une eau potable ne pose pratiquement aucun problème dans les pays occidentaux, il constitue un problème majeur qui handicape le développement socioculturel des pays africains. La mise à disposition de l'eau potable au robinet nécessite le captage, le contrôle et la distribution de l'eau potable.

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. Nombres de ces composants ont une origine naturelle en prévenance 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 de 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 dans le but de contrôler la qualité de l'eau, J'ai effectuée des analyses physico-chimiques et bactériologiques sur l'eau souterraine de source AIN Barda.

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

Ce travail se fera autour de trois chapitres :

- le premier chapitre, sera consacré à une étude bibliographique sur la qualité d'eau.
- le deuxième chapitre permettra de présenter le cadre de l'étude et exposera les matériels et les méthodologies du travail effectué au laboratoire de contrôle.
- dans le dernier chapitre, il sera mentionné tous les résultats avec leurs interprétations.

# première partie:

## Etude bibliographique

## **I. Introduction:**

### **1. L'eau et la santé :**

Le lien étroit qui existe entre l'eau et la santé n'est plus à démontrer. Lorsqu'on fournit une eau potable à une population, on améliore considérablement sa 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).

### **2. 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. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est à dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur.

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.

On distingue les normes relatives aux paramètres physico-chimiques et les normes relatives aux paramètres bactériologiques.

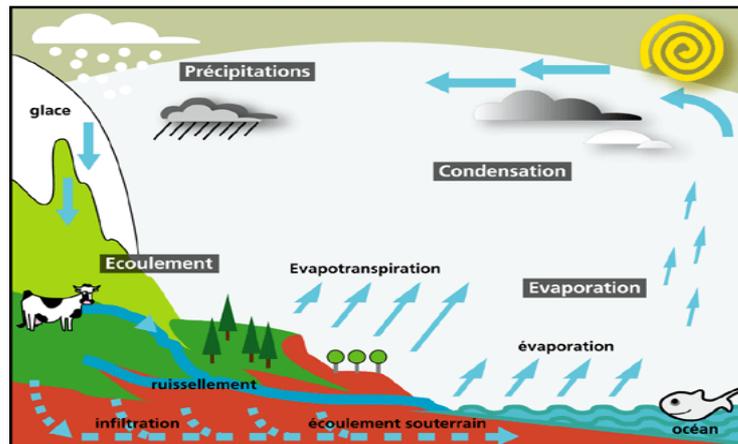
### **3. Cycle de l'eau :**

Sur la terre, l'eau est la seule substance qu'on trouve dans ses trois phases à l'état naturel : solide (glace, neige), liquide (eau liquide) et gazeux (vapeur d'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 en 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 l'eau dans l'atmosphère, sous forme de vapeur d'eau essentiellement,
- une partie terrestre qui concerne l'écoulement de l'eau sur les continents, qu'il soit superficiel ou souterrain.



**Figure 1 : cycle de l'eau**

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.

#### **4. 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.

Concernant les eaux superficielles, la région dispose de plusieurs sources d'une grande importance, dont la plupart ont connu une baisse du débit ces dernières années. Actuellement, environ 20 sont encore actives, avec un débit dépassant les 150 litres par seconde.

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.

## ***II. 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 qu'il est permis de leur appliquer, afin d'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 embouteillées.

### **1. Qualité des eaux souterraines :**

Lors de son infiltration dans le sol ainsi que durant tout son séjour dans le réservoir souterrain, l'eau va se charger d'éléments minéraux ou organiques.

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.

### **2. Présentations des pollutions présentes dans les eaux souterraines :**

#### ***❖ 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 liée à l'évacuation des déchets d'une manière **directe** (système privé d'évacuation des déchets d'eaux d'égout, élimination des déchets solides, retenu d'eau usagée, formation de saumures dû à certaines industries de pétrole, élimination des eaux usées, les déchets radioactifs) ou de manière **indirecte** (accidents, certaines activités agricoles, pluies acides, mauvais entretien des puits, sel de route...).

❖ **Principaux types de contaminations :**➤ **Contamination d'origine humaine :****Tableau 1 : causes et conséquences des contaminants d'origine humaine**

	<b>Origine</b>	<b>Conséquence</b>
<b>Les matières organiques fermentescibles (MOF)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ces matières organiques (déjections 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>• constituent, de loin, la première cause de pollution des ressources en eaux.</li> <li>• La première conséquence de cette pollution réside dans l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets bien compréhensibles sur la survie de la faune.</li> </ul>
<b>Les éléments minéraux nutritifs (nitrates et phosphates)</b> 	<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>• Ils posent en effet des problèmes, tant au niveau de la dégradation de l'environnement résultant d'un envahissement par les végétaux (eutrophisation...), que des complications qu'ils engendrent lors de la production de l'eau potable.</li> </ul>
<b>Les métaux lourds (mercure, cuivre, cadmium, etc.)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• l'activité 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 (pour des raisons de refroidissement de processor, de transport) y ont rejeté 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 (algues, poisson, etc.) pourrait avoir des effets plus ou moins graves sur la santé humaine.</li> </ul>
<b>La pollution des eaux par les composés organiques de synthèse (produits phytosanitaires)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ce genre de pollution s'est accru au cours des dernières décennies, notamment sous l'effet du développement de l'activité agricole.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La présence de concentrations trop élevées de pesticides dans certaines ressources complique, comme dans le cas des nitrates, les processus de production de l'eau potable.</li> <li>• Par ailleurs, ces substances peuvent s'accumuler au fil de la chaîne alimentaire.</li> </ul>
<b>Les hydrocarbures</b> 	<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>

### ➤ 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.

### 3. Désinfection au chlore

Le chlore est l'un des désinfectants les plus utilisés. Il est facilement applicable et très efficace contre la désactivation des microorganismes pathogènes. Le chlore peut être facilement appliqué, mesuré et contrôlé. Il est assez persistant et relativement bon marché.

#### • Utilisation du chlore :

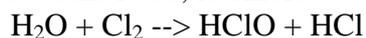
Il est généralement utilisé :

- 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

C'est le réactif le plus utilisé pour assurer la désinfection des eaux. 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 :

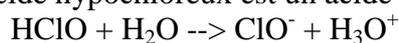


Tableau 2 : L'acide formé en fonction du pH

<i>pH&lt;2</i>	<i>2&lt;pH&lt;5</i>	<i>5&lt;pH&lt;9</i>	<i>pH&lt;9</i>
<i>le chlore est sous forme moléculaire CL<sub>2</sub> dissoute</i>	<i>Un équilibre se crée entre la forme CL<sub>2</sub> et HOCL</i>	<i>Un équilibre se crée entre la forme HOCL et OCL<sup>-</sup> (ion hypochlorite)</i>	<i>le chlore se trouve sous la forme unique OCL<sup>-</sup></i>

### 4. Comment protéger la ressource ?

L'activité de l'homme depuis un peu plus d'un siècle et demi génère un nombre croissant de produits nuisibles et toxiques qui peuvent, si rien n'est fait, atteindre les ressources en eau et les dégrader en les polluant. Face à ce danger, la prévention est évidemment la meilleure façon d'empêcher la détérioration de la qualité des eaux souterraines et d'éviter la contamination des ouvrages de captages. Pour ce faire, il importe de répertorier les zones de recharges de la nappe souterraine, les

sources potentielle de contamination, et de déterminer la nature des contaminants et leur temps de migration. En fonction des conditions géologiques et hydrogéologiques, des périmètres de protections peuvent être établis et les usages du sol devraient y être restreints notamment aux endroits où les nappes captées sont les plus vulnérables.

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



*Figure 2: les périmètres de protection de la zone de captage d'eau*

❖ 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.

# Deuxième partie:

## Méthodes d'analyses



## I. Etude de cas :

Cette étude a pour but d'établir une description de la qualité de la source souterraines AIN Barda avant et après chloration, ainsi que le mode d'analyse appliqué au laboratoire pour définir cette qualité.

### 1) Définition et situation géographique de source AIN Barda :



**Figure 3 : contexte local de la source AIN Barda**

La source Ain Barda est une source souterraine de la région Fès, située à Sidi Harazm, celle-ci se trouvant à environ 30 Km à l'EST, son volume total pompé en (m<sup>3</sup>) pour l'année 2011 égal à 446 279, elle alimente après chloration, la région Sidi Hrazam et Skhinat .

### **III. Mesures :**

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 :**



**Photo 1 : Analyse de la qualité de l'eau sur le terrain**

La température, le pH, la conductivité, l'alcalinité et l'oxygène dissous, chlore résiduel 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. Ils sont conservés dans une glacière (2 à 4°C) jusqu'au moment de l'analyse.

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 flaconnage 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.

## IV. Analyses des paramètres organoleptiques :

Ces paramètres concernent la couleur, la saveur et l'odeur de l'eau. Cependant 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	<i>Dans l'eau, diverses molécules sont responsables des odeurs. Elles proviennent essentiellement de la dégradation des composés azotés ou soufrés,</i>
La couleur	<i>La couleur de l'eau peut provenir de substances minérales comme le fer ou le manganèse et/ou de substances organiques.</i>
La saveur	<i>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.</i>

## IV. Analyse des paramètres physico-chimiques :

### 1. les analyses physiques :

#### ➤ **TEMPERATURE :**

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°) doit être sur place au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre.

#### ➤ **Test du pH :**

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

La nature de la mesure effectuée au laboratoire est électrométrie 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 en fonction linéaire du pH de celle-ci.



**Photo 2 : PH-mètre**

### ➤ Conductivité :

Mesurer la conductivité électrique de l'eau, c'est-à-dire 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 → qualité excellente.
- 400 à 750 → bonne qualité.
- 750 à 1500 → qualité médiocre mais eau utilisable.
- 1500 → minéralisation excessive.

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



Photo 3 : 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 néphélométrie 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 (Néphélométric Turbidity Unit).



Photo 4 : Turbidimètre.

## 2. Les analyses chimiques :

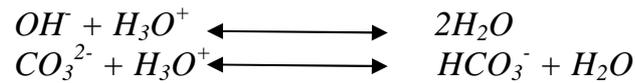
### *2.1. Détermination de l'Alcalinité de l'eau :*

#### Définition :

Généralement l'alcalinité est due à la présence des ions ; carbonates  $\text{CO}_3^{2-}$ , bicarbonates  $\text{HCO}_3^-$  et Hydroxydes  $\text{OH}^-$ .

**TA** : Le titre alcalimétrique (TA) correspond à la neutralisation de la totalité des ions hydroxydes  $\text{OH}^-$  et à la transformation de la moitié des ions carbonates en hydrogénocarbonates par un acide fort.

En présence de phénophtaléine à un pH sup 8.3, on fait un dosage par une solution d'un acide fort  $H_2SO_4$ , on va donc avoir :



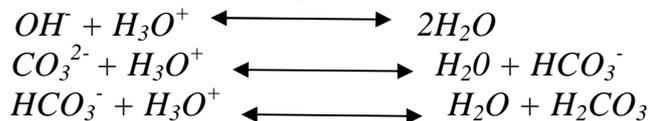
A ce niveau, on peut mesurer donc les ions  $OH^-$  et les ions  $CO_3^{2-}$  qui correspond au titre alcalimétrique (TA) mais lorsque le  $PH < 8.3$ , le titre alcalimétrique TA est nul.

$$TA = [OH^-] + 1/2 [CO_3^{2-}]$$

**TAC** : correspond à la neutralisation de la totalité des ions hydroxydes, carbonates et hydrogénocarbonates par un acide fort.

$$TAC = [OH^-] + [CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$$

En présence de l'indicateur mixte, on aura les réactions suivantes :



### Mode opératoire :

- Mettre dans un erlenmeyer 50ml d'échantillon
- Ajouter 3gouttes de l'indicateur I M on aura une coloration bleue
- Titrer avec  $H_2SO_4$  (N/50) jusqu'à la zone de virage rose clair.
- Noter le volume versé.

### Expression des résultats :

Pour une prise d'essai de 50ml on a :

$$TAC = Tb * 2$$

Avec Tb :( tombé de burette) le volume de la solution  $H_2SO_4$  en ml, Le résultat exprimé en °F.

## 2.2. Détermination de La Dureté Totale THT:

Le THT : Le titre hydrotimétrique total correspond à la totalité des sels de calcium et de magnésium.

### Principe :

La mesure de la teneur des cations  $Mg^{2+}$  et  $Ca^{2+}$  effectuée par la méthode complexométrique (EDTA) en présence d'une solution tampon et d'un indicateur coloré (NET)

### Mode opératoire

- Introduire 50ml d'eau à analyser dans un erlenmeyer.
- Ajouter 5ml de la solution tampon.
- Ajouter quelques gouttes de l'indicateur coloré (NET à 0,5%)
- On fait le dosage par la solution d'EDTA ( N /50)

**Expression du résultat :**

Pour une prise d'essai de 50ml on a :

$$THT = T_b * 2$$

Avec  $T_b$  : le volume de la solution d'EDTA (N/50) en ml, le résultat exprimé en °F

**Interprétation des résultats :****Tableau 4 : Interprétation des résultats de la dureté**

Type d'eau	Concentration (°F)
Très douce	0-7
Douce	7-14
Moyennement dure	14- 22
Assez dure	22 – 32
dure	32- 42
Très dure	>42

**Remarque :**

Solution tampon : permet de fixer le pH durant tout le dosage et empêche la précipitation de magnésium.

**2.3. 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  $K_2CrO_4$ , la fin de la réaction est indiquée par l'apparition du teint rouge caractéristique du chromate d'argent ( $Ag_2CrO_4$ ).

**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 nitrate d'argent forme avec le chlorure un précipité blanc selon l'équation :



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

**Expression des résultats :**

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

$$[CL] = V * 10 * 3,55 * 2 \text{ en mg/l}$$

Avec V : la tombée de burette en ml.

## 2.4. Détermination du chlore résiduel :

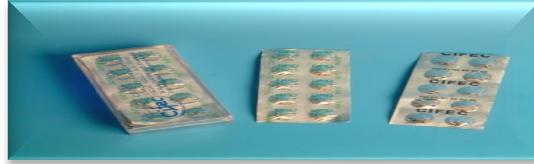


Photo 5 : DPD

### 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 de doser 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.

### 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.

## 2.5. 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.

### Principe :

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 6 : dosage de  $KMnO_4$  à chaud

L'eau est portée à ébullition en présence d'une solution diluée de  $\text{KMnO}_4$  dont l'excès est dosé après 10 min exactement d'ébullition par le sel de MOHR.

**Réactifs :**

- Solution de  $\text{KMnO}_4$  (N/80) =  $[\text{M}(\text{KMnO}_4)/400(n \cdot 80)]$  avec n : le nombre d'électrons
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium à 25g/l
- Solution d'acide sulfurique au 1/2 en volume

**Remarque**

- (1ml  $\text{KMnO}_4$  correspond à 0,1 mg d' $\text{O}_2$ )

**Mode opératoire :**

Mettre dans un ballon de 250ml :

- 100ml d'eau à analyser
- Ajouter 10ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  au 1/2
- Porter à l'ébullition
- Ajouter 50ml de  $\text{KMnO}_4$  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  $\text{KMnO}_4$  N/80.

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

**Expression des résultats :**

L'indice de permanganate de l'eau égal :

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

Avec **Tb (échantillon)** : volume de  $\text{KMnO}_4$  en ml consommé par l'essai (titrage).

**Tb (témoin)** : volume de  $\text{KMnO}_4$  en ml consommé par l'essai à blanc.

**Remarque :**

Si l'oxydabilité dépasse 3,5 mg/l on refait le dosage en diluant l'échantillon.

***2.6. Dosage de l'oxygène dissous (Méthode de Winkler) :***



**Photo 7 : fixation d'oxygène dans l'échantillon**

La méthode de Winkler est sensible à un certain nombre d'interférences. Elle n'est pas applicable que si l'eau ne contient pas de substances réductrices ou oxydantes telles que des quantités importantes de fer ferreux ou ferrique, nitrates ou chlore libre.

Pour les prélèvements, prendre toutes les précautions utiles pour éviter les échanges avec l'oxygène de l'air.

**Principe :**

Précipitation dans l'eau de hydroxyde de manganèse  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  qui absorbe complètement l'oxygène présent pour former de l'hydroxyde manganique  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ . Celui-ci sous l'action de l'acide chlorhydrique, donne du chlorure manganique  $\text{MnCl}_2$  qui libère l'iode  $\text{I}_2$  en iodure de potassium KI.

**Réactifs :**

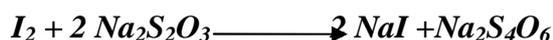
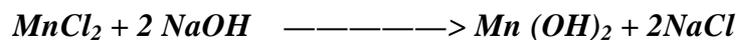
- Solution de soude et d'iodure de potassium (NaOH + KI)
  - Iodure de potassium -----15g
  - Soude pur -----35g
  - Eau distillée -----1000ml

Dissoudre KI et NaOH dans un petit volume d'eau, refroidir et ajuster à 100ml.

- Solution de chlorure de manganèse( $MnCl_2$ )
  - Chlorure de manganèse -----430g
  - Eau distillée -----1000ml
- Acide chlorhydrique concentré
- Solution de thiosulfate de sodium (N/10)
  - Thiosulfate de sodium -----24,8g
  - Eau distillée -----1000ml
- Empois d'amidon (1%).

**Mode opératoire :**

- Remplir complètement d'eau à analyser, un flacon de 286,19 ml muni d'un bouchon bien rodé.
- Laisser l'eau s'écouler pendant un certain temps en évitant la rentrée des bulles d'airs.
- Introduire 1 ml de mélange soude-iodure de potassium (NaOH+ KI)
- Ajouter 1ml de solution de chlorure de manganèse ( $MnCl_2$ ).
- Boucher soigneusement le flacon sans faire entrer de bulles d'air.
- Retourner vivement le flacon à plusieurs reprises et laisser déposer le précipité floconneux de  $Mn(OH)_2$ .
- Lorsque la partie supérieure du liquide s'est complètement clarifiée, faire couler au fond du flacon 2,5 ml de HCl.refermer et agiter.
- Transvaser avec soin une prise d'essai de 100ml dans un erlenmeyer.
- Ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon et titrer avec la solution de thiosulfate de sodium  $Na_2S_2O_3$  (N/10) jusqu'à la décoloration complète.

**Les réactions mises en jeu :****Expression des résultats :**

La teneur en oxygène dissous, exprimée en mg d' $O_2$ /l, est donnée par l'expression :

$$T(O_2) = (8000 * N * V_1 * Tb) / V (V_1 - 2)$$

Avec Tb : le nombre de  $Na_2S_2O_3$  utilisée

N : la normalité exacte de  $Na_2S_2O_3$  utilisée

$V_1$  : la capacité du flacon

$V$  : partie aliquote prélevée par le dosage

( $V_1-2$ ) volume corrigé, tenant compte de l'addition des 2 premiers réactifs.

## 2.7. Dosage des sulfates $SO_4^{2-}$ (Méthode néphélométrique) :

### 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.

### Réactifs :

- Solution d'acide chlorhydrique au N/10
- Solution de tween 20 à 25%
- Solution de chlorure de baryum stabilisée :
  - Chlorure de baryum ( $BaCl_2 \cdot 2 H_2O$ )-----10g
  - Solution de Tween -----20ml
  - Eau distillée -----100ml
- Solution étalon de sulfate de sodium à 120 mg/l de  $SO_4^{2-}$  :
  - Sulfate de sodium anhydre -----0,1775g
  - Eau distillée -----1000ml

### Mode opératoire :

#### ❖ Tableau 5 : Préparation de la gamme d'étalonnage des sulfates :

N° des fioles	T	1	2	3	4	5	6
Solution étalon de $SO_4^{2-}$ (ml)	0	1	3	5	7	9	10
E.D (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 en mg/l de $SO_4^{2-}$	0	3	9	15	21	27	30

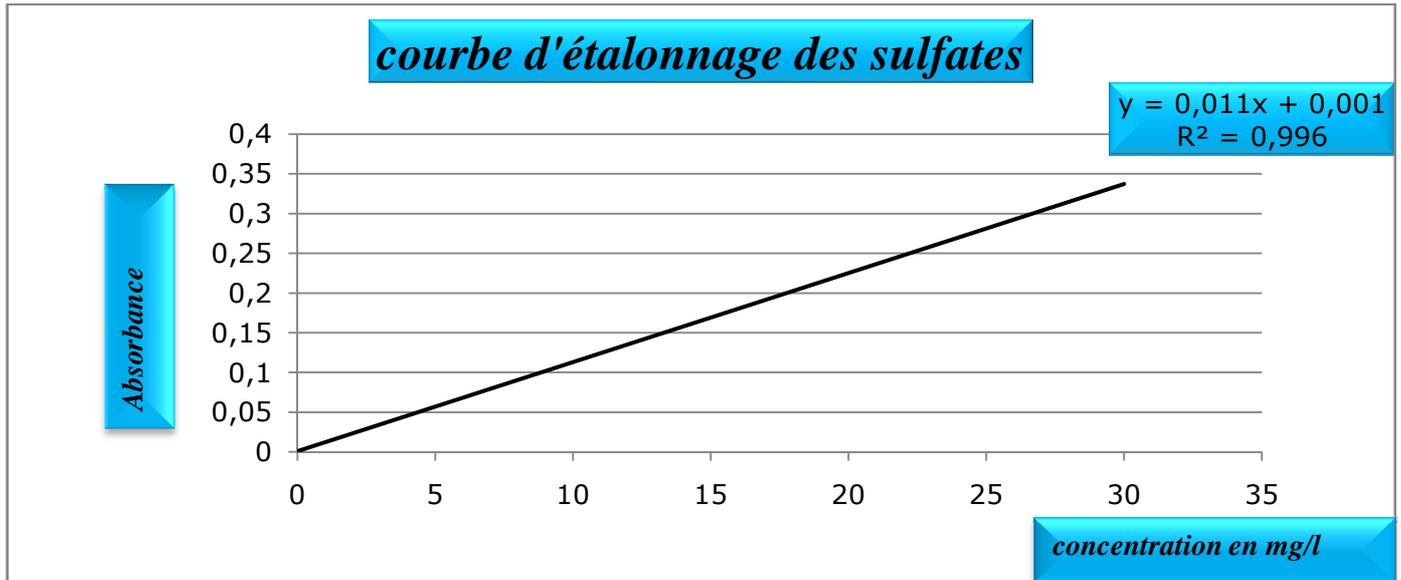
#### ❖ Tableau 6 : Préparation de l'échantillon à analyser :

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

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

### Expression des résultats :

La courbe d'étalonnage donne directement la concentration du sulfate en mg/l

Etablissement de la courbe d'étalonnage :Figure 4 : courbe d'étalonnage des sulfates**2.8. 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.

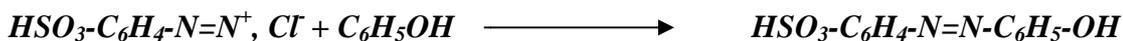
**Mode opératoire :**❖ **Tableau 7 : Préparation de la gamme d'étalonnage des nitrites :**

N° des fioles	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0,0023g/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	1	5	10	15	20
E.D (ml)	20	19	15	10	5	0
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2
Attendre 10 min et ajouter						
Ammoniaque pur (ml)	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0	0,046	0,23	0,46	0,69	0,92

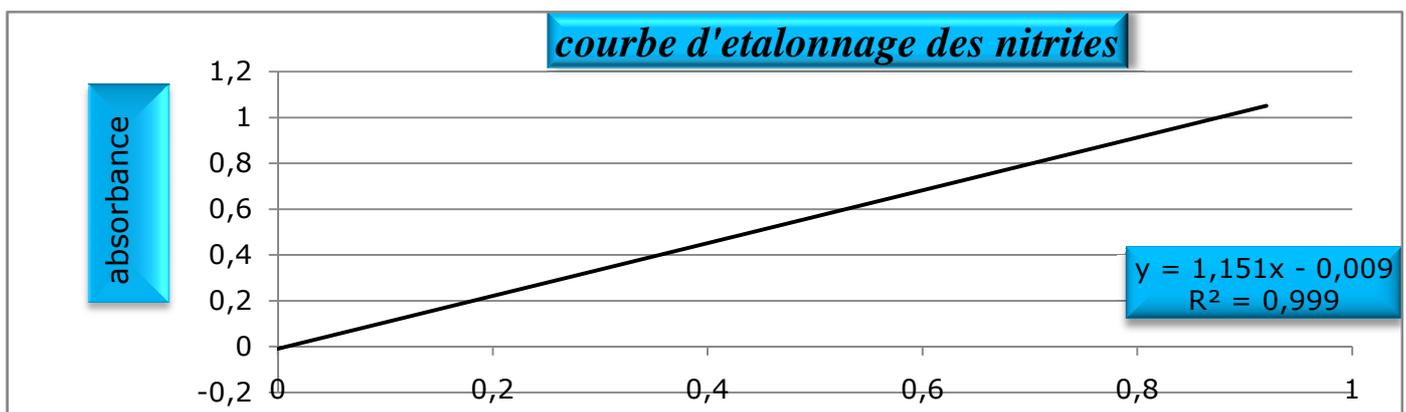
❖ **Tableau 8: Préparation de l'échantillon à analyser :**

	Echantillon de AIN Barda chloré	Echantillon de AIN Barda 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 :****Expression des résultats :**

La courbe d'étalonnage donne directement la teneur en nitrite en mg/l

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

**Figure 5 : courbe d'étalonnage des nitrites**

## 2.9. 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 susceptibles d'un dosage spectrophotométrie.

### 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 8 : la gamme d'étalonnage des nitrates

### ❖ Tableau9 : Préparation de la gamme d'étalonnage :

N° des fioles	T	1	2	3	4
Solution fille d'azote nitrique à 0,005g/l (ml)	0	1	2	5	10
Eau distillée (ml)	10	9	8	5	0
salicylate de sodium à 0,5% (ml)	1	1	1	1	1
<i>Evaporer à sec à 80°C</i>					
$\text{H}_2\text{SO}_4$ concentré (ml)	2	2	2	2	2
<i>Attendre 10 min</i>					
Eau distillée	15	15	15	15	15
Tartrate double et NaOH (ml)	15	15	15	15	15
Correspondance en mg/l en azote nitrique de $\text{NO}_3^-$	0	0,5	1	2,5	5

❖ Tableau 10 : Préparation de l'échantillon à analyser :

	Echantillon de AIN Barda chloré	Echantillon de AIN Barda 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

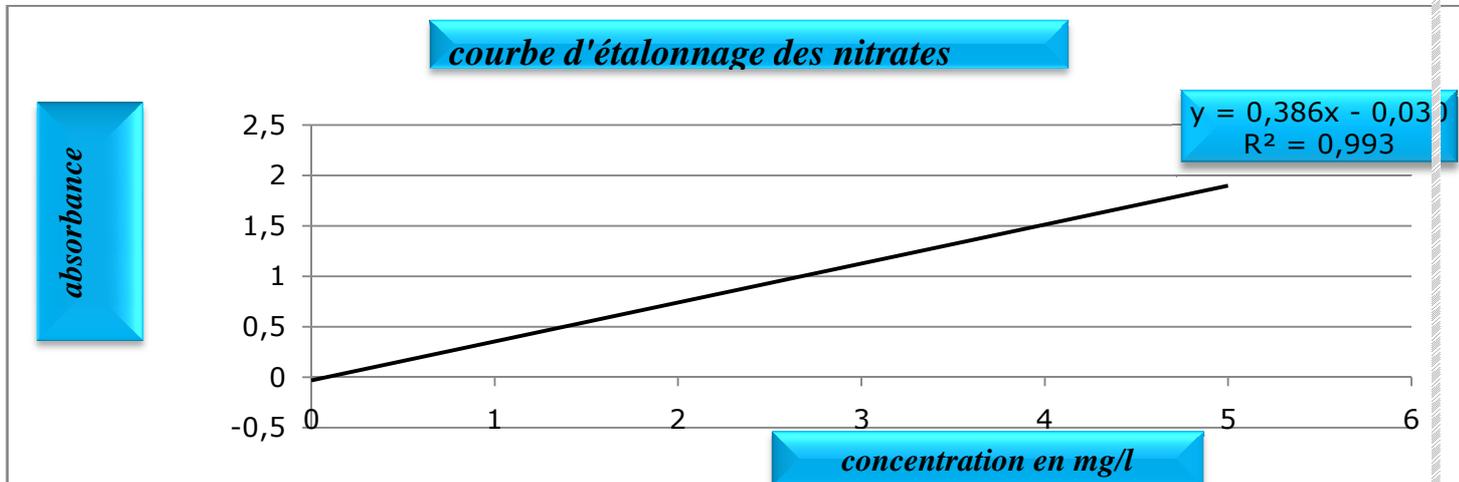
Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Figure 6 : courbe d'étalonnage des nitrates

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

C'est un bon indice de contamination organique et bactériologique.

Principe :

En milieu alcalin et en présence de nitroprusiate qui agit comme catalyseur, les ions NH<sub>4</sub><sup>+</sup> traités par une solution du chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage colorimétrique.

Réactifs :

- Solution chlorée :
  - Hydroxyde de sodium -----2g
  - Citrate tri sodique -----38g
  - Acide dichlorocyanurique -----0,4g
  - Eau distillée -----100ml
- Solution de nitroprusiate de Na<sup>+</sup> et de phénol :
  - Phénol ----- 3,5 g

**Projet de fin d'étude**

**TACQ**

- Nitroprusiate de sodium ----- 0,04g
- eau distillée ----- 100ml
- solution mère étalon à 0,1 g/l de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>
- solution fille étalon à 0,001 g/l de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

**Mode opératoire :**



**Photo 9 : la gamme d'étalonnage de l'ammonium**

**❖ Tableau 11 : Préparation de la gamme d'étalonnage :**

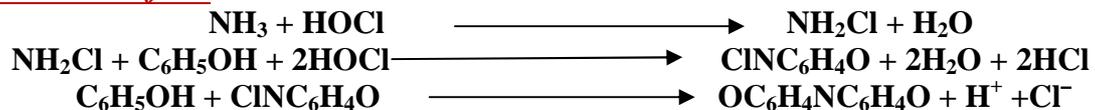
N° des fioles	T	1	2	3	4	5	6
Solution fille d'ammonium à 0,001 g/l (ml)	0	1	2	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	20	19	18	15	10	5	0
Solution de nitroprusiate de sodium et de phénol (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Solution chlorée (ml)	1	1	1	1	1	1	1
Correspondance en mg/l	0	0,05	0,1	0,25	0,5	0,75	1,2

**❖ Tableau 12 : Préparation de l'échantillon à analyser :**

	Echantillon de AIN Barda chloré	Echantillon de sidi Hrazem Brute
Prise d'essai (ml)	20	20
Solution de nitroprusiate de sodium et de phénol (ml)	1	1
Solution chlorée (ml)	1	1

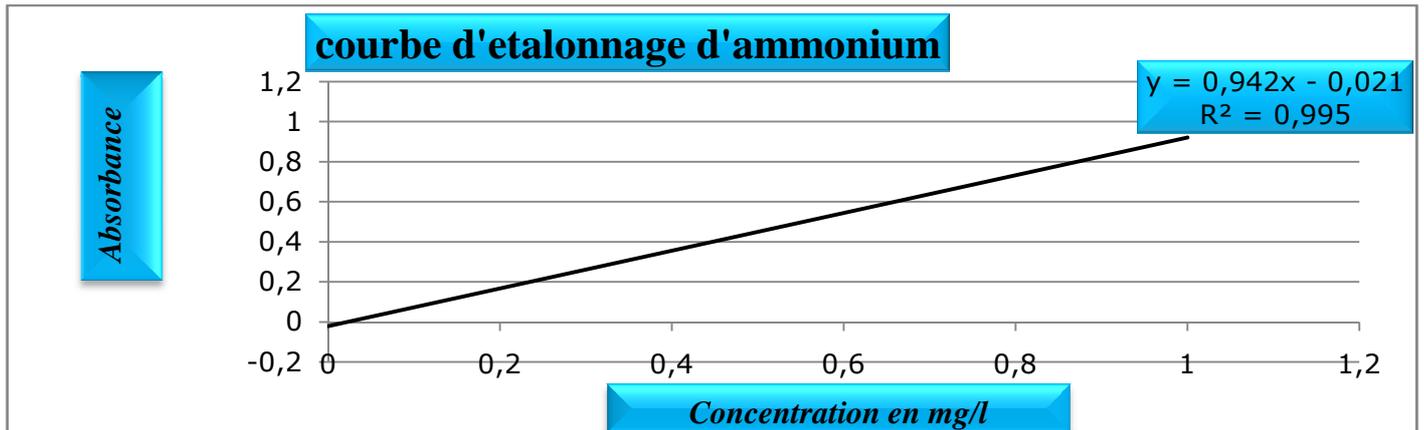
- Agiter et placer les fioles à l'obscurité pendant 6heures au moins.
- Effectuer les lectures au spectromètre à 630nm.

**Les réactions mises en jeu :**



**Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 20ml, la courbe donne directement la teneur en ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup> exprimé en mg/l.

Etablissement de la courbe d'étalonnage :Figure 7 : courbe d'étalonnage d'ammonium**V. Paramètres Microbiologiques :**Généralité :

L'eau ne doit contenir ni parasite, ni virus, ni bactérie pathogène. La qualité microbiologique est évaluée lors des contrôles analytiques réglementaires, par la recherche de bactéries, principalement des germes témoins de contamination fécale. La présence de ces bactéries dans l'eau a pour origine une pollution de la ressource, un dysfonctionnement du traitement de potabilisation.

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.

Les germes recherchés :

Le dénombrement bactérien consiste à rechercher des bactéries suivantes :

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

La méthode utilisée :

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

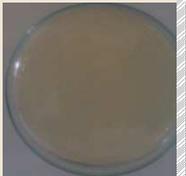
La filtration sur membrane :

Les membranes d'ultrafiltration constituent une barrière physique pour toutes les particules en suspension (turbidité), les bactéries et les parasites. 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 µm 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.

**Tableau représentatif des méthodes utilisées :**

**Tableau 13 : les méthodes d'analyse Microbiologique**

Bactéries	Milieu de culture	Méthode employée	T° d'incubation	cas de résultat positif	Interprétation	Aspect du milieu
Germes revivifiables (aérobies) par (ml)	Gélose nutritive	Ensemencement en profondeur (milieu de culture gélosé)	37°C 22°C	Colonies blanches	Pathogènes saprophytes	
Coliformes par 100 (ml)	Endo C	Filtration sur membrane	37 °C	Colonies halo-rouges	Pathogènes	
Coliformes fécaux par 100 (ml)	Tergitol + TTC	Filtration sur membrane	44 °C	Colonies halo-jaunes	Pathogènes	
Entérocoques intestinaux par 100 (ml)	Slanetz	Filtration sur membrane	37°C	Colonies rouges, roses ou marron	Pathogènes	
Clostridia (anaérobies) par 100 (ml)	TSC	Filtration sur membrane	37°C	Colonies noires	Pathogènes, indicateur d'efficacité de traitement (désinfection)	

# Troisième partie:

## Présentation et interprétation des résultats

## I. les résultats physico-chimiques :

### 1. présentation :

Le tableau ci dessous regroupe les résultats d'analyses physicochimiques des eaux de source AIN Barda de la région Sidi Harazem :

**Tableau 14 : les résultats physico-chimiques**

	<i>Echantillon Ain Barda brute</i>	<i>Echantillon Ain Barda chloré</i>	<i>Normes</i>
<i>T en °C</i>	<b>25°C</b>	<b>25°C</b>	<b>Acceptable</b>
<i>pH</i>	<b>7,58</b>	<b>7,64</b>	<b>6,5&lt;pH&lt;8,5</b>
<i>Conductivité en µs /cm</i>	<b>793</b>	<b>796</b>	<b>2700</b>
<i>Turbidité en NTU</i>	<b>0,12</b>	<b>0,23</b>	<b>5</b>
<i>Oxygène dissous en mg/l</i>	<b>7,65</b>	<b>8</b>	<b>5 ≤ [O<sub>2</sub>] ≤ 8</b>
<i>Chlorures en mg/l</i>	<b>78,1</b>	<b>99,4</b>	<b>750</b>
<i>Chlore résiduel en mg/l</i>	<b>----</b>	<b>0,4</b>	<b>0,1 &lt; [C.résiduel] &lt; 1</b>
<i>TAC en °F</i>	<b>30</b>	<b>32</b>	<b>----</b>
<i>THT en °F</i>	<b>30,8</b>	<b>33</b>	<b>----</b>
<i>L'oxydabilité en mg/l</i>	<b>0,04</b>	<b>0,09</b>	<b>5</b>
<i>Sulfates en mg/l</i>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>400</b>
<i>Nitrates en mg/l</i>	<b>4,74</b>	<b>1,19</b>	<b>50</b>
<i>Nitrites en mg/l</i>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>
<i>Ammonium en mg/l</i>	<b>0</b>	<b>0,06</b>	<b>0,5</b>

## II. les résultats Microbiologiques :

### 1. présentation :

C'est un tableau représentatif des résultats obtenus lors des analyses bactériologiques effectués sur les eaux de source AIN Barda de la région Sidi Harazem :

**Tableau 15 : les résultats Bactériologiques**

Bactéries	Echantillon Ain Barda brute	Echantillon Ain Barda chloré	Aspect du milieu	Normes
Germes revivifiables (aérobies) par 1 (ml)	8 à 22°C	0		100/1ml à 22 °C
	2 à 37 °C			20/1ml à 37 °C
Coliformes par 100 (ml)	0	0		0/100ml
Coliformes fécaux par 100 (ml)	0	0		0/100ml
Entérocoques intestinaux par 100 (ml)	0	0		0/100ml
Clostridia (anaérobies) par 100 (ml)	0	0		0/100ml

### III. Interprétation :

Ces analyses ont montré que la source Ain barda chimique et bactériologique présente une très bonne qualité pour la consommation humaine, tant que les éléments ne dépassent pas les normes marocaines qui représentent des références pour garantir la qualité et la sécurité de l'eau destinée à la consommation.

A la lumière des résultats d'analyse physicochimique, on peut conclure que :

- Il y'a une différence négligeable entre l'eau de source avant et après chloration.
- Elle a un pH pratiquement neutre, donc un titre alcalimétrique nul.
- La source Ain barda est assez dure, donc elle est riche en ion calcium et magnésium.
- La valeur de la turbidité est faible, ce qui explique la présence d'une faible quantité des matières fines 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 au consommateur.
- La quantité d'azote et 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
- Le teste d'oxydabilité indique l'absence de matières organique dans l'échantillon.
- La source Ain Barda est bien oxygénée et sa teneur en oxygène permet de lui conférer un gout de fraîcheur, donnant ainsi une indication sur le degré de la pureté de l'eau.

Donc on peut déduire que tous les éléments chimique analysés de la source Ain Barda, présentent bien des valeurs inférieurs à celles des normes Marocaines admissible.

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.

Donc c'est une source Microbiologiquement saine.

# Conclusion générale

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

L'eau, malgré ses caractéristiques organoleptiques acceptables (couleur, odeur, saveur), peut constituer un danger pour la santé humaine. C'est le cas de ces eaux qui présentent une concentration très élevée en nitrate et contiennent des microbes indicateurs de pollution.

Dans notre cas, Cette étude a révélé que les eaux souterraines de la source Ain Barda utilisées pour l'alimentation en eau potable de la région Sidi Harazem et Skhinat 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, ainsi que la période pluvieuse à laquelle le prélèvement a été effectué a une grande influence sur les résultats obtenus, durant laquelle le taux de coliformes est très faible.

Dans le cas de cette source d'eau, l'ajout effectué du chlore par la RADEEF 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 d'eau hors risque de contamination.

On peut conclure que la source Ain Barda 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 sur de la conformité de l'eau destinée à la consommation.

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.

# Bibliographie

- ✚ *J. RODIER DUNOD, analyse de l'eau.  
8ème édition. Paris 1996.*
- ✚ [www.memoireonline.com](http://www.memoireonline.com)
- ✚ [www.radeef.ma](http://www.radeef.ma)
- ✚ [www.cieau.com](http://www.cieau.com)
- ✚ *Mémoire fin d'études BENMAKHOUF Kaoutar (2005)*

## **Liste des tableaux :**

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

*Tableau 2 : L'acide formé en fonction du pH*

*Tableau 3 : paramètres organoleptiques*

*Tableau 4 : Interprétation des résultats de la dureté*

*Tableau 5 : Préparation de la gamme d'étalonnage des sulfates*

*Tableau 6 : préparations de l'échantillon à analysé (sulfates)*

*Tableau 7 : Préparation de la gamme d'étalonnage des nitrites*

*Tableau 8 : préparations de l'échantillon à analysé (nitrites)*

*Tableau 9 : Préparation de la gamme d'étalonnage des nitrates*

*Tableau 10 : préparations de l'échantillon à analysé (nitrates)*

*Tableau 11: Préparation de la gamme d'étalonnage d'ammonium*

*Tableau 12 : préparations de l'échantillon à analysé (ammonium)*

*Tableau 13 : les méthodes d'analyse Microbiologique*

*Tableau 14 : les résultats physico-chimiques*

*Tableau 15 : les résultats bactériologiques*



## REMERCIEMENT

*Je présente mes sincères remerciements à mon parrain de stage Mme mekroudî zahra, d'avoir accepté, d'encadrer ce présent projet, et aussi pour la qualité de son encadrement, ses précieux conseils, ses encouragements, ses fructueuses orientations et son soutien tout au long du déroulement de ce stage qui m'ont permis, grâce au sujet que j'ai développée, d'enrichir mes connaissances théoriques et pratiques.*

*Mes vifs remerciements vont aussi à mon encadrant de la FST Mr ASRI mohammed Pour sa disponibilité, son soutien et toute l'aide considérable qu'il m'a fourni.*

*Mes remerciements les meilleurs s'adressent à Mme.ATMANI Nadia, Chef du laboratoire, Pour sa disponibilité, son soutien et toute l'aide considérable qu'elle m'a fournie.*

*Aussi je tiens à remercier tous mes ami(e)s et tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin dans la réalisation de ce travail dans les meilleures conditions .*