



UNIVERSITÉ SIDI MOHAMMED BEN ABDELLAH FÈS
FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES



Projet de fin d'études

Licence Science et Techniques

« B. H. S. A »

Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau des sources Ain Chkef et Ras EL Maa

Encadré par :

SAAD RACHIQ : Enseignant Chercheur à la FST de Fès –Sais

Présenté par : KIMIYA HANAE

Setenue le : 16/06/2011

Devant le jury composé de :

Mr SAAD RACHIQ : Professeur, FST Fès

Mr KHALID DERRAZ : Professeur, FST Fès

Stage effectué au laboratoire de la RADEEF



FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE FES
B.P. 2202 – Route d'Imouzzer – FES – MAROC

SOMMAIRE

I. Introduction	
.....	
.....1	
II. Bibliographie :	
3	
I. Cycle de l'eau.....	4
II. Rôle de l'eau.....	5
III. Ressource en eau au Maroc.....	6
IV. Structure géographique du bassin de Sais occidental, Maroc.....	7
V. Accès à l'eau.....	8
VI. Normes relatives à la qualité des eaux.....	9
1. Définition.....	9
2. Champ d'application	10
3. Exigence de qualité.....	10
4. Méthodes analytiques de référence.....	10
5. Type d'analyses	11
6. Fréquence d'échantillonnage pour la surveillance	13
7. Échantillonnage.....	13
8. Mode de prélèvement.....	13
9. Matériel de flaconnage.....	14
III. Matériel et	
méthodes :	
..... 15	
A. Présentation de la RADEEF	16
B. Site de prélèvement.....	18

C. paramètres physique :	20
a. Température.....	20
b. Conductivité.....	20
c. Turbidité.....	20
D. Paramètres chimiques :	20
a. PH.....	20
b. Chlorures.....	20
c. THT.....	20
d. TAC.....	21
e. Sulfates.....	21
f. Ammonium.....	21
g. Nitrates.....	21
h. Oxygène dissous.....	22
i. Orthophosphates.....	22
E. Analyses bactériologiques :	24
1. Les germes à rechercher dans une eau destinée à la consommation humaine...26	
• Coliformes totaux.....	25
• Coliformes fécaux	25
• Streptocoques fécaux.....	25
• Germes totaux.....	25

IV. Résultats et

discussion..... **.....26**

1- Paramètres physiques	27
b. Température.....	27
c. Conductivité.....	27
d. Turbidité.....	27
2- Paramètre chimiques.....	29
a.PH.....	29
b.THT.....	29

c.TAC.....	29
d.Chlorures.....	30
e.Ammonium.....	30
f. Nitrates.....	30
g.Sulfates.....	31
h.Oxygène dissous.....	31
i. Orthophosphates.....	31
3- Paramètres biotiques.....	32
Conclusion	34
Annexe.....	36
Références bibliographiques	37

Introduction

L'eau est l'élément de base de toute sorte de vie sur terre, animale, végétale et microbienne. Elle se trouve en général dans son état liquide et possède à température ambiante des propriétés uniques : c'est notamment un solvant efficace pour la plupart des corps solides trouvés sur Terre ; l'eau est quelque fois désignée sous le nom de « solvant universel ».

L'existence humaine dépend de l'eau. La géosphère, l'atmosphère et la biosphère entretiennent toutes trois des relations étroites avec l'eau. L'eau interagit avec l'énergie solaire pour déterminer le climat, et elle transforme et transporte les substances physiques et chimiques nécessaires à toute vie Sur Terre, 97 % de l'eau de surface est salée ; les 3 % restant constituent les réserves d'eau douce de la planète. On a approximativement la répartition suivante : 2/3 d'eau douce sous forme de glace et 1/3 sous forme liquide. L'eau douce étant très inégalement répartie et accessible sur la Terre

Du fait de l'explosion démographique qui s'accélère, passant de 6.5 milliards d'habitants en 2005 à plus de 11 milliards vers 2100, la question de l'approvisionnement en eau va devenir cruciale.

Aujourd'hui, à l'échelle mondiale, les hommes prélèvent environ 3800 km³ d'eau douce chaque année pour leurs différents usages !

Au Maroc, cette ressource subit un effet cumulé et à quatre niveaux : raréfaction, augmentation de la demande, gaspillage, et pollution.

Les principales sources de pollution sont :

✓ La pollution d'origine domestique : Cette pollution est responsable d'environ 60% de la pollution organique et de 80% de la pollution azotée et phosphorée. Ce type de pollution favorise largement l'eutrophisation des retenues de barrages situés l'aval des rejets, et aggrave le risque sur la santé humaine suite à l'utilisation de cette eau en irrigation. (PNUE .1991)

✓ La pollution d'origine industrielle : Elle est responsable des 40% de la pollution organique, et de 20% de celle azotée et phosphorée, et de 100% des rejets en métaux lourds. (PNUE. 1990)

✓ La pollution d'origine agricole : l'agriculture au niveau du bassin de Sebou connaît une intensification accrue, et une utilisation souvent irrationnelle des engrais chimiques et des pesticides, en aggravant ainsi, le risque de contamination des eaux souterraines. (PNUE. 1990)

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau brute de deux sources (Ain Chkef et Ras El Maa) utilisée comme eau de consommation humaine par les populations riveraines.

BIBLIOGRAPHIE

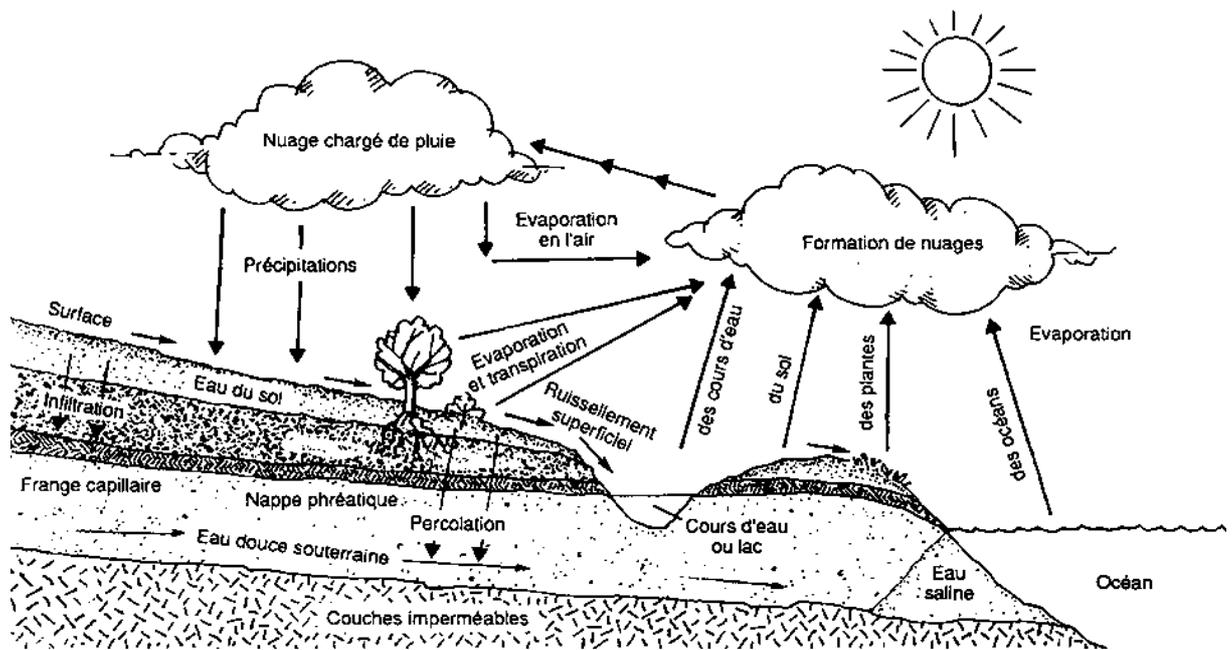
I. Le cycle hydrologique

L'eau circule en permanence sur la planète. Le cycle hydrologique n'a ni commencement ni fin, mais par commodité on peut dire qu'il a son point de départ dans les eaux océaniques, qui couvrent environ les trois quarts de la surface de la planète. Le rayonnement solaire et l'énergie éolienne, qui dérivent elle-même indirectement de l'énergie solaire, sont facteurs d'évaporation de l'eau, qui s'élève à l'état de vapeur et forme des nuages. Ceux-ci, dans des conditions propices, se condensent et retombent sur la Terre sous forme de pluie, de grêle ou de neige.

Une partie des précipitations s'évapore des feuilles et du sol, une autre partie s'écoule en surface et forme des cours d'eau; enfin, une autre partie percole dans le sol où les végétaux puisent de l'humidité pour la transpirer dans l'atmosphère, ou est restituée en surface par capillarité. Une partie de l'humidité du sol s'évapore, une autre partie s'enfonce au-delà de la zone des racines pour rejoindre les couches souterraines aquifères. L'eau souterraine percole à travers les pores du sol et des roches, et peut réapparaître en surface à des altitudes moins élevées, en sources ou en infiltrations qui alimentent les cours d'eau, lesquels en fin de compte réalimentent l'océan. Une autre partie encore de l'eau s'accumule dans des réservoirs souterrains ou couches aquifères, et peut être captée grâce à des puits, tubulaires ou à ciel ouvert.

Le cycle hydrologique que représente la figure ci-dessus est le système selon lequel l'eau circule des océans vers la Terre en passant par l'atmosphère et retourne à l'océan, superficiellement et souterrainement. L'eau douce disponible est une forme rare d'eau, car 99 pour cent de la masse totale d'eau est soit saline (97 pour cent de l'eau est contenue dans les océans), soit à l'état solide (2 pour cent dans les calottes glaciaires et les glaciers). La majeure partie de l'eau restante (1 pour cent) est souterraine, une proportion infime étant présente dans les lacs, l'humidité du sol, les cours d'eau et les systèmes biologiques.

Chaque jour, le cycle hydrologique renouvelle les ressources mondiales en eau douce par évaporation et précipitation. Les précipitations annuelles moyennes que reçoivent les terres émergées s'élèvent à $1\,10\,000\text{ km}^3$, mais environ $70\,000\text{ km}^3$ de cette eau s'évaporent avant de revenir à la mer. Les $40\,000\text{ km}^3$ restants sont potentiellement disponibles pour l'utilisation humaine. La consommation mondiale d'eau douce s'élève actuellement à environ $4\,000\text{ km}^3$, soit 10 pour cent seulement des disponibilités renouvelables annuelles.



Ces chiffres pourraient donner à croire que l'eau est largement disponible pour l'utilisation humaine, mais à y regarder de plus près, la situation est beaucoup plus complexe. Les 40 000 km³ d'eau disponible sont très inégalement répartis, et s'écoulent pour les deux tiers sous forme de crues violentes. Restent environ 14 000 km³ de disponibilités relativement stables. Une fraction appréciable de cet approvisionnement doit être abandonnée à son cours naturel pour sauvegarder les terres humides, les deltas, les lacs et les cours d'eau⁷. Par exemple, 6 000 km³ d'eau sont nécessaires pour diluer et transporter les quelque 450 km³ d'eaux usées actuellement rejetées chaque année dans le monde⁸. Faute d'un investissement appréciable dans le traitement des eaux usées et d'une réglementation plus efficace, il faudra de plus en plus d'eau pluviale pour diluer et transporter les déchets. (S.Postel.1992)

II. Rôle de l'eau

La quantité d'eau dont nous avons besoin au quotidien dépend des fonctions de l'eau et des mécanismes de régulation de l'équilibre hydrique journalier. Le but de cette revue est de décrire la physiologie de la balance hydrique et de mettre en évidence les nouvelles recommandations relatives aux besoins en eau qui en découlent. L'eau exerce de nombreuses fonctions dans le corps humain : élément constitutif des cellules et du liquide extracellulaire, solvant, milieu de réactions chimiques, réactif, transporteur de nutriments et de produits de dégradation, rôle thermorégulateur, lubrifiant et d'absorbeur de chocs. La régulation de l'équilibre hydrique est très précise puisqu'une perte de 1 % l'eau corporelle est

habituellement compensée en 24 heures. La prise d'eau ainsi que les pertes d'eau sont contrôlées pour atteindre et maintenir la balance hydrique. Des adultes en bonne santé régulent leur balance hydrique avec précision, mais les jeunes enfants et les personnes âgées sont davantage exposés au risque de déshydratation. La déshydratation peut affecter l'état de conscience et peut induire une incohérence verbale, une faiblesse généralisée, une hypotonie des globes oculaires, de l'hypotension orthostatique et de la tachycardie. Les besoins en eau sont estimés à partir des données expérimentales d'apports hydriques qui doivent couvrir les besoins nutritionnels d'une population saine. Ainsi, un adulte sédentaire vivant en climat tempéré devrait boire en moyenne 1,5 d'eau par jour, l'eau étant le seul nutriment réellement essentiel pour l'hydratation corporelle.

L'eau, élément majeur de nutrition est aussi élément de dissolution et de transport des éléments minéraux ; elle permet l'extraction des éléments nutritifs appartenant à la matrice du sol que les racines peuvent alors absorber et transférer à travers les vaisseaux du xylème dans toute la plante.

III. Ressources en eau au Maroc

En 1994, seulement 15% de la population avait accès à l'eau. En 2005, ce chiffre a atteint 56%. L'absence de l'accès à l'eau et aux installations sanitaires en 1994 coûtait chaque année au Maroc 1 à 1,5% de son PIB. Cette estimation incluait la mortalité infantile due à la diarrhée (6.000 décès d'enfants de moins de 5 ans), ainsi que les maladies dues à la diarrhée et le temps de travail des aides-soignants. En 2005-2006, la capacité de stockage des barrages au Maroc était de 16,1 milliards de m³. En 2005, la part totale d'eau douce stockée dans les réservoirs était de 55,5% et la population ayant accès à l'eau traitée était de 99% en milieu urbain et de 56% dans monde rural. La population bénéficiant d'installations sanitaires en milieu urbain était de 83% contre 31% en milieu rural. Pour ce qui est de l'irrigation, la surface équipée en 2000 était de 1,44 million d'hectares .Aujourd'hui LE MAROC EST classé en situation de raréfaction au regard des normes internationales

Son potentiel en eau douce n'excède pas les 730 m³/an/hab. pour un seuil de rareté fixé par l'ONU à 1000 m³. Et les perspectives sont inquiétantes : les marocains pourraient bien voir les capacités nationales chuter à 530 m³/an/hab. d'ici 2030. . Avant les sècheresses des années 90 et 2000, la ressource en eau était estimée à environ 29 milliards de m³ Les ressources en eau mobilisables sont de 20 milliards de m³ dont 16 milliards sont des eaux de surface et 4 milliards des eaux souterraines. Le Maroc dispose d'environ 100 barrages de toutes tailles dont

la capacité de stockage est de 15 milliards de m³. Il a été estimé en 2004 que environ 13,5 milliards de m³ étaient inutilisables et environ 67% de ces ressources étaient utiles. Les usages de l'eau se répartissent en 83% pour l'agriculture et 17% pour l'industrie et l'eau potable. Ce constat doit être relativisé car les ressources ne sont pas réparties également dans l'espace : le nord du pays étant moins aride : les pluies étant plus abondantes en hiver. De plus la qualité de la ressource se dégrade, en particulier dans le bassin de Sebou.

Il y a 7 grands fleuves au Maroc et de multiples petites rivières. Les 7 bassins versants principaux ainsi définis sont le bassin du Loukkos, celui de la Moulouya, du Sebou, du Bouregreg, de l' Oum Errabiaa, du Tensift et du Souss-Massa. A part le Loukkos, tous ces fleuves prennent leur source dans l'Atlas. Peu de transferts d'eau entre bassins existent au Maroc, les plus importants sont celui du canal de la Rcade entre l'Oum Er-Rbia et le Tensift près de Marrakech, celui de l'embouchure de l'Oum er-Rbia à Casablanca celui du Bouregreg à Casablanca également. Des projets de grands transferts Nord Sud d'environ 2,74 milliards de m³ (0,75 milliards de m³ par an) entre le Sebou et le bassin aride du Tensift existent.

Les deux bassins hydrauliques du nord du pays concentrent 90% des eaux disponibles sur 10% du territoire. Une disparité que le gouvernement entend pallier en acheminant 800 millions de m³ d'eau des bassins du nord vers ceux du sud d'ici 2030. D'après Majid Benbiba le Directeur de la recherche et de la planification de l'eau au Secrétariat d'Etat à l'eau et à l'environnement, « même s'il reste des difficultés techniques non résolues, en particulier sur la définition du tracé, ce projet de transfert intéresse nombres d'investisseurs, notamment étrangers. » Des investisseurs qui auront à déboursier plus de 24 milliards de dirhams pour qu'un tel édifice voie le jour.

D'autres projets de grande envergure sont sur la table. Parmi eux, la construction d'une soixantaine de grands barrages, qui viendront s'ajouter aux 128 construits depuis 1960. Décriés par les écologistes, ces barrages devraient porter la capacité de stockage à près de 9 milliards de m³ d'eau d'ici 2030.

IV. Structure géologique du bassin de Sais occidental, Maroc

La nappe profonde du plateau de Meknès a pour réservoir les calcaires et les calcaires dolomitiques du Lias. Du Sud vers le Nord, Ces formations constituent d'abord un aquifère a nappe libre sur les causses et en bordure, puis captif sous les formations marneuses imperméables du Tertiaire. Cette nappe se manifeste par les exurgences et les sources de trop-plein en bordure du causse, par les sources de flexure et par les sources artésiennes

hydrothermales du Sais. L'historique des suivis piézoélectriques indique de fortes baisses annuelles du niveau de la nappe profonde. Ceci est du essentiellement, a la période de sécheresse qui s'est accentuée a partir de 1980. D'un point de vue hydrogéologique, les deux nappes superficielles et profondes au droit du plateau de Meknès ou d'une manière dans le bassin de Meknès-Fès, offrent un potentiel hydrique supplémentaire qui pourrait être mobilisé pour couvrir une partie des besoins accrus pour l'alimentation en eau potable et industrielle et pour l'agriculture dans le bassin de Meknès - Fès sais. La nappe du bassin sais est exploitée par des forages profonds destinés à l'AEP des ville de Mekhnès, Fès et des centres situés dans la plaine (Ain Taoujtate, Ras El Ma, Sebaa Ayouné et Haj Kaddour) et également pour l'irrigation. La profondeur des ouvrages qui l'exploitent varie de 200 m au Sud à 1700 m au centre de la plaine. (A.Perrier , A. Tuzet. 2005)

Exemple : Ras El Ma

SECTEUR	POINT D'ANALYSE	CORDONNEES				
		numéro	profondeur	X	Y	Z
Ras El Maa	Forage7	2393115	757	625.750	375.700	434

V. Accès a l'eau

En milieu rural, 53% des systèmes d'alimentation en eau potable sont alimentés par des puits, 16% à partir d'ouvrages gérés par l'ONEP ou par les Régies de distribution d'eau potable, 17% à partir de sources et 8% à partir des forages. Pour les 6% restants, l'information disponible ne permet pas de définir la ressource en eau mobilisée

En 2004, 82% de la population marocaine avait accès à une source d'eau améliorée. Plus précisément, 60,5% des marocains ont un branchement d'eau potable dans leur habitation ou dans leur jardin, 11% a une borne fontaine proche de son habitation. 5,6% ont accès à un puits protégé. 1,5% des Marocains, principalement dans les zones rurales, collectent l'eau de pluie comme source principale. 7% collectent de l'eau de sources. La moitié de ces sources approvisionnant 3,5% de la population sont considérées comme protégée. L'ensemble de ces données amène un accès à une source d'eau "améliorée" de 82%.

En conséquence 18% de la population n'a pas accès à une source d'eau « améliorée ». Ces personnes sont réparties comme suit: 1%, à la fois en zone urbaine et rurale, utilisent de l'eau issue de camions citernes. 7% utilisent l'eau de puits publics non protégés et 4% ont des puits

non protégés dans leur habitation ou dans leur jardin. 2,5% prennent de l'eau directement dans les rivières ou les plans d'eau. Enfin 3,5% utilisent l'eau de sources non protégées, soit un total de 18%. (Essahlaoui end all .2001)

ACCES A L'EAU	Milieu urbain	Milieu rural	Total
Robinet dans l'habitation	82.6%	18.1%	58.3%
Robinet dans le jardin	2.6%	1.7%	2.2%
Eau en bouteille	0.6%	0.3%	0.5%
Borne Fontaine	10.8%	11%	10.9%
Puits protégés	0.8%	13.5%	5.6%
Puits ouverts	1%	26.6%	10.7%
Sources	0.9%	17.2%	7.1%
Rivières ou ruisseaux	0.0%	5.4%	2.0%
Lacs, Réservoirs de barrages	0.0%	0.3%	0.1%
Eau de pluie	0.0%	4.0%	1.5%
Camion citernes	0.6%	1.5%	0.9%
Autre	0.1%	0.4%	0.2%
Total	100%	100%	100%

VI. Normes relatives à la qualité des eaux d'alimentation humaine

La multiplication et la diversité des sources de pollution de l'eau ont incité à élaborer des normes nationales en matière de qualité de l'eau de boisson

1- Définition

On comprend par « eau d'alimentation humaine » : toute eau destinée à la boisson quel que soit le mode de sa distribution. les eaux utilisées pour la préparation, conditionnement ou la conservation des denrées alimentaires destinées au public .On comprend par « eau minérale naturelle », les eaux de source ou de puit qui en raison de leur température et de la nature spéciale de leurs principes salins, gazeux ou radioactifs, peuvent être utilisées comme agents thérapeutiques.

2- Champ d'application

La présente norme ne traite que des eaux d'alimentation humaine.

3- Exigences de qualité

L'eau d'alimentation humaine ne doit contenir en quantités dangereuses ni substances chimiques ni micro-organismes nocif pour la santé ; en outre elle doit être aussi agréable à boire que les circonstances le permettent .Les valeurs mesurées pour les paramètres d'analyses physico-chimiques ne devraient pas être supérieures aux « valeurs maximales admissibles ». Elles doivent être égales ou supérieures aux « valeurs minimales requises ».

Toute valeur inférieure aux « valeurs maximales recommandées » sera considérée comme pleinement satisfaisante, sauf pour les paramètres pH et oxygène dissous.

4- Méthodes analytiques de référence

a. Facteurs organoleptiques

- ✓ Odeur : par dilution successive, mesures faites à 25 °C
- ✓ Saveur : par dilutions successives, mesures faites à 25°C
- ✓ Couleur : méthodes comparatives aux étalons à base de platine et de cobalt
- ✓ Turbidité : méthode néphélométrie

b. Facteurs physico-chimiques

- ✓ Potentiel hydrogène : Electrométrie
- ✓ Conductivité : Electrométrie
- ✓ Minéralisation total : Dessiccation à 150°C et pesée
- ✓ Dureté totale : Compléxométrie
- ✓ Magnésium : Absorption atomique
- ✓ Aluminium : Absorption atomique
- ✓ Nitrites : Spectrophotométrie d'absorption (sulfanilamide)
- ✓ Nitrates : Spectrophotométrie d'absorption après réduction en NO₂ (sulfanilamide)
- ✓ Chlorures : Titrimétrie (chlorure mercurique)
- ✓ Sulfate : Gravimétrie

- ✓ Oxygène dissous : Méthode de Winkler
- ✓ Chlore résiduel : Chlorimétrie par comparaison avec des
Colorés spectrophotométrie d'absorption

c. Facteurs indésirables ou toxiques

- ✓ Arsenic , Baryum , Cadmium , Chrome totale ,Fluorure , Fer ,
Manganèse, Mercure , Plomb , Sélénium , Zinc , Sodium , Potassium
- ✓ Cyanures par (spectrophotométrie d'absorption)

d. Facteurs d'intérêt biologique

Oxydabilité : KMnO_4 à l'ébullition pendant 10 minutes en milieu acide

e. Facteurs bactériologiques

- ✓ **Coliformes totaux** : Fermentation en tubes multiples, repiquage des tubes positifs sur milieu de confirmation dénombrement selon le nombre le plus Probable.
- ✓ **Coliformes fécaux** : Filtration sur membrane et culture, sur appropriée, repiquage et identification des colonies suspectes.
- ✓ **Germes totaux** : Pour les coliformes totaux « température d'incubation 37°C », pour les coliformes fécaux « température d'incubation 44°C », incorporation en gélose nutritive et incubation à 22°C et 37°C

5- Types d'analyses

Les analyses pratiquées sur les eaux d'alimentation appartiennent à trois types définies ci-après :

5-1- Analyse courante

Elle est effectuée sur l'eau dans le réseau de distribution et à l'entrée du système de distribution. Elle comprend les paramètres de qualité suivants :

- ✓ Température
- ✓ pH

- ✓ dosage de désinfection résiduel
- ✓ coliformes totaux
- ✓ coliformes fécaux
- ✓ germes totaux à 22 et à 37°C

Dans certains cas (entrée des systèmes de distribution par des eaux de surface des réservoirs de stockage, mélange d'eau de différentes provenances ...), il recommande que l'analyse comprenne également la mesure de la turbidité.

5-2- Analyse de surveillance

Elle est effectuée sur chaque captage, à l'entrée du système de distribution si l'eau subit un traitement autre que celui de la désinfection et à l'intérieur du réseau de distribution. Ces analyses comprennent les paramètres de qualité suivants :

- ✓ turbidité
- ✓ conductivité
- ✓ ammonium
- ✓ nitrite
- ✓ nitrate
- ✓ oxydabilité au permanganate de potassium
- ✓ dénombrement des *Glostridium sulfito-réducteur* pour l'eau traitée
- ✓ dénombrement des streptocoques fécaux pour les eaux brutes

5-3- Analyse complète

Elle est utilisée, pour les mêmes fins que l'analyse de surveillance, sauf pour la confirmation d'une pollution bactérienne à l'intérieur d'un réseau de distribution d'eau, elle sert également à l'étude des ressources en eau que l'on se propose d'utiliser pour l'approvisionnement public en eau, elle comprend :

- ✓ tous les paramètres pour lesquels une valeur maximale admissible (VMA) ou une valeur minimale requise (VMR) est fixée par les normes applicables à l'eau d'alimentation humaine, en vigueur au moment du prélèvement ;
- ✓ Tout ou partie des paramètres pour lesquels une valeur maximale recommandée (VMR) est fixée par les normes applicables à l'eau d'alimentation humaine, en vigueur au moment du prélèvement ;

- ✓ Tout paramètre de qualité qui, compte tenu des caractéristiques particulières de l'alimentation en eau l'agglomération considérée peut contribuer à une meilleure évaluation hygiénique de l'eau destinée à l'alimentation humaine ;
- ✓ Tout paramètre de qualité nécessaire à l'évaluation de la balance ionique.

6- Fréquences d'échantillonnage pour la surveillance

La surveillance doit concerner le réseau d'approvisionnement public tout entier de la prise d'eau brute jusqu'aux point de livraison au consommateur.

L'échantillon doit être régulier, fréquence dépend notamment des facteurs suivants :

- ✓ Qualité de l'eau captée
- ✓ Nature du traitement de potabilisation
- ✓ Risque de contamination
- ✓ Historique du réseau d'approvisionnement public en eau
- ✓ Effectif de la population desservie

7 - Echantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération à laquelle beaucoup de soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donné, l'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspensions, etc.) étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste ; il convient que le préleveur ait une connaissance des précautions à prendre au moment des prélèvements et de leur importance pour la qualité des résultats analytique globale.

8- Mode de prélèvement

Le mode de prélèvement varie selon l'origine de l'eau :

- ❖ Dans le cas d'une rivière, d'une nappe ouvert, d'un réservoir, ou d'une citerne, la bouteille doit être plongée à 50 cm du fond et de la surface assez loin des rives, ou bords, ainsi que des obstacles naturelles ou artificielles ;

❖ Dans le cas d'un lac, ou d'une retenue d'eau, il faut choisir plusieurs points de prélèvement, et d'en prendre des échantillons, le mélange de plusieurs échantillons donne un échantillon moyen ;

❖ Dans le cas de prélèvements à partir d'un robinet correspondant aux prélèvements au niveau de Ras El Maa :

- Si le but est de contrôler l'eau distribuée, celui-ci correspond à notre cas, il est indispensable d'attendre que l'eau en stagnation dans les canalisations soit éliminée. En pratique, on ouvre le robinet au maximum pendant 5 à 10 secondes, puis on le ramène à un débit moyen pendant 2 minutes et enfin, on met la bouteille sous le robinet sans l'avoir renfermé.
- Par contre, si le but est d'analyser et contrôler la concentration de certains éléments relégués par la canalisation, il convient de laisser l'eau stagner dans celle-ci pendant toute la nuit et de prélever l'eau immédiatement à l'ouverture du robinet.

Le volume d'eau nécessaire pour une analyse complète d'eau varie entre 2 et 5 litres, non compris les prélèvements spéciaux. Les échantillons sont transportés dans des emballages isothermes, à température de 4°C et à l'obscurité afin d'assurer leur conservation.

9- Matériel de flaconnage

Les échantillons d'eau sont prélevés dans des récipients propres :

➤ en verre et en pyrex peuvent être employés sans problème pour le dosage des ions majeur. Cependant, des oligo-éléments peuvent passer en solution dans l'eau (silice du verre et bore de pyrex) ;

➤ en polyéthylène est souvent recommandé pour tout échantillonnage, surtout pour les prélèvements en vue de mesures d'éléments radioactifs. relativement poreux vis-à-vis des gaz, on lui préfère cependant le verre pour le prélèvement et la conservation des eaux fortement chargées en gaz

➤ en verre borosilicaté est utilisé pour l'analyse d'éléments volatils.

En effet la nature du matériau du récipient de prélèvement est importante, car celui-ci ne doit pas entrer en réaction avec l'eau à analyser.

MATERIELS

ET

METHODES

A - PRESENTATION DE LA RADEEF

La régie autonome de distribution de l'eau et de l'électricité (RADEEF) de la wilaya de Fès, émanation des collectivités locales au service du client, est un établissement public à caractère industriel et commerciale, doté de l'autonomie financière et de la personnalité civile.

Créée par délibération du conseil municipal de la ville de Fès le 30 Avril 1969, la régie a succédé à la compagnie fassie d'électricité (CFE) qui assurait la gérance du réseau électrique de Fès.

Avec un chiffre de 965 579 342 DH en 2006,

- elle assure l'assainissement liquide ;
- elle gère 225 750 clients en eau potable à Fès, Sefrou, Bhalil ..., 196 857 clients en électricité ;
- elle met à la disposition de ses clients :
 - Un centre d'appel téléphonique avec les lignes téléphoniques groupées qui sont 035 62 50 15/16/17 ;
 - Une permanence assurée 24h/24 et 7j/7 ;
 - Des équipes mobiles pour répondre à vos besoins et satisfaire vos réclamations ;
 - 1063 agents, hommes et femmes mobilisés ;

La régie a pour mission la distribution de l'eau potable et de l'électricité à tous les habitants de la wilaya de Fès d'une manière continue sans arrêt, et dans les meilleures conditions. La régie, non seulement répond aux besoins en eau et en électricité, mais elle a également jeté les bases de l'infrastructure nécessaire pour assurer au mieux ce service public qui lui a été confié. La régie réalise à l'intérieur de son périmètre de distribution des travaux d'extension et de renforcement de réseau.

Elle est tenue d'installer toutes les nouvelles canalisations, tout l'équipement nécessaire pour faire face à la demande.

La RADEEF est chargée aussi des réhabilitations, d'exploitation, et d'entretien du réseau d'assainissement.

Annuellement, la régie établit un budget qui comporte :

- Un budget d'équipement définit le programme des travaux neufs, et le renouvellement du réseau que la régie compte réaliser.

- Un budget de fonctionnement destiné à faire ressortir la prévision des charges et produit d'exploitation.

A la fin de chaque exercice, la régie fait ressortir le principal élément et fait ayant conduit aux résultats dégagés accompagnés d'une analyse financière et de compte officiel.

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

- Des forages et sources exploités par la RADEEF (28% de sources souterraines)
- Des forages de ras el maa et eau traitée de l'oued Sebou (72% des eaux de surfaces et souterrains)

Les ressources mobilisées actuellement par ces deux organismes .de l'ordre de 2750 L/S, devraient couvrir les besoins en eau de la wilaya de Fès jusqu'à l'an 2013.

La régie assure l'alimentation en eau potable (production partielle et distribution) des villes et des centres suivant : Fès, Sefrou, Bhalil, Sidi-Hrazem, et les centres de Bani-Sadden.

Pour veiller sur la qualité de l'eau distribuée, le laboratoire d'analyses, de contrôle et de surveillance de la qualité de l'eau est créé en 1976 au siège de la RADEEF, puis il a été transféré près du réservoir sud en 1993.

Parmi les activités du laboratoire :

- Le contrôle quotidien de la qualité de l'eau ;
- Le contrôle quotidien du chlorure résiduel ;
- La réalisation des enquêtes de la qualité de l'eau à la suite des réclamations des abonnés ;
- Le contrôle des opérations de nettoyage de réservoirs effectués par le service de l'exploitation du réseau ;
- La réalisation et le contrôle de nettoyage et la désinfection des conduites nouvellement installées.

B - Sites et présentation du travail

Les échantillons sont prélevés au niveau de deux sources, l'une est située à Ain Chkef à environ 6Km de la ville de Fès, l'autre est située à Ras El Maa qui est au cœur du parc naturel d'Ifrane à 1600m d'altitude. Trois campagnes de prélèvements ont été réalisées pour chacune des deux sources. Soit un total de six prélèvements répartis en sous échantillons et qui ont servis aux différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques.

Les prises d'eau, notamment pour la source de Ras El Maa sont effectuées de la manière suivante : on ouvre le robinet au maximum pendant 5 à 10 secondes, puis on le ramène à un débit moyen pendant 2 minutes et enfin, on met la bouteille sous le robinet sans l'avoir renfermé.

Au cours de notre étude les flacons employés sont en verre- pyrex, rincés plusieurs fois avec de l'eau à analyser, puis fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air dans le flacon.

Pour les échantillons destinés aux analyses bactériologiques, les prélèvements d'eau sont faits en présence d'une flamme pour éviter toute contamination et transportés au laboratoire dans une glacière.

Toutes les analyses (physico-chimiques et bactériologiques) sont abordées dans les 24 heures qui ont suivi le moment de prélèvements. Certaines mesures sont prises sur le terrain.

LES ANALYSES

PHYSICO-CHIMIQUES



C - Les paramètres physiques

1 - La température

La température joue un rôle très important dans la solubilité des sels et surtout des gaz, elle conditionne les équilibres de dissociation.

La mesure de la température (T°) est faite sur place au moment du prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un thermomètre.

2 - La conductivité

La conductivité traduit la minéralisation totale de l'eau, sa valeur varie en fonction de la température.

La conductivité exprimée en micro Siemens par cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$), est mesurée à l'aide d'un conductimètre.

3 - La turbidité

La turbidité est mesurée par néphélogétrie 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 (Néphélogétrie Turbidité Unit).

D - Les analyses chimiques

1 - Le pH

Le pH d'une eau mesure la concentration des ions hydrogènes dans l'eau. C'est à dire l'alcalinité et l'acidité de l'eau sur une échelle de 0 à 14. Dans les eaux naturelles, cette activité est due en particulier à l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$

La mesure de pH est faite à l'aide d'un pH mètre.

2 - Le dosage des chlorures par la méthode de Mohr

Les ions chlorure sont dosés par une solution déjà titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de Potassium servant d'indicateur coloré. La réaction de dosage étant rapide et totale.

3 - Le dosage du THT ou titre hydrotimétrique totale

La mesure du THT s'effectue sur les eaux dont on veut déterminer la dureté. La dureté correspond à l'ensemble des ions alcalino-terreux, soient les ions calcium et magnésium principalement.

La mesure est un dosage volumétrique par un réactif titrant complexant, l'EDTA (sel tétra sodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique).

La méthode peut être mise en défaut lorsque les eaux sont riches en cuivre et/ou en fer dissous.

L'EDTA a la propriété de se combiner avec les ions calcium puis magnésium pour former des composés solubles, les chélates.

La fin du dosage est décelée par la couleur bleue de l'indicateur coloré (Indicateur Net), étant violet tant que les ions magnésium restent à l'état libre en solution.

4 - Le titre alcalimétrique complet (T.A.C.)

La « dureté » d'une eau est un critère essentiel pour prévenir par exemple l'entartrage des Conduites d'eau dans l'industrie. La « dureté » de l'eau a deux origines :

- la dureté due aux espèces carbonatées (ions carbonate CO_3^{2-} et ions hydrogénocarbonate HCO_3^-) évaluée par le T.A. (titre alcalimétrique) et le T.A.C. (titre alcalimétrique complet)
- la dureté due aux ions calcium et magnésium évaluée par le T.H.

5 - Le dosage des sulfates par la méthode néphélométrique

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfates de baryum. Le précipité ainsi obtenu est stabilisé à l'aide d'une solution tween 20. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectrophotomètre à la longueur d'onde 650nm.

6 - Le dosage d'ammonium

En milieu alcalin et en présence de nitropussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire. La lecture au spectrophotomètre est effectuée à une longueur d'onde de 630nm.

7- Le dosage des nitrates

En présence de salicylate de sodium, les nitrates NO_3^- donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

8- Le dosage de l'oxygène dissous

L'oxygène dissous réagit avec l'hydroxyde de manganèse formé par l'addition de chlorure de manganèse et d'hydroxyde de sodium. L'hydroxyde de manganèse formé après acidification permet d'oxyder l'iodure de potassium préalablement introduit avec libération d'une quantité équivalente d'iode. L'iode ainsi libéré à l'aide d'une solution titrée de thiosulfate de sodium.

La teneur en O₂ dissout est exprimée en (mg/l) est donnée par la formule suivante:

$$\frac{8 \times V \times t \times 1000}{V' - 2}$$

Avec

V : Volume versé de Na₂S₂O₃

V' : Volume exact du flacon

t : Titre de Na₂S₂O₃

Le nombre 2 représente le volume de l'acide sulfurique

9- Le dosage des orthophosphates

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente des valeurs maximales d'absorption l'une vers 700nm, l'autre plus importante vers 880nm.

ANALYSES

BACTERIOLOGIQUES



E - Analyses bactériologiques

Les analyses bactériologiques de l'eau ont pour but d'assurer un contrôle continu de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. Cette qualité dépend directement de la teneur de cette eau en micro-organismes. Ces analyses sont effectuées le jour même des prélèvements.

Le matériel utilisé lors de ses analyses est au préalable stérilisé pour éviter toute source de contamination.

Les milieux de cultures employés diffèrent par leurs compositions et leur rôle. En ce qui concerne les analyses effectuées, nous avons utilisé des milieux de culture sélectifs qui favorisent par leurs compositions la croissance de certains micro-organismes sur d'autre.

Ces analyses consistent à un dénombrement bactérien pour contrôler la qualité bactériologique de l'eau. Parmi les micro-organismes que nous avons recherchés dans les deux sources sont :

- Les coliformes fécaux ;
- Les coliformes totaux ;
- Les streptocoques fécaux et ;
- Les germes totaux.

La présence de ces bactéries dans l'eau peut être considérée comme indice d'une pollution fécale.

La méthode utilisée pour la mise en évidence et le dénombrement des coliformes fécaux, des coliformes totaux et des streptocoques fécaux est la concentration par filtration sous vide d'une quantité connue (50 ml) d'eau sur une membrane filtrante de porosité 0,45 μm . la membrane est ensuite déposée sur des milieux de culture approprié et incubée à des températures variables en fonction des germes recherchés (Tab. 1). Pour les germes totaux la méthode employée est l'ensemencement en profondeur. 1ml d'échantillon est introduite dans une boite de Petri puis on procède à l'écoulement du milieu de culture approprié.

Tb .1- Méthodes d'encensement, milieux de cultures, T° et durées d'incubation pour les différent germes recherchées.

Type de bactéries	Type d'analyse	Milieu de culture	Température d'incubation	Durée d'incubation
Coliformes fécaux	Filtration sur membrane	Térgitol7	44°C	48h
Coliformes totaux	Filtration sur membrane	ENDO-C	37°C	48h
Streptocoques fécaux	Filtration sur membrane	Slanetz	37°C	48h
Germes totaux	encensement	Gélose nutritive	37°C	8h

Lectures des résultats

Les coliformes totaux

- colonies rouges – brique.

Les coliformes fécaux

ces coliformes sont capables de se développer à 44°C alors qu'aucune croissance n'est observée à cette température pour les souches non fécale. Les *E. Coli* et *Enterobacter aerogenes* donnent :

- des colonies jaunes ;
- coloration rose rouge ;
- halo bleu-vert : lactose-
- halo jaune : lactose +

Les streptocoques fécaux

- colonies apparaissent rouge

Les germes totaux

- colonies développées apparaissent blanchâtres.

RESULTATS

ET

DISCUSSION

IV - Résultat

1 - Paramètres physiques

a- La température

La température affecte la teneur des gaz dans l'eau, puisque leur solubilité est étroitement liée à ce paramètre. Les valeurs de température enregistrées, sont en moyenne de 23 et 45 °C respectivement pour l'eau prélevée à Ain Chkef et à Ras El Maa (Fig.1-A) et (Tab .2 et 3).

b - La Conductivité

La conductivité correspond à l'ensemble des minéraux présents dans l'eau. Une eau douce se traduit par une conductivité basse alors qu'une eau dite dure affichera une conductivité élevée.

Les valeurs de conductivité sont très voisines pour les eaux des deux sources étudiées. Elles sont en moyenne de 763,6 et 760 $\mu\text{s}/\text{cm}$, respectivement pour l'eau de Ain Chkef et de Ras El Maa (Fig .1-C) et (Tab.2 et 3). Ces valeurs sont très inférieures à la valeur guide des normes qui est de 2700 ($\mu\text{s}/\text{cm}$).

c - La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence de la matière en suspension finement divisée. Pour les eaux de surface, La turbidité empêche la propagation de la lumière dont la diminution d'intensité a pour conséquence de limiter et même d'éliminer la végétation. La plupart des eaux superficielles ont une turbidité importante et leur utilisation pour l'alimentation humaine nécessite un traitement approprié.

Les valeurs de turbidité mesurée dans les lieux de prélèvements sont de 1,65 et 1,12 NTU en valeurs moyennes respectivement pour l'eau prélevée à Ain Chkef et à Ras El Maa (Fig.1-B) et (Tb.2et3). Les valeurs maximales enregistrées sont très inférieures à la valeur maximale admissible par le règlement qui est de 5 NTU.

Tab. 2 - Valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau de la source de Ras El Maa

paramètres	Sortie 1	Sortie 2	Sortie 3	Moyenne	Valeur Maximale Admissible
T°	45	44,9	45	45	25
pH	7.03	7.43	7.3	4.28	2
Conductivité (ms/cm)	764	759	768	763.66	> 6.5 et < 8.5
Turbidité (NTU)	0.2	1.34	1.83	1.12	2700
THT (°F)	35	40	30	35	5
TAC (°F)	24	25	21.5	17.16	50
Chlorures (mg/l)	71	92.3	99.4	87.5	50
Ammonium (mg/l)	0.26	0.45	0.23	0.3	50
Nitrates (mg/l)	0.10	0.15	0.10	0.11	0.5
Sulfates (mg/l)	1.5	2	3.5	2.3	750
Oxygène dissous (mg/l)	7	8,4	5,6	7	0.5
Ortho phosphates (mg/l)	0.033	0.038	0.45	0.17	500

Tab.3 - Valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau de la source de AinChkef :

paramètres	Sortie 1	Sortie2	Sortie3	moyenne	Valeur Maximale Admissible
T°	23	24	22	23	25
pH	6.95	7.43	7.29	7.20	2
Conductivité (ms/cm)	757	759	764	760	> 6.5 et < 8.5
Turbidité NTU	1.77	1.34	1.86	1.65	2700
THT (°F)	32	30.9	30.1	30.9	5
TAC (°F)	28	27.8	26.3	27.36	50
Chlorures (mg/l)	99.4	71	85.3	85.23	50
Ammonium (mg/l)	0.025	0.075	0.063	0.054	50
Nitrates (mg/l)	3.2	4.8	4.3	4.1	0.5
Sulfates (mg/l)	4.8	5	5.2	5	750
Oxygène dissous (mg/l)	13.3	10.8	10.36	11.48	0.5
Orthophosphates (mg/l)	0.035	0.031	0.005	0.023	500

2 - Paramètres chimiques

a- Le pH

Le pH est un facteur important pour la qualité de l'eau. Au cours de cette étude les valeurs de pH ont varié de 6.9 à 7.4 pour l'eau prélevée à la source de Ain Chkef, et de 7.0 à 7.4 pour l'eau prélevée à Ras El Maa (Fig.2-D) et (Tb.2 et 3). Ces valeurs sont comprises dans l'intervalle des pH recommandés (6,5 à 8,5) par les normes de qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine.

Pour les eaux de distribution, un pH inférieur à 7 peut conduire à la corrosion des métaux des canalisations alors qu'un pH élevé peut conduire à des dépôts incrustants dans les circuits de distribution. Cette élévation peut réduire aussi l'efficacité du chlore employé comme désinfectant.

b - Le T.H.T.

C'est la concentration globale d'une eau en sel de calcium et de magnésium quel que soit l'anion associé.

Quels que soient le prélèvement et la source d'eau, les valeurs de T.H.T. sont toutes supérieures à 30 °F (30,9 et 35 °F respectivement à Ain Chkef et à Ras El Maa (Fig.2-E) et (Tb.2 et 3) . mais inférieures à la valeur maximale encore admissible et qui est de 50 °F. Ces eaux sont qualifiées de dures. En effet, Une eau est dite douce lorsque son T.H.T. est inférieur à 18°F et une eau est dite dure si son T.H.T. est supérieur à 30°F.

c - Le T.A.C.

Le titre alcalimétrique complet traduit l'alcalinité d'une eau. La valeur maximale admissible est de 50 °F. Toutes les valeurs obtenues pour les eaux des deux sources étudiées sont très inférieures 50 °F. Les valeurs moyennes sont de 23 et 27.36 °F respectivement pour l'eau prélevée à Ain Chkef et à Ras El Maa (Fig.2-F) et (Tb.2 et 3).

d - Les chlorures

Aux cours de notre étude les valeurs obtenues dans les eaux des deux sources sont très inférieures à la dose maximale admissible pour une eau de boisson (750 mg/l). En effet, les valeurs moyennes pour les deux sources sont de 85,2 et 87,5 mg/l respectivement pour les eaux prélevées à Ain Chkef et à Ras El Maa (Fig. 3-G) et (Tb.2 et 3).

L'inconvénient majeur des chlorures est la saveur désagréable qu'ils donnent à l'eau, notamment lorsqu'il s'agit des chlorures de sodium.

e - Les ammoniums

Les teneurs des eaux des deux sources en ion ammonium sont très faibles comparées à la teneur maximale admissible pour une eau de boisson et qui est fixée à 0,5 mg/l. Cependant, l'eau de la source de Ain Chkef présente des teneurs très faible (valeur moyenne : 0.054 mg/l) par rapport à l'eau de la source Ras El Maa (valeur moyenne : 0.3 mg/l), (Fig. 3-H) et (Tb.2 et 3) qui serait exposée à une source de pollution. En effet, la présence de l'azote ammoniacal en quantité relativement importante peut être l'indice d'une pollution par des rejets d'origine humaine ou industrielle. L'ammoniaque présente aussi l'inconvénient de diminuer l'efficacité du traitement de désinfection car il réagit avec le chlore disponible et produit des composés organochlorés qui sont indésirables.

f - Les nitrates

Les teneurs en nitrates sont très faibles comparées à la valeur maximale admissible pour une eau destinée à la consommation humaine et qui est de 50 mg/l. Contrairement à l'ion ammonium, ces teneurs sont plus élevées dans l'eau prélevée à Ain Chkef (valeur moyenne : 4.11 mg/l) que dans l'eau de la source Ras El Maa (valeur moyenne : 0.11 mg/l), (Fig. 3-I) et (Tb.2 et 3).

Bien que les nitrates n'aient pas d'effets toxiques directs, le fait qu'ils puissent donner naissance à des nitrites, ils peuvent entraîner une toxicité à long terme.

g - Les sulfates

Les teneurs en sulfates sont très inférieures à la concentration maximale admissible (500 mg/l) pour l'eau de boisson. En effet, les valeurs moyennes sont de 5,0 et 2,3 mg/l seulement respectivement pour l'eau prélevée à Ain Chkef et à Ras El Maa (Fig.4-J) et (Tab. 2 et 3) .

La présence des sulfates en quantités supérieures à 300mg/l peut entraîner dans certaines conditions une attaque du béton et accélérer la corrosion du fer et une teneur supérieur à 480 mg/l rend l'eau impropre à l'agriculture.

h - L'oxygène dissous

La teneur en oxygène conditionne la vie aquatique. On considère que celle-ci est, d'un point de vue fonction biologique, perturbée dès que la concentration passe en dessous de 5 mg/L et des mortalités piscicoles sont à redouter en dessous de 3 mg/l. Les valeurs admissibles sont comprises entre 5 et 8 mg/l pour une eau utilisée pour la consommation humaine.

Les teneurs en oxygène de l'eau prélevée à la source Ain Chkef (6,8 mg/l en moyenne) sont plus élevées que celles de l'eau prélevée à Ras El Maa (5,0 mg/l en moyenne) ,(Fig.4-K) et (Tb.2 et 3). L'eau de cette dernière source montre des valeurs critiques de la teneur en oxygène (inférieures à la concentration minimale admissible pour une eau de boisson qui est fixée à 5 mg/l) nécessitant ainsi un traitement par bullage. Ces teneurs faibles sont à rattacher à la température élevée enregistrée au niveau de la source de Ras El Maa. Effet, pour les trois sorties, les valeurs de température étaient voisine de 45 °C, à ces températures l'oxygène est moins soluble par rapport à des températures d'environ 20 °C.

i - Les orthophosphates

Les teneurs en ions orthophosphates sont inférieures à la concentration maximale admissible pour une eau destinée à la consommation humaine qui est de 0,5 mg/l. De plus, ces teneurs sont plus faibles dans l'eau prélevée à Ain chkef (0,023 mg/l) que celles dans l'eau prélevée au niveau de la source Ras El Maa (0,17 mg/l) , (Fig. 4-L) et (Tb.2 et 3).

Dans les eaux de surface, notamment les plans d'eau, les orthophosphates sont généralement responsable de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation. Les phosphates ont une

origine principalement domestique (contamination fécale et détergents) mais aussi agricole (engrais) et industrielle (industrie chimique).

3 - Paramètres biotiques

Au cours de cette étude, seules les coliformes totaux, les coliformes fécaux, les germes totaux et les streptocoques fécaux ont fait l'objet des analyses bactériologiques.

Au cours de cette étude, l'examen bactériologique révèle dans les trois prélèvements d'eau effectués au niveau de la source de Ain Chkef une contamination bactérienne d'origine fécale (Tab.4). En effet, la densité bactérienne est en moyenne de 7 U.F.C /100ml pour les coliformes totaux, 2 U.F.C./ml pour les germes totaux et de 2 U.F.C /100ml pour les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux (Tab. 4). Ces résultats, témoignant d'une contamination fécale n'obéissent pas aux normes marocaines de la qualité des eaux de boisson. La contamination des eaux de la source de Ain Chkef serait liée à une infiltration à la suite des fortes pluies qui ont précédées nos prélèvements.

Il est donc intéressant de faire des contrôles de la qualité bactériologiques des eaux après les périodes de précipitation et aussi de sensibiliser les populations à employer des désinfectants avant toute utilisation.

Pour l'eau prélevée à la source Ras El Maa, exceptés les germes totaux qui sont présents dans les trois prélèvements avec une densité moyenne de 7 U.F.C /ml, les analyses bactériologiques n'ont révélé aucune autre contamination (Tab. 5). Cette densité reste très inférieure à la densité maximale admissible pour une eau de consommation humaine (20 U.F.C./ml).

Par ailleurs, il est intéressant de rappeler que les analyses bactériologiques effectués restent insuffisantes, d'autre analyses complémentaire sont nécessaires pour confirmer l'absence de bactéries pathogènes du genre Salmonella et Schigella par exemples, en effet, au cours d'une étude précédente (Khaldi S., 2009), des analyses bactériologiques effectuées dans les eaux de la source Ayn Timganay ont révélé la présence de ces germes.

Tab. 4 - Résultats des analyses bactériologiques Ain Chkef

les micro-organismes	sortie 1	Sortie2	Sortie3	Moyenne
Coliformes totaux /100ml	4	15	2	7
Coliformes fécaux /100ml	2	3	1	2
Germes totaux /ml	3	0	3	2
Streptococciques fécaux /100ml	3	3	0	2

Tab. 5 - Résultats des analyses bactériologiques Ras El Maa

les micro-organismes	sortie 1	Sortie2	Sortie3	Moyenne
Coliformes totaux /100ml	0	0	0	0
Coliformes fécaux /100ml	0	0	0	0
Germes totaux /ml	6	8	7	7
Streptococciques fécaux /100ml	0	0	0	0

Tb.6 : Tableau comparatif des valeurs obtenues aux normes marocaines.

	Ras el maa	Aine chkef	Valeur Maximale Admissible
Nombre de coliformes totaux dans 100 ml	0	7	0 dans 95 % des analyses
Nombre coliformes fécaux dans 100 ml	0	2	0
Germes totaux dans 1ml	7	2	20
Nombre de streptocoques fécaux dans 100 ml	0	2	0

Conclusion

- La qualité physico-chimique des eaux des 2 sources est très satisfaisante ;
- La quasi-totalité des valeurs de paramètre physico-chimiques obtenus au cours de cette étude dans les deux sources, sont soit comprises dans l'intervalle des valeurs de la norme ou sont largement inférieures aux valeurs maximales admissibles pour une eau destinée à la consommation humaine .
- Les eaux de la source Ras El Maa ont des teneurs en oxygène dissous légèrement inférieures à la valeur maximale admissible. Ces teneurs faibles seraient liées aux températures élevées de l'eau de Ras El Maa (45 °C) ;
- L'examen bactériologique pour les trois sorties révèle des contaminations par des bactéries d'origine fécale .
- La qualité bactériologique, des eaux de Ras El Maa répond aux normes marocaines de qualité pour les eaux destinées à la consommation humaine .
- Cependant, pour les trois sorties, l'eau de la source de Ain Chkef, sont contaminées et doivent subir un traitement de désinfection avant utilisation comme eau de boisson.

- En fin, il est intéressant de rappeler que les analyses bactériologiques effectuées restent insuffisantes, d'autres analyses complémentaires sont nécessaires pour confirmer l'absence de bactéries pathogènes du genre Salmonella et Shigella par exemples.

Annexe

Normes marocaines de l'eau potable :

PARAMETRES	EAU POTABLE
Température°C	25
pH	6.5<PH<8.5
THT	50
TAC	50
Chlorures (mg /l)	750
Conductivité (us/cm)	2700
Turbidité (NTU)	5

Normes bactériennes de l'eau potable :

PARAMETRE	EAU POTABLE
Coliformes totaux (100ml)	0
Coliformes fécaux (100ml)	0
Streptocoques (100ml)	0
Germes totaux à 22°C	100
Germes totaux à 37°C	20

Milieu de culture et leur composition :

Préparation des milieux de cultures :

Pour réaliser l'isolement et l'identification des bactéries, il nous faut des milieux de cultures comme les suivant :

- ✚ Tergitol7 agar au TTC
- ✚ ENDO-C « pH=7.5 »
- ✚ Slanetz
- ✚ Gélose nutritive « pH=6.6 »

La gélose nutritive :

Ce milieu permet de cultiver des germes qui n'ont d'exigences particulières .C'est également une base intéressante à la quelle on pourra rajouter divers produit en fonction des germes à cultiver . La gélose est un milieu d'isolement non sélectif.

- Préparation :

Références bibliographiques

- ✚ **Compete rendu geosciences , volume 337, issues 1-2 , january-february 2005 , pages 39-56 (Alain Perrier , Andrée Tuzet)**
- ✚ **FAO.1990.Programme international d'action concernant l'eau et le développement agricole durable .Rome.**
- ✚ **Khaldi S., 2009 : Contrôle de la qualité des eaux de la source Ain Timganray.
Mémoire de fin d'étude, F.S.T. Fès - Saïs.**
- ✚ **Journal de la science de la terre d'Afrique, volume 32, Numéro 4, mai 2001, pages 777 - 789 (Essahlaoui. A, H. Sahbi, L. Bahi, N .El Yamine)**
- ✚ **Le guide des analyses de l'eau potable. Jean Luc POTELON**
- ✚ **PNUE.1991.Pollution des eaux douces. bibliothèque de l'environnement. PNUE/GEMS .N°6. Nairobi.**
- ✚ **Revue des sciences de l'eau et Matière organique Biodégradable, Vol .5.n° spécial, 1992.**
- ✚ **Rodier J. 1972. L'analyse de l'eau. 8éme édition 553 ,610 p**
- ✚ **S.Postel.1990. Last oasis: facing water scarcity. Norton, New York.**