UNIVERSITÉ KASDI MERBAH – OUARGLA –

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

LABORATOIRE DE BIOGEOCHIMIE DES MILIEUX DESERTIQUES

LABORATOIRE DE PROTECTION DES ÉCOSYSTÈMES EN ZONESARIDES ET SEMI-ARIDES

Mémoire

En vue de l`obtention du diplôme de Magister en Biologie

Option : Microbiologie appliquée

Par **Wassila HAMDI**

Thème

Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla

Soutenu publiquement le : 17 / 11 / 2011

Devant le jury

Mr HADJ-MAHAMMED Mahfoud	Pr.	Univ. de Ouargla	Président
Mr OULD EL HADJ Mohamed Didi	Pr.	Univ. de Ouargla	Encadreur
Mme SIBOUKEUR Oumelkheir	MCA	Univ. de Ouargla	Examinateur
Mr BOUTAOUTAOU Djamel	MCA	Univ. de Ouargla	Examinateur
Mr TOUIL Youcef	MAA	Univ. de Ouargla	Invité

Année universitaire 2010/2011

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Remerciements

Avant tout je remercie Dieu tout puissant, de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Je tiens tout particulièrement à témoigner ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Monsieur OULD EL HADJ Mohamed Didi, Professeur au département des sciences de la nature et de la vie de la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, d'avoir accepté de m'encadrer sur le thème, de m'avoir conseillé judicieusement, orienté, encouragé et de m'apporter une attention tout au long de ce travail.

A Monsieur TOUIL Youcef mon co-promoteur, Maître assistant chargé de cours au département de l'hydraulique et de génie civil de la faculté des sciences et de la technologie et des sciences de la matière de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, pour l'intérêt scientifique qu'il a porté au travail, de m'avoir conseillé judicieusement, orienté et encouragé tout au long de ce travail.

C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes remerciements à Monsieur HADJ-MAHAMMED Mahfoud, Professeur au département des sciences de la matière de la faculté des sciences et de la technologie et sciences de la matière de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury.

A Madame SIBOUKEUR Oumelkheir, Maître de conférences au département des sciences de la nature et de la vie de la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, pour l'honneur qu'elle me fait en acceptant d'examiner ce travail.

A Monsieur BOUTAOUTAOU Djamel, Maître de conférences au département de l'hydraulique et de génie civil de la faculté des sciences et de la technologie et sciences de la matière de l'université Kasdi Merbah-Ouargla, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant d'examiner ce travail.

Mes vifs remerciements s'adressent à tout le personnel du laboratoire de protection des écosystèmes en zones arides et semi-arides, en particulier Mademoiselle BOUGHABA Latifa, Mademoiselle SAYAH Zineb, Monsieur KEMASSI Abdellah.

A tout le personnel du laboratoire, de Biogéochimie des milieux désertiques, particulièrement Mademoiselle GHERAIRI Yamina.

A tout le personnel du laboratoire central de l'Etablissement Public "Algérienne des Eaux", particulièrement à Mademoiselle CHIBANI Aicha, Mademoiselle BENCHEIKH Siham, Madame KATEB Leila, Madame BOUBLAL Houria, Madame ABANI Bahria, Monsieur BENSALEM Hamza, Mademoiselle DOUADI Sabah, Mademoiselle KABDI Saliha, Mademoiselle GOUDJL Asma, Monsieur MEKHARMECH Yâakob, Monsieur BENMEBARK Fateh, pour leur précieux aides qu'ils m'ont apporté, sans oublier le service technique de l'Etablissement Public "Algérienne des Eaux", en particulier Monsieur KHOUADJA Brahim, Monsieur MAABDI Abdessalam, Monsieur ZENKHRI Messaoud.

Je profite pour remercier, Madame ZEKRI-BOUACHE Fouzia, Madame SOUK Chahra, Madame LOUSAÏ Zineb, Monsieur HANNACHI Slimane, Madame TEMACINI Saïda, Mademoiselle HAMDI Fatima, pour leur aide et leurs encouragements

A tout ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail, à mes parents, pour leurs sacrifices et encouragements à mon égard, que Dieu leur accorde une longue vie,

A mes sœurs et frères,

A toute ma famille de près ou de loin,

A tous mes amis,

Pour m'avoir constamment soutenu moralement et encouragé à aller de l'avant, face aux difficultés rencontrées.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Liste des tableaux

N°	Tableaux	Pages
1	Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Ain El kheir (ADE, 2010)	21
2	Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Mekhadma (ADE, 2010)	22
3	Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Beni Tour (Cité Bouzid) (ADE, 2010)	26
4	Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Gherbouz (ADE, 2010)	17
5	Quelques données sur les ouvrages hydrauliques de Sokra et Ziaina (ADE, 2010)	28
6	Récapitulatif de l'échantillonnage des eaux d'adduction des 4 campagnes (2011)	31
7	Analyse de la variance appliquée au chlore résiduel libre des eaux domestiques	32
8	Analyse de la variance appliquée au pH des eaux domestiques	34
9	Analyse de la variance appliquée à la conductivité des eaux domestiques	36
10	Analyse de la variance appliquée aux taux de sels dissous et la salinité des eaux domestiques	38
11	Classification des eaux potables selon l'extrait sec (RODIER et *al*., 2005)	39
12	Analyse de la variance appliquée aux résidus secs des eaux domestiques	41
13	Analyse de la variance appliquée de la température des eaux domestiques	41
14	Analyse de la variance appliquée à la turbidité des eaux domestiques	42
15	Analyse de la variance appliquée à l'anhydride carbonique libre des eaux domestiques	42
16	Analyse de la variance appliquée au titre alcalin complet des eaux domestiques échantillonnées	44
17	Normes pour la dureté des eaux de boisson (OMS, 1972)	46
18	Analyse de la variance appliquée à la dureté totale des eaux domestiques	46
19	Analyse de la variance appliquée à quelques éléments minéraux (cations) des eaux domestiques	48
20	Analyse de la variance appliquée à quelques ions (anions) des eaux domestiques	50
21	Analyse de la variance appliquée à l'ammonium des eaux domestiques	52
22	Analyse de la variance appliquée aux nitrites des eaux domestiques	54
23	Analyse de la variance appliquée aux nitrates des eaux domestiques	55
24	Analyse de la variance appliquée à l'orthophosphate des eaux domestiques pour les 4 campagnes	57
25	Quelques caractéristiques hygiéniques des eaux d'adduction de la cuvette de Ouargla pour les 4 campagnes	58
26	Analyse de la variance appliquée aux germes totaux à 22°C et à 37°C sur la qualité des eaux domestiques	64

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Liste des figures

N°	Figure	Pages
1	Plan de répartition des ouvrages et zones d'alimentation en eau potable (AEP) enquêtées (ADE, 2011)	22
2	Pollution ponctuelle d'une nappe libre par suite d'un assainissement défectueux (RENARD, 2002)	26
3	Coupe chronostratographique d'un forage (IZRI et SKANDER, 2005)	29
4	Chlore résiduel libre des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	33
5	pH des échantillons d'eau étudiés pour des 4 compagnes	33
6	pH de saturation des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	35
7	Conductivité électrique des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	35
8	Taux des sels dissous (TDS) des échantillons d'eau étudiés pour les 4 compagnes	37
9	Salinité des échantillons d'eau étudiés pour les 4 compagnes	37
10	Résidus secs des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	40
11	Différentes température des échantillons d'eau étudiés pour les 4 compagnes	40
12	Turbidité des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	43
13	Anhydride carbonique libre des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	43
14	Titre alcalin complet des échantillons d'eau étudiés pour les campagnes	45
15	Dureté totale des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	45
16	Cations des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	51
17	Anions des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	51
18	Taux d'ammonium des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	53
19	Taux de nitrites des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	53
20	Taux de nitrates des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	56
21	Taux de l'orthophosphates des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes	56
22	Projection des variables	71
23	Projection des individus	71
24	Tendances globales des différents échantillons d'eau étudiés selon les zones de prélèvements de la cuvette de Ouargla	72

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Liste des photos

N°	Photos	Pages
1	Chambre des vannes en bon état	23
2	Chambre des vannes en mauvais état	23
3	Forage Mekhadma 1	24
4	Bâche et surélevé du complexe Mekhadma	24
5	Source de pollutions biologiques	25
6	Source de pollutions biologiques et physico-chimiques	25
7	Conduite d'assainissement à coté de celle de l'alimentation en eau potable	25
8	Fuite de conduite de l'alimentation en eau potable	25
9	Mauvaises herbes autour du forage	27
10	Eau de la nappe phréatique couvrant la vanne	27

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Sommaire

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Sommaire

Introduction ……1

Chapitre 1.- Méthodologie de travail

1.1.- Présentation de la zone d'étude....4
1.2.- Principe adopté pour la présente étude....5
1.3.- Choix des sites de prélèvement....6
1.3.1.-Forage Mekhadma....6
1.3.2.-Complexe hydraulique de Mekhadma....6
1.3.3.- Réseau de distribution....6
1.4.- Echantillonnage....7
1.4.1.- Techniques d'échantillonnage....7
1.4.2.- Transport et conservation au laboratoire....7
1.5.- Techniques d'analyses....8
1.5.1.- Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques....12
1.5.1.1.- Caractéristiques organoleptiques....12
1.5.1.2.- Dosages physico-chimiques....12
1.5.1.2.1.- Dosage du chlore libre....12
1.5.1.2.2.- Détermination du pH....12
1.5.1.2.3.- Mesure de la conductivité....12
1.5.1.2.4.- Mesure de la turbidité....12
1.5.1.2.5.- Détermination du résidu sec....12
1.5.1.2.6.- Détermination des matières en suspension....12
1.5.1.2.7.- Dosage de l'anhydride carbonique libre (CO_2)....12
1.5.1.2.8.- Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})....12
1.5.1.2.9.- Dosage du sodium et du potassium....12
1.5.1.2.10.- Détermination des chlorures (Cl^-)....12
1.5.1.2.11.- Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})....13
1.5.1.2.12.- Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)....13
1.5.2.- Analyses biochimiques....13
1.5.2.1.- Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)....13
1.5.2.2.- Dosage des nitrites (NO_2^-)....13
1.5.2.3.- Dosage des Nitrates (NO_3^-)....14
1.5.2.4.- Détermination des phosphates (PO_4^{3-})....14
1.5.3.- Analyses hygiéniques....14
1.5.3.1.- Recherche des germes indicateurs de contamination....14
1.5.3.2.- Recherche de germes pathogènes....17
1.6.- Exploitation des résultats....18
1.6.1.- Analyses de la variance....18
1.6.2.- Analyse en composante principale (ACP)....18

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Chapitre 2.- Résultats et discussion

2.1.- Diagnostic de quelques ouvrages hydrauliques du réseau d'adduction en eau potable (AEP).....21
2.2.- Caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques.....30
2.2.1- Caractéristiques organoleptiques.....30
2.2.2- Chlore résiduel libre.....31
2.2.3.-pH.....32
2.2.4.- Conductivité électrique.....34
2.2.5.- Taux des sels dissous (TDS) et salinité.....36
2.2.6.- Résidu sec.....38
2.2.7.-Température.....39
2.2.8.-Turbidité.....41
2.2.9.- Anhydride carbonique libre.....42
2.2.10.- Titre alcalin complet.....44
2.2.11.- Dureté totale (titre hydrotimétrique).....44
2.2.12.- Minéralisation globale.....46
2.3.- Caractéristiques biochimiques.....52
2.3.1.- Ammonium.....52
2.3.2.-Nitrites.....52
2.3.3.- Nitrates.....54
2.3.4.- Orthophosphate.....55
2.4.- Caractéristiques hygiéniques.....57
2.4.1.- Germes totaux.....57
2.3.2.- Coliformes totaux.....64
2.3.3.- Coliformes fécaux.....65
2.3.4.- Streptocoques fécaux.....67
2.3.5.- Clostridium Sulfito-Réducteurs.....68
2.5.-Analyse en composantes principales (ACP).....69

Conclusion.....75

Références bibliographiques.....78

Annexes.....88

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Introduction

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Si selon l'adage, l'eau est le miroir de la santé, elle peut devenir source de maladies et de nuisances. Les maladies à transmission hydrique, ont toujours sévi à l'état endémique et conservent jusqu'à présent leur proéminence sur toutes les autres maladies à déclaration obligatoire (BOUZIANI, 2000), avec un nombre important de cas de maladies à transmission hydrique chaque année au niveau de la wilaya de Ouargla. La bonne qualité de l'eau de boisson, est primordiale pour la santé humaine, surtout que les risques de pollutions existent à chaque étape du parcours de l'eau. Les maladies liées à la contamination de l'eau de boisson représentent une charge considérable pour l'humanité. Les interventions visant à améliorer la qualité de l'eau de boisson, apportent des bénéfices notables en matière de santé (OMS, 2004). Le coût du mètre cube d'eau est directement lié à son traitement et donc à la pollution de la ressource. A cet effet, dans toute gestion de ressource, les actions préventives doivent être privilégiées par rapport aux actions curatives (MONTIEL, 1999).

Face à ce constat, la présente étude porte sur la qualité hygiénique et les caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla. Le contrôle de la qualité de l'eau de boisson demeure important et indispensable selon sa provenance : eau de surface, eau souterraine, eau brute, eau traitée, eau stockée dans les réservoirs, ou dans le réseau de distribution. Ce contrôle dépend des volumes journaliers distribués et la population desservie. Dans tous les cas, l'eau mise à disposition du consommateur dans le réseau de distribution doit avoir été traitée de façon à être potable, c'est-à-dire répondre à la réglementation en vigueur pour les eaux destinées à la consommation humaine. Car l'eau a une grande importance dans la vie des être vivants et pour le consommé, elle doit être caractérisée par certains nombres de paramètres hygiéniques et physico-chimiques, selon le type d'utilisation.

Le présent document est structuré en deux chapitres. Le premier chapitre est consacré à la méthodologie de travail. Il porte sur une présentation de la zone d'étude, les choix des sites de prélèvement et le réservoir du complexe Mekhadma. Il est noté aussi les analyses hygiéniques et physico-chimiques de l'eau domestique, mais aussi l'échantillonnage, qui restent une opération délicate, nécessitent, un matériel spécifique à chaque type d'analyse, tout en respectant les conditions de transport et de conservation au laboratoire. Les analyses de laboratoire sont complétées par des analyses statistiques. Le deuxième chapitre est réservé aux résultats et discussions des essais expérimentaux portant sur les analyses physico-chimiques et hygiéniques de l'eau d'adduction de quelques localités de la cuvette de Ouargla. Une conclusion et des perspectives achèvent la présente étude.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Chapitre 1
Méthodologie de travail

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

1.1.- Présentation de la zone d'étude

La cuvette de Ouargla est située au Sud-Est du pays (DPAT, 2006), à environ 800 km au Sud-Est d'Alger. Elle s'étend sur environ 30 km de long et 12 à 18 km de large, à une altitude variant de 103 à 150 m. Elle est bordée à l'Ouest par un plateau de 200 à 230 m d'altitude et à l'Est par un plateau à moins de 160 m d'altitude (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). Elle se caractérise par un climat Saharien, avec une pluviométrie très réduite, des températures élevées, une forte évaporation et par une faiblesse de la vie biologique de l'écosystème (DPAT, 2006). La température moyenne annuelle est de 23,74°C. Les mois les plus chauds de la cuvette de Ouargla, sont Juin et Juillet avec des températures moyennes mensuelles respectivement de 32,50°C et 35,40°C. Les basses températures sont enregistrées en Janvier (09,70°C à 10,80°C) (DPAT, 2006).

Les précipitations sont rares et irrégulières, et varient entre 1 mm et 180 mm par année exceptionnelle. La répartition annuelle des pluies est caractérisée par une période d'absence presque totale de précipitations qui s'étend du mois de Mai au mois de Septembre et pendant laquelle la moyenne des précipitations, représente moins de 18% du total annuel (IDDER, 2005). Les vents dominants de cette oasis, sont le Sirocco (vent chaud et sec) qui peut être observé à toute époque de l'année. L'évaporation est très importante, et accentuée par la sécheresse de l'air et les fortes températures (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975).

L'humidité moyenne annuelle est de 40,3% en 2006. Le taux d'humidité tourne aux environ de 65% aux mois de Décembre et de Janvier et à 21% au mois de Juin, à cause de la forte évaporation durant ce mois (295 mm en 2006) (DPAT, 2007).

Selon KAFI et *al.* (1977) cités par HANNACHI et KHITRI (1991), les sols de Ouargla se caractérisent par une texture sablonneuse, une structure particulière, à pH alcalin avec une très forte salinité.

L'eau souterraine constitue la principale source d'eau dans la région de Ouargla. Elle se dispose d`un potentiel hydrique très important constitué de trois grands ensembles aquifères qui va du haut vers le bas, donnant ainsi des ressources en eaux souterraines, et des ressources en eaux superficielles. La nappe du quaternaire ou nappe phréatique est dite aussi nappe libre. Cette nappe est contenue dans les sables alluviaux de la vallée, en se localisant principalement dans la vallée d'Oued Righ et dans la cuvette. Cette nappe s'écoule du Sud vers le Nord suivant la pente de la vallée. Sa profondeur varie en fonction des points et des saisons, généralement entre 1 et 2 m, parfois moins entre 0,15 m et 0,25 m, à proximité du chott d'Oum Er-Raneb. Elle peut dépasser 18 m au Sud de Ouargla (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). Elle affleure dans les zones basses (sebkhas et chott) et dans certaines palmeraies. Elle est située à une dizaine de mètres de profondeur. Cette nappe n`est pas exploitée à cause de sa grande salinité qui dépasse les 15 g/l. En outre, elle est polluée, car elle se mélange aux eaux urbaines et aux eaux de drainage de la palmeraie (ONA, 2003). L'ensemble aquifère du Complexe Terminal (CT), comprend trois aquifères différents qui de haut en bas, sont le Mio-pliocène, le Sénonien et le Turonien (ONA, 2003). L'exploitation de la nappe du Mio-pliocène par le creusement de nombreux puits

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

artésiens, date de 1883. Cette nappe est contenue dans les sables grossiers, atteints vers 30 à 60 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui autrefois irriguaient les palmeraies de Ouargla (ONA, 2003). L'eau est alors située entre 30 et 60 mètres de profondeur. En 1901, le nombre de puits atteint 160 et l'artésianisme diminue. Le développement de ces puits et une meilleure disponibilité en eau, a favorisé la sédentarisation des nomades dans l'oasis (ONA, 2003). Elle s'écoule du Sud Sud-Ouest vers le Nord Nord-Est en direction du Chott Melghir. Sa salinité est très variable varie de 2 à 7 g/l. Elle est utilisée surtout pour l`irrigation (AMMOUR et TOUIL, 2007). La nappe artésienne du Sénonien est exploitée dans les calcaires entre 140 et 200 m de profondeur. Le résidu sec varie entre 1,8 et 3,6 g/l. Elle est surtout utilisée dans l`alimentation en eau potable (ONA, 2003). Un ensemble aquifère du Complexe Intercalaire (continental intercalaire), contient la nappe de l`Albien, et considéré parmi les plus grands réservoirs souterrains d`Afrique, couvrant une superficie de 800.000 km². C'est une nappe fossile fortement artésienne qui n'est pas réalimentée par la climatologie actuelle. Cette réserve de 3,5.1013 m³ en un réservoir de 2550 m d`épaisseur et de 800 à 1300 m de profondeur, doit être gérée comme une ressource minière épuisable (ROUVILLOIS-BRIGOL, 1975). Sa température varie de 30 à 70°C, son résidu sec est de l`ordre de 2 g/l. Elle est essentiellement utilisée pour l`alimentation en eau potable et l`excès de pompage sert à l`irrigation (ONA, 2003).

La cuvette de Ouargla est alimentée par trois oueds importants: Oued M'Zab, Oued N'Sa, Oued M'Ya. L'oued M'Zab coule d'Ouest en Est sur environ 320 km de la région de Botma Rouila à 750 m d'altitude jusqu'à Sebkhet Safioune à 107 m située au Nord de la cuvette d`Ouargla. La surface du bassin versant, est de 5000 km². Il n'y a pas d'écoulement pérenne. Les crues sont exceptionnelles, les dernières observées datent de 1901, 1951, 1991 et septembre 1994. Le débit mesuré en 1994 a atteint 13,5 m³/seconde (ONA, 2003). Le bassin versant d`Oued N'Sa couvre une superficie de 7800 km². Il coule selon une direction Ouest-Est dans son cours supérieur, en direction Nord-Nord-Ouest-Sud-Sud-Est dans son cours moyen sur une longueur d'environ 100 km et de nouveau vers l'Est en son cours inférieur pour se déverser dans Sebkhet Safioune. Les crues sont également exceptionnelles. La dernière date de 1994, où le débit enregistré a été de 35 m³/seconde (ONA, 2003). Le bassin de l'oued M'Ya couvre une superficie de 19800 km². Les écoulements sont plus fréquents en novembre, octobre, mai et juin. Les crues d`Oued M'Ya se perdent à 200 km en amont de la ville de Ouargla (ONA, 2003).

1.2.- Principe adopté pour la présente étude

L'eau est une ressource naturelle autour de la quelle se maintient et se développe la vie. L'accroissement de la demande en eau au fil des années a engendré l'augmentation des réseaux d'adduction. Toutefois, les risques de pollution mettent cette source en péril et constituent une menace pour la qualité hygiénique et les caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques. La non-conformité souvent des réseaux d'approvisionnement en eau potable (AEP) aux normes techniques, aggravées par des raccordements illicites par certains consommateurs, les fuites, et les cross-connexions, demeurent des situations qui laissent supposer que l'épouvantail des contaminations des réseaux de distribution, sont toujours présents dans quelques localités de la cuvette de Ouargla (Sahara septentrional Est algérien). La présente étude porte sur des analyses de la qualité hygiénique et physico-chimique de l'eau domestique de la

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

cuvette de Ouargla. L'étude recherche à détecter et à proposer d'éventuelles solutions aux sources de contamination du réseau d'adduction. Cette étude est une activité fondamentale de prévention pour garantir une eau de bonne qualité pour le consommateur et préserver la santé publique contre les maladies à transmission hydrique.

1.3.- Choix des sites de prélèvement

Pour mettre en évidence l'influence du milieu extérieur sur la qualité hygiénique et la qualité physico-chimique de l'eau domestique véhiculée à travers les conduites de distribution, une enquête sur l'état extérieur des ouvrages hydrauliques et du réseau de distribution est effectuée. Il sera retenu les sites qui sont exposés aux éventuels risques de pollution, tels que les décharges publiques, les débordements des eaux usées, les fuites répétitives ou mal réparées, etc. Elle est suivie des prélèvements pour analyse, afin de détecter la pollution par certains paramètres indicateurs. L'échantillonnage comprend, un prélèvement au niveau du puit (forage) exploité, un prélèvement au niveau du réservoir alimenté par le forage et un prélèvement au niveau du réseau de distribution.

1.3.1.-Forage Mekhadma

Le forage Mekhadma est situé au sud de la localité Mekhadma. Il est mis en service en 2005. Il est foré dans la nappe sénonienne à une profondeur de 179 m. Le débit volumétrique qui est mobilisé par le forage est de 101 m^3/h. Il alimente le complexe du réseau d'adduction de la localité Mekhadma, par une conduite de 160 mm de diamètre qui s'étend sur une longueur de 850 m de PVC, avant d'alimenter le réservoir d'adduction (ADE, 2011).

1.3.2.-Complexe hydraulique de Mekhadma

Le complexe hydraulique de Mekhadma, se situe au Sud de Mekhadma. Il est mis en service en 1993. Il est présentement qualifié de bon état. Il comprend un réservoir de stockage d'une capacité estimée à 2000 m^3, et un surélevé de 300 m^3 pour augmenter la pression de l'eau. Le réservoir est alimenté par un mélange de quatre forages dont celui de Mekhadma 1, Mekhadma 2, Mekhadma 3, et le forage de l'université. Il est débite près de 7776 m^3/jour dans le réservoir de stockage. Les localités alimentées à partir de cette adduction d'eau sont les quartiers de Mekhadma, les cités des 460, des 700, des 300 logements, la cité de la police, l'université Kasdi Merbah, la cité de l'ex-ITAS et ses alentours, une partie de la zone industrielle et une partie du quartier de Sokra (ADE, 2011).

1.3.3.- Réseau de distribution

Il a été retenu trois zones alimentées par le complexe de Mekhadma. Il s'agit des réseaux de distribution de Mekhadma, la cité des 460 logements, et la zone d'activité (route de Ghardaïa). Les conduites des réseaux, sont en amiante-ciment (AC) de diamètres variables de 60 mm à 350 mm dans certains endroits, et/ou en polyvinyl chloride (PVC) de diamètres variable de 25 mm à 250 mm (ADE, 2011).

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

1.3.3.1.- Mekhadma

Le quartier Mekhadma se situe au Nord du complexe. Il existe dans cette localité surtout des habitations individuelles. C'est une des anciennes localités de la cuvette de Ouargla. elle est peuplée. De cette localité, il a été retenu pour la présente étude, le domicile Debbache belkheir de la cité Saaidat, l'école primaire Chibani Mohamed de la cité Saaidat, et la polyclinique Mekhadma de la cité 80 logements.

1.3.3.2.- Cité des 460 logements

C'est un nouveau quartier situé à l'Est du complexe Mekhadma. C'est un quartier de type d'habitation collective. Dans cette localité, les conduits se trouvent, dans un état critique à cause des fuites répétitives et les débordements des eaux usées. Il a été retenu:
- La maison n° 11 du bloc N qui est un bureau d'avocat au nom de Barbar Fatiha,
- La maison n° 202 du bloc B qui est une entreprise privée de travaux public et de construction Hydraulique de Medaken Khaled,
- n° 315 bloc A qui est le domicile de Gouamid Mohamed.

1.3.3.2.- Zone d'activité (Route de Ghardaïa)

C'est un nouveau quartier administratif, à habitation collective, d'aspect moyen. Des fuites répétitives existent au niveau des pièces spéciales d'AEP, et le drain qui se présente pose un risque de contamination. Les points d'étude choisis sont :
- Station d'essence privée de Benfardia Ibrahim; l'état hygiénique est moyen,
- Le local de l'inspection du travail; construction récente,
- Le siège de la protection civile; établissement public.

1.4.- Echantillonnage

1.4.1.- Techniques d'échantillonnage

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.) (RODIER *et al*., 2005). Le matériel de prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière. L'emploi de flacons neufs en verre borosilicaté de préférence bouchés émeri ou le cas échéant avec des bouchons en polyéthylène ou en téflon maintenus pendant 1 heure dans l'eau distillée puis séchés. Pour les analyses microbiologiques, les flacons utilisés doivent assurer une fois bouchés, une protection totale contre toute contamination. Il est conseillé d'utiliser des flacons en verre de 250, 500, 1000 ml. Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

flacons en verre seront stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant 1 heure, soit au four Pasteur à 180°C pendant 1 h 30 (LARPENT, 1997). En présence d'une eau traitée par un oxydant, il faut ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10% (RODIER *et al*., 2005). Pour la présente étude, des flacons de 500 ml en verre sont utilisés.

Suivant l'origine de l'eau le mode de prélèvement varie. Dans le cas d'une rivière, d'une nappe ouverte, d'un réservoir, d'une citerne, la bouteille sera plongée à une certaine distance du fond (50 cm) et de la surface assez loin des rives ou des bords ainsi que pour des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la mise en suspension des dépôts. Dans le cas d'un robinet, il sera indispensable de faire couler l'eau pendant un certain temps qui ne sera jamais inférieur à 10 mn (RODIER *et al*., 2005).

Durant les prélèvements, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchon est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. Les prélèvements s'effectuent dans les meilleures conditions de stérilisation. Pour procéder aux prélèvements, il y a lieu de suivre les étapes suivantes :

- Se laver très soigneusement les mains et les avant-bras, les rincer à l'alcool et les laisser sécher;
- Flamber le robinet pendant au moins 1 minute en utilisant par exemple une lampe à souder portative au gaz butane ou une tige en fer enrobée de coton imbibé d'alcool;
- Ouvrir le robinet et laisser couler 10 minutes avant de faire le prélèvement, tout en gardant la flamme allumée à côté du robinet (RODIER *et al*., 2005).

1.4.2.- Transport et conservation au laboratoire

Afin d'éviter que la teneur initiale en germes des eaux ne risque de subir des modifications dans le flacon, toutes les analyses sont effectuées le plus rapidement possible. L'évolution est difficile à prévoir et dépend de nombreux facteurs: température, concurrence bactérienne des espèces présentes, composition chimique de l'eau. A cet effet, la circulaire du 21 janvier 1960, relative aux méthodes d'analyses bactériologiques des eaux d'alimentation spécifie que «si la durée du transport dépasse 1 heure, et si la température extérieure est supérieure à 10°C, les prélèvements seront transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans de telles conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures, après le recueil de l'échantillon. Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée, il faut entreposer les échantillons à 4 °C (RODIER *et al*., 2005).

Après prélèvement, les échantillons sont transportés aseptiquement à la température de 4°C dans des isothermes à l'obscurité pour assurer une conservation satisfaisante (LARPENT, 1997).

1.5.- Techniques d'analyses

La périodicité des analyses sera fonction du débit journalier prélevé au niveau des ouvrages et installations de productions destinés à l'alimentation en eau potable, mais aussi du

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

volume journalier fourni par le réseau de distribution d'eau (JORA, 2009); de la population desservie (plus celle-ci sera grande, plus la fréquence d'analyses sera accrue); de la qualité de l'eau, en particulier si celle-ci est soumise à des pollutions permanentes ou occasionnelles. Elle dépendra du choix des paramètres analytiques représentatifs de la pollution générale comme l'oxygène dissous, les matières en suspension, les germes de pollution fécale, etc., ou d'une pollution particulière liée à des rejets (métaux toxiques, matières organiques, etc.) (RODIER *et al*., 2005).

1.5.1.- Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques

1.5.1.1.- Caractéristiques organoleptiques

1.5.1.1.1.- Détermination de l'odeur

Pour obtenir approximativement l'échelle des intensités des odeurs, il est opéré de la façon suivante: dans une première fiole conique mettre 50 ml d'échantillon, dans une deuxième 16 ml, dans une troisième 6 ml et compléter chaque flacon à 240 ml avec de l'eau inodore; dans une quatrième, mettre 240 ml d'eau désodorisée à titre de référence. Pour être complète, la détermination est effectuée à froid (25°C) et à chaud (60°C) après chauffage sur plaque ou dans un bain-marie. Ne pas faire varier la température de plus de 1 degré au cours d'une opération. Secouer chaque flacon 3 ou 4 fois avant de sentir pour caractériser le type d'odeur (RODIER et *al*., 2005).

1.5.1.1.2.- Évaluation du goût

Il est effectué par dégustation dans un local réservé à cet usage et s'assurer de la propreté rigoureuse de la verrerie employée. Avant chaque dégustation, l'opérateur se rincera la bouche avec de l'eau de référence. Effectuer la dégustation à 30°C et quelquefois à 20°C. L'opérateur prendra de l'eau en quantité suffisante dans sa bouche (15 ml environ) pour l'imprégner en totalité. Deux méthodes utilisables conjointement, vu leur rapidité, sont recommandées. Dans l'un prendre un peu d'eau dans la bouche et la faire voyager d'un côté à l'autre (éventuellement, faire passer un peu d'air au travers) puis la rejeter. Dans le suivant, laisser une petite quantité d'eau dans la partie antérieure de la bouche en contact avec les papilles de la pointe de la langue, sans agiter, pendant 5 à 10 secondes (ceci particulièrement pour les eaux froides). Avaler ensuite doucement, certains goûts se développant immédiatement après déglutition (RODIER *et al*., 2005). Pour la présente étude la dégustation est effectuée par une équipe d'au moins trois opérateurs.

1.5.1.1.3.- Détermination de la couleur (examen visuel)

Cette méthode rapide donne une première indication sur la coloration apparente de l'eau. C'est la seule qui puisse être utilisée sur le terrain de manière simple. Elle consiste à placer

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

l'échantillon à analyser non filtré dans une bouteille incolore, de préférence en verre, propre d'au moins un litre, d'examiner l'intensité de la couleur et la teinte de l'échantillon sous lumière diffuse sur un fond blanc. Si l'échantillon contient des matières en suspension, le laisser, si possible décanter avant examen (FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

1.5.1.2.- Dosages physico-chimiques

1.5.1.2.1.- Dosage du chlore libre

Le dosage chlore libre, la DPD (N, N-Diéthylphénylène-,4diamine) sert d'indicateur redox, coloré en rose en milieu oxydant et incolore en milieu réducteur à un pH compris entre 6,2 et 6,5. Le chlore réagit instantanément avec la DPD en absence d'ions iodure dans le milieu réactionnel. La coloration développée est ensuite mesurée par un colorimètre de terrain (FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

1.5.1.2.2.- Détermination du pH

Le pH est mesuré directement à l'aide d'une électrode de pH combinée. Il consiste à tremper l'électrode dans le bêcher de l'échantillon, laisser stabiliser un moment, puis noter le pH (RODIER *et al*., 2005).

1.5.1.2.3.- Mesure de la conductivité

Pour la détermination de la conductivité, il est utilisé un conductivimètre multiéléments. Elle est déterminée après rinçage plusieurs fois de l'électrode, d'abord avec de l'eau distillée puis en la plongeant dans un récipient contenant de l'eau à examiner; faire la mesure en prenant soin que l'électrode soit complètement immergée. Le résultat de conductivité est donné directement en µS/cm. Le résultat de la salinité et du taux de sels dissous (TDS) sont donnés respectivement en ‰ et en mg/l (RODIER *et al*., 2005).

1.5.1.2.4.- Mesure de la turbidité

Elle se détermine à l'aide d'un turbidimètre HACH 2100N. Après remplissage de la cuvette de mesure propre et bien essuyée au papier hygiénique contenant l'échantillon à analyser, bien homogénéisé, il s'effectue rapidement la mesure. Il est nécessaire de vérifier l'absence de bulle d'air avant la mesure. La mesure est obtenue directement en NTU (RODIER *et al*., 2005).

1.5.1.2.5.- Détermination du résidu sec

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. Elle consiste à prélever 100 ml d'eau à analyser dans une fiole jaugée et la

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

déverser dans la capsule. Cette est dernière placée à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, puis laisser refroidir pendant ¼ d'heure au dessiccateur, et peser immédiatement. Les résultats sont donnés en mg/l suivant l'expression (RODIER *et al*., 2005):

$$RS = (PP - PV)\ 10 \times 1000$$

PP: Poids plein de la capsule
PV: Poids à vide de la capsule

1.5.1.2.6.- Détermination des matières en suspension

Les matières en suspension sont déterminées par pesée différentielle suivant la formule de RODIER *et al*. (2005), après vaporisation de l'échantillon à une température de 150°C pendant 2 heures.

$$MES\ (mg/l) = Pp\text{-}Pv \times 100000/100 = (Pp\text{-}Pv) \times 10000$$

Pp : Poids plein du filtre
Pv: Poids vide du filtre

1.5.1.2.7.- Dosage de l'anhydride carbonique libre (CO_2)

L'eau est recueillie sur une quantité d'hydroxyde de sodium légèrement supérieure à celle qui est nécessaire pour neutraliser l'anhydride carbonique libre. L'hydroxyde de sodium en excès est ensuite dosé, en présence de phénolphtaléine par une solution titrée d'acide chlorhydrique. La quantité d'anhydride carbonique libre contenue dans l'eau en milliéquivalents au litre, est donnée par l'expression (RODIER *et al*., 2005):

$$(B\text{-}A) \times 1000 \times 2/10V = 200\ (B\text{-}A)/V$$

V : Volume en millilitres de la prise d'essai
A : Nombre de millilitres d'acide N/10 utilisés pour le dosage
B : Nombre de millilitres d'acide N/10 utilisés à l'essai à blanc

1.5.1.2.8.- Détermination du calcium (Ca^{2+}) et du magnésium (Mg^{2+})

Le titrage molaire des ions calcium et magnésium se fait à l'aide d'une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétraacétique (EDTA) à pH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur. La détermination de la quantité de calcium est donnée par la formule suivante:

$$Ca^{2+}\ (mg/l) = V_1 \times 0.01 \times F \times 40.08 \times 1000/50$$

Donc

$$Ca^{2+}\ (mg/l) = V_1 \times F \times 8.016$$

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

V_1: Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée
C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l)
M_{ca}^{2+} : Masse molaire du calcium en g
PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)
F : Facteur de dillution

La détermination de la quantité en magnésium est donnée par la formule suivante:

$$Mg^{2+}\ (mg/l) = (V_2\text{-}V_1) \times C_{EDTA} \times F \times M_{Mg}^{2+} \times 1000/PE$$

D'où :
V_2 : Volume total d'EDTA
V_1 : Volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée
C : Concentration molaire d'EDTA (0,01 M/l)
M_{Mg}^{2+}: Masse molaire du Magnésium en g
PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)
F : Facteur de dillution

$$Mg^{2+}\ (mg/l) = (V_2\text{-}V_1) \times 0.01 \times F \times 24.3 \times 1000/50$$

Donc

$$Mg^{2+}\ (mg/l) = (V2\text{-}V1) \times F \times 4.86 \text{ (ISO 6059, 1989)}$$

1.5.1.2.9.- Dosage du sodium et du potassium

La photométrie de la flamme est un des procédés les plus rapides et sensibles, d'analyse du sodium et du potassium sous forme de sels. L'analyse se fait en partant de leurs solutions. Il est utilisé pour la présente mesure l'appareil Dr LANGE (JENWAY). Les résultats sont donnés directement en mg/l (ISO 9964/3,1990).

1.5.1.2.10.- Détermination des chlorures (Cl^-)

Les ions chlorure réagissent avec les ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble précipitant quantitativement. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5, afin de permettre la précipitation. L'expression des résultats est donnée par (LADJEL, 2009):

$$Cl^-\ (mg/l) = VAgNO_3 \times NAgNO_3 \times MCl/PE = VAgNO_3 \times 0.01 \times F \times 1000/5$$

$$Cl^-\ (mg/l) = VAgNO_3 \times 71 \times F$$

$VAgNO_3$: Volume d'$AgNO_3$ nécessaire pour le dosage de l'échantillon
$NAgNO_3$: Normalité d'$AgNO_3$
MCl^- : Masse des chlorures
F : Facteur de correction du titre d'Ag NO_3
PE : Prise d'essai

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

$$F = \frac{1}{\text{VAg NO}_3}$$

1.5.1.2.11.- Détermination des Sulfates (SO_4^{2-})

Les sulfates sont dosés par spectrophotométrie UV visible à 420 nm, après que les ions sulfates sont précipités et passés à l'état de sulfate de baryum, en présence de $BaCl_2$. L'expression des résultats est donnée par:

SO_4^{2-} (mg/l) = Valeur lue x facteur de la dilution (LADJEL, 2009)

1.5.1.2.12.- Détermination de l'alcalinité (HCO_3^-)

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence de bicarbonates, de carbonates et d'hydroxydes. La détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaire pour neutraliser, aux pH 8.3 et 4.3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC) (RODIER *et al*., 2005).

$$F.G = V_A \text{ x } N_A \text{ x } MHCO_3^- \text{ x } 1000/PE = V_A \text{ x } 0{,}1 \text{ x } 61 \text{ x } 1000/100$$

$$F.S : VA_1 \text{ x } 61 = HCO_3^-$$

V_A : Volume d'acide versé
N_A : normalité d'acide versé
$MHCO_3^-$: Masse des bicarbonates (HCO_3^-)
PE : Prise d'essai

1.5.2.- Analyses biochimiques

1.5.2.1.- Dosage de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

La détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+) est obtenue par méthode colorimétrique à environ 655 nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de nitroprussiate de sodium (ISO 5664,1990).

1.5.2.2.- Dosage des nitrites (NO_2^-)

Les nitrites (NO_2^-) sont dosés suivant la méthode colorimétrique. Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après couplation avec le N1 Naphtyléthylènediamine dichloride donne une coloration rose mesurée à 543 nm (ISO 6777, 1994).

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

1.5.2.3.- Dosage des Nitrates NO_3^-

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosonylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique. Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm (ISO7890/3, 1994).

1.5.2.4.- Détermination des phosphates (PO_4^{3-})

La détermination des phosphates (PO_4^{3-}) se fait par méthode colorimétrique (Spectrophotomètre UV-visible), après formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium, puis réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm (ISO 6878/1, 1994).

1.5.3.- Analyses hygiéniques

1.5.3.1.- Recherche des germes indicateurs de contamination

1.5.3.1.1.- Dénombrement des germes totaux

La recherche et le dénombrement des germes revivifiables se réalisent à deux températures différentes afin de cibler les micro-organismes psychrophiles (22°C) et les micro-organismes mésophiles (37°C). Le milieu de culture est de la gélose glucosée tryptonée à l'extrait de levure (TGEA) fondue puis refroidie à 45±2°C. Les dilutions décimales vont de 10^{-1} à 10^{-3}, en double dans des boites de Pétri. Après ensemencement les boites sont partagées en deux séries distinctes:

- La première série est incubée à 22±2°C pendant 68±4 heures,
- La seconde série est incubée à 36±2°C, pendant 44±4 heures.

Le calcul ensuite de la valeur du nombre (N), de microorganismes revivifiables à 22±2°C, et celle du nombre (N) de microorganismes revivifiables à 36±2°C à part, en tant que moyenne pondérée, sera fait suivant l'équation:

$$N = \frac{\Sigma c}{1{,}1 \times d}$$

Σ c : Somme des colonies dénombrées sur deux boites de dilutions successives retenues
d : Taux de dilution correspondant à la première dilution

Le résultat final de microorganismes revivifiables dénombrés à 22°C et à 37°C par ml d'eau est exprimé par un nombre compris entre 1,0 et 9,9 multiplié par 10^x où x est la puissance appropriée de 10 (LEBRES et MOUFFOK, 2008). Si les boites ensemencées, contiennent plus de 300 colonies, les résultats sont exprimés 3.10^2 (ISO 6222, 1990).

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

1.5.3.1.2.- Recherche et dénombrement des coliformes (Colimétrie)

Les coliformes sont considérés comme indice de contamination fécale. La recherche et le dénombrement des coliformes se fait selon la méthode en filtration sur membrane à 0,45µ en milieu solide (LEBRES et MOUFFOK, 2008). La colimétrie par filtration est une méthode rapide, simple, normalisée nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration. Pour la recherche des bactéries coliformes par filtration sur membrane, il faut au préalable un essai standard; qui débute par une stérilisation de l'entonnoir gradué en acier inoxydable ainsi que la membrane poreuse à l'aide d'un bec bunsen, les refroidir tout de suite après, avec l'eau à analyser ou avec de l'eau distillée stérile. Mettre en place de façon aseptique, une membrane de porosité minimale de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dispositif avec la pince correspondante. Déposer ensuite aseptiquement 100 d'eau à analyser, devant un bec bunsen. Actionner ensuite la pompe à vide pour absorber l'eau à travers la membrane. Retirer l'entonnoir puis transférer immédiatement et aseptiquement la membrane à l'aide d'une pince à bouts arrondis stérile, sur la surface d'une plaque de gélose tergitol au chlorure de 2,3,5-triphényltetrazolium (TTC) et heptadécylsulfate de sodium (Tergitol 7) préalablement préparée. Cette dernière sera incubée couvercle en bas à 36±2°C pendant 21±3 heures voire 44±4 heures et servira à la recherche des bactéries coliformes, suivie de l'identification biochimique des *Escherichia coli*.

Après la période d'incubation spécifiée, dénombrer les colonies caractéristiques qui se présentent sous forme de petites colonies lisses légèrement bombées à contours réguliers et pigmentés en jaune orangé ou en jaune (lactose positives).

Repiquer de façon aléatoire 5 à 10 colonies à des fins de confirmation basée sur le test à l'oxydase d'une part et la production d'indole d'autre part.

Pour les tests à l'oxydase, il faut effectuer tout d'abord un repiquage sur gélose tryptonée au soja (TSA) à la caséine de 5 à 10 colonies, à incuber à 36±2°C pendant 21±2 heures, puis imbiber un disque d'oxydase avec une goutte d'eau distillée stérile puis déposer une colonie caractéristique. La réaction positive est immédiate et se traduit par un virage au bleu violet foncé.

Pour le test à l'indole, il faut transférer chaque colonie caractéristique séparément (5 à 10) dans un tube contenant 3 ml de bouillon au tryptophane. Bien triturer la colonie dans le milieu puis incuber ce dernier à 44±0,5°C pendant 21±3 heures puis rechercher la production d'indole en ajoutant 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs. La présence d'une coloration rouge à la surface du bouillon traduit la production d'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu.

Est considérée comme colonie de coliformes, toute colonie caractéristique (jaune), dépourvue de l'enzyme oxydase et non productrice d'indole. Et est considérée comme bactérie d'espece *Escherichia coli,* toute colonie caractéristique (rouge), dépourvue de l'enzyme oxydase, mais productrice d'indole à 44°C. Calculer ensuite la valeur a du nombre de bactéries coliformes lactose positives et des *Escherichia coli.* Le résultat final sera exprimé selon l'équation

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

mathématique suivante :

$$a = \frac{b}{A} C$$

où :

b : nombre de colonies caractéristiques présumées dans la boite

A : nombre de colonies repiquées

C : nombre total de colonies trouvées dans la boite

Un essai rapide pour un deuxième test dit test rapide peut être effectué parallèlement à l'essai standard et dans les mêmes conditions. Il consiste à filtrer une seconde fois 100 ml d'eau à analyser, devant un bec bunsen à travers une seconde membrane qui sera placée dans un premier temps sur une plaque de gélose tryptonée au soja (TSA) à la caséine à incuber couvercle en bas d'abord à 36±2°C pendant 4 à 5 heures puis transférer la membrane sur gélose tryptonée contenant des sels biliaires (TBA) à incuber à 44±0,5°C pendant 19 à 20 heures. Cette méthode sert à la recherche sélective des *Escherichia coli.*

Après la période d'incubation spécifiée, transférer la membrane sur un papier filtre imbibé de réactif de Kovacs puis l'irradier sous une lampe UV pendant 10 à 30 minutes. Seront considérés comme des *Escherichia coli*, les colonies qui prennent une coloration rouge: à dénombrer. Le nombre d'*Escherichia coli* sera rapporté à 100 ml d'eau à analyser**.**

1.5.3.1.3.- Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

La méthode de recherche se fait selon la méthode de LEBRES et MOUFFOK (2008), qui est la streptométrie par filtration. Tout comme la colimétrie par filtration, c'est aussi une méthode rapide, simple, et normalisée. Elle nécessite la disponibilité d'une rampe de filtration. Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen. Le refroidir soit avec de l'eau distillée stérile. Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile. Fixer ce dernier avec la pince correspondante. Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 100 ml d'eau à analyser. Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane. Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans une boite de Pétri de 45 mm de diamètre contenant de la gélose SLANETZ et BARTLEY. Cette membrane sera incubée à 36±2°C pendant 44±4 heures. Après incubation, les streptocoques fécaux apparaissent sous forme de petites colonies rouges, marron ou roses, lisses, légèrement bombées. Transférer aseptiquement la membrane du milieu SLANETZ et BARTLEY sur une plaque de gélose bile esculine azoture (BEA) préchauffée préalablement à 44°C. Cette dernière sera incubée à son tour à 44±0.5°C pendant 2 heures. Les colonies caractéristiques prennent une coloration noire traduisant ainsi l'hydrolyse de l'esculine présente dans le milieu. Le nombre de colonies trouvées sera exprimé dans 100 ml d'eau à analyser.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

1.5.3.1.4.- Recherche et dénombrement des Anaérobies sulfito-réducteurs

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries à $GRAM^+$. Elles se développent entre 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe^{2+} donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination ancienne. L'incubation se fait à 37°C, pendant 24 à 48 heures. La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2}, la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures. Il faut dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse. Il est donc impératif de repérer et de dénombrer toutes les colonies noires poussant en masse et de rapporter le total des colonies à la quantité de prise d'eau à analyser (LEBRES et MOUFFOK, 2008).

1.5.3.2.- Recherche des germes pathogènes

1.5.3.2.1.- Recherche de Salmonella

La recherche de Salmonella par méthode en milieu liquide, passe par un enrichissement du milieu. Le premier enrichissement s'effectue sur le milieu de Sélénite-Cysteïné D/C réparti à raison de 100 ml par flacon, qui sont ensemencé à l'aide de 100 ml d'eau à analyser, puis incubé à 37°C pendant 18 à 24 heures. Ce flacon fera l'objet d'un deuxième enrichissement sur milieu Sélénite en tubes à raison de 0,1 ml, et d'un isolement sur gélose Hektoen. L'incubation se fait donc à 37°C pendant 24 heures. Pour la lecture des boites et l'identification, d'une part, le tube de Sélénite fera l'objet d'un isolement, et d'autre part, la boite de gélose Hektoen subira une lecture en tenant compte du fait que les Salmonella se présentent le plus souvent sous forme de colonies de couleur gris bleu à centre noir.

L'identification morphologique et biochimique, se déroulent comme suit (LADJEL, 2009):

- Etat frais (bacilles, mobilité),
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),
- Ensemencement d'un tube de Kligler (TSI) qui sera incubé à 37°C pendant 24 heures (Lactose, Saccharose, Glucose, Gaz et H_2S),
- Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 37°C pendant 24 heures qui servira à l'agglutination sur lame,
- Ensemencement dans une galerie biochimique classique (ONPG, Oxydase, LDC, ODC, ADH, Témoin, Urée, Indole, TDA, VP, RM …).

L'identification antigénique, repose sur l'agglutination sur lame de verre, à partir des mêmes colonies isolées la veille sur GN inclinée en tubes, à l'aide des sérums de groupes d'abord OMA, OMB puis les autres après (LADJEL, 2009).

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

1.5.3.2.2.- Recherche du Vibrion cholérique

Pour la recherche du Vibrion cholérique, il est utilisé la méthode en milieu liquide. L'ensemencement débute par un enrichissement primaire s'effectuant, sur le milieu eau peptonée alcaline 10 fois contenant au préalable 50 ml de milieu, auquel on ajoute aseptiquement 450 ml d'eau à analyser au moment du prélèvement. Le tout est incubé à 36±2°C pendant 20±4 heures. Pour l'enrichissement secondaire et isolement, après incubation, le flacon constituant l'enrichissement primaire fera l'objet d'une part, d'un enrichissement secondaire sur milieu EPA en tubes auquel il est ajouté 1 ml par tube, d'autre part, d'un isolement sur gélose GNAB 1. L'incubation se fait à 36±2°C pendant 20±4 heures. Pour la lecture des boites et l'identification, le tube d'EPA fera l'objet d'un isolement sur GNAB 2 qui sera incubé à 36±2°C pendant 20±4 heures, et la boite de gélose GNAB 1 subira une lecture en tenant compte du fait que les Vibrions se présentent le plus souvent sous forme de grosses colonies lisses, transparentes et très caractéristiques. Cinq colonies caractéristiques et distinctes feront l'objet d'une identification morphologique et biochimique basée essentiellement sur :

- Etat frais (bacilles, mobilité),
- Coloration de Gram (bacilles Gram négatifs),
- Oxydase (+),
- Ensemencement d'un tube de KIA qui sera incubé à 37°C, 24 h (Saccharose, Glucose, Gaz et H_2S),
- Ensemencement d'un tube de gélose nutritive inclinée qui sera incubé à 36±2°C pendant 20±4 heures et servira à l'agglutination sur lame. Si l'agglutination avec l'eau physiologique est négative et positive au sérum polyvalent O_1 (antigène de la paroi), répondre : Vibrion cholérique (LADJEL, 2009).

1.6.- Exploitation des résultats

1.6.1.- Analyses de la variance

Il est utilisé pour la présente étude l'analyse de la variance (ANOVA). C'est une méthode de comparaison de plusieurs moyennes. Elle permet de tirer des conclusions sur l'indication de l'effet des différents types de contamination sur la qualité des eaux.

1.6.2.- Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP), est une méthode statistique essentiellement descriptive. Son objectif est de présenter sous une forme graphique, le maximum des informations contenues dans un tableau de données. Les données comportent n variables quantitatives. Les individus peuvent être représentés dans un espace à p dimensions (PHILIPPEAU, 1986).

C'est l'une des méthodes d'analyses multidimensionnelles qui visent à structurer, à résumer et synthétiser les données en vue de comprendre le phénomène étudié. Les résultats de l'analyse en composantes principales (ACP) se présentent essentiellement sous la forme d'une

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

suite de graphes. Les projections des individus et des variables figurent simultanément sur les mêmes graphiques. Deux individus proches sur la représentation sont semblables vis-à-vis de toutes les variables. Plus les variables se situent près du centre du graphique, moins elles sont discriminantes et inversement (VILAIN, 1999). La forme graphique de l'analyse en composantes principales (ACP) réunit à la fois les points caractéristiques des variables observées et les points représentatifs des individus observés (DAGNELIE, 1975).

Elle permet de décrire les relations existant entre les différents types d'échantillons d'eau et les points de prélèvement d'une part, et entre les différents types d'échantillons d'eau entre elles-mêmes, d'autre part. L'analyse en composantes principales (ACP) appliquée à l'étude des échantillons d'eau, sera réalisée en tenant compte de leur point de prélèvement, pour établir la relation entre les variables quantitatives, c'est-à-dire la relation entre les différents types de contamination.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Chapitre 2
Résultats et discussion

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

2.1.- Diagnostic de quelques ouvrages hydrauliques du réseau d'adduction en eau potable (AEP)

La population de la ville de Ouargla s'alimente à partir des eaux souterraines, provenant de la couche aquifère généralement exempte de micro-organismes pathogènes (SAMAKE, 2002). Les eaux souterraines ont pendant longtemps été synonymes d'eau propre. C'est-à-dire répondant naturellement aux normes de potabilité. Cela est malheureusement inexact dans l'absolu (BOEGLIN, 2000). Cependant, la zone de captage est protégée par une réglementation publiée au Journal Officiel de la République Algérienne n° 60 du 30 Rajab 1426 correspond au 4 Septembre 2005. Toutefois, la dégradation de la qualité de l'eau peut survenir à tout moment entre le lieu de production et le robinet de l'utilisateur. Elle peut être liée à une prolifération de micro-organismes naturellement présents dans l'eau, voir à une contamination des réservoirs, des canalisations publiques ou des réseaux intérieurs de distribution des bâtiments (SQUINAZI, 2006). Les précautions doivent être prises pour éviter une contamination secondaire de l'eau dans le réseau de distribution (SAMAKE, 2002). A cet effet, une appréciation de l'état extérieur des ouvrages hydrauliques, le réseau de distribution, l'environnement extérieur, les risques de contamination de cette eau de consommation, la recherche de la relation entre l'état du réseau d'alimentation et la technique de distribution, s'avèrent indispensable d'un point de vue physico-chimique et mais aussi hygiénique. Pour la prospection, les visites portent sur les stations du complexe Ain El Kheir, le complexe Gherbouz, le complexe Mehkadma, le complexe Beni Tour (Cité Bouzid), Sokra et Ziaina; suivant un plan du réseau d'alimentation en eau potable (AEP) (fig. 1).

Concernant, le complexe Ain El Kheir, il se situe dans la commune de Ouargla. Il alimente une grande partie de la ville de Ouargla où près de 16 % (ADE, 2011) de la population est desservie. Le tableau 1, laisse apparaître que l'état technique actuel du complexe, est satisfaisant. Il gère deux bâches d'une capacité pour chacune de 2000 m^3 avec un surélevé (château d'eau).

Tableau 1.- Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Ain El kheir (ADE, 2010)

Données / Infrastructures	Caractéristiques		Nappe	Profondeur (m)	Débit (m^3/h)	Mise en service	Etat actuel
	Type	Capacité (m^3)					
Complexe Ain El Kheir	Bâche	2000	/	/	/	1993	Bon
	Bâche	2000	/	/	/	1993	Bon
	Surélevé	1500	/	/	/	1993	Bon
Forage Lala Mimouna	/	/	Sénonien	172	100	1982	Exploité
Forage Matmoura	/	/	Mio-pliocène	70	130	1968	Exploité
Forage Ain Hadji	/	/	Sénonien	200	122	1998	Exploité
Forage Ain Rahma	/	/	Sénonien	180	119	1998	Exploité
Forage Bahmid	/	/	Mio-pliocène	67	68	1941	Exploité

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Les deux réservoirs (Bâches) sont alimentés par un mélange de cinq forages dont Lala Mimouna, Matmora, Ain Hadji, Ain Rahma et Bahmid. Le complexe présente un bon état d'étanchéité. Pour les chambres des vannes, l'un est dans un état acceptable (photo 1), et l'autre dans un mauvais état d'entretien à cause des eaux stagnantes, favorisant l'installation de la rouille au niveau des conduits (photo 2).

Bien que le complexe pompe 24 heures sur 24 heures pour alimenter les localités de Tazgrart, de Bahmid, d'El ksar, une partie de Said Otba, de Sidi Abdelkader, de Boughoufala, certaines zones du centre ville de Ouargla, khadra, quelques secteurs de Mekhadma, et une partie de la zone industrielle, il est à noter que les coupures d'eau émanent souvent de la consommation importante. Ces quartiers ont des habitations mixtes, entre des individuelles et des collectives. Certains foyers dans la plupart disposent de réseaux d'assainissement, à l'exception du quartier de Khadra où il est noté la présence d'assainissements individuels pouvant être des sources de pollution.

Photo 1.- Chambre des vannes en bon état

Photo 2.- Chambre des vannes en mauvais état

Le complexe Mehkadma, situé à l'Ouest de la commune de Ouargla, renferme le forage Mehkadma1, la bâche, et le surélevé. Les forages qui alimentent le réservoir, sont ceux de Mehkadma 1, Mehkadma 2, Mehkadma 3, et le forage de l'université de Ouargla. Le forage Mehkadma1 semble en parfait état, mais sans clôture de sécurité (photo 3) (tab. 2). La présence aux alentours de déchets ménagers, peut entraîner des sources de contamination. La chambre des vannes baigne dans de l'eau stagnante.

La bâche est étanche, et repose sur un sol sec (photo 4). La mobilisation journalière de ce complexe est assurée vers les quartiers Mehkadma, les 460 logements, la zone d'activité, une partie de la localité de Sokra et une partie de la zone industrielle. Certaines vannes de distribution sont localisées sous des bâtiments, d'autres sont à côté des conduites d'assainissement. C'est le cas de la conduite d'adduction en eau potable qui s'étend sur 200 m à

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

partir du complexe de Mekhadma entre la maison Toyota et l'ex-ITAS avec un drain d'évacuation des eaux usées à côté dans la zone d'activité.

Tableau 2.- Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Mekhadma (ADE, 2010)

Données / Infrastructures	Caractéristiques		Nappe	profondeur (m)	Débit (m^3/h)	Mise en service	Etat actuel
	Type	Capacité (m^3)					
Complexe Mehkadma	Bâche	2000	/	/	/	1986	Bon
	Surélevé	300	/	/	/	1986	Bon
Forage Université	/	/	Mio-pliocène	140	90	1991	Exploité
Forage Mekhadma 1	/	/	Sénonien	200	101	1978	Exploité
Forage Mekhadma 2	/	/	Mio-pliocène	55	72	1990	Exploité
Forage Mekhadma 3	/	/	Sénonien	179	101	2005	Exploité

Une partie de la cité des 460 logements, laisse apparaître un débordement d'eau d'égoût au dessus d'une conduite d'adduction en eau potable de 160 mm de diamètre derrière la mosquée (photo 5), pouvant entraîner une éventuelle source de pollution biologique par prolifération d'agents pathogènes. De même une conduite de 110 mm de diamètre sous un décharge publique (photo 6); qui est une source de pollution biologique et physico-chimiques; surtout les déchets toxiques, et une autre conduite de 160 mm de diamètre passe sous un quartier urbanisé. Sur la photo 7, des conduites d'assainissement sont installées à côté des conduites d'eau potable. Un débordement d'égoût sur la route principale de Chorfa au dessus d'une conduite. Cela peut être la cause d'un problème d'infiltration des eaux usées dans les conduites d'AEP (GUERGAZI et ACHOUR, 2005).

Photo 3.- Forage Mekhadma 1

Photo 4.- Bâche et surélevé du complexe Mekhadma

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Photo 5.- Source de pollutions biologiques

Photo 6.- Source de pollutions biologiques et physico-chimiques

Ainsi la présence des fuites dans le quartier des 460 logements peut aggraver la situation hygiénique, après l'entrée d'eau polluée en cas de baisse de pression dans le réseau de distribution (OIEAU, 1999a) (photo 8). Le complexe Mekhadma est la deuxième alimentation en eau douce de la cuvette de Ouargla. Il couvre les besoins de près de 15.28 % (ADE, 2011) de la population de la cuvette de Ouargla. Toutefois, des menaces de risques de contamination restent apparentes.

Photo 7.- Conduite d'assainissement à coté de celle de l'alimentation en eau potable (AEP)

Photo 8.- Fuite de conduite de l'alimentation en eau potable (AEP)

Beni Tour (Cité Bouzid) est le troisième complexe hydraulique d'alimentation en eau douce. Il dessert, prés de 12.9 % (ADE, 2011) de la population. Il est situé au Sud de la commune de Ouargla. Dans le tableau 3, sont consignées quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Beni Tour.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Tableau 3.- Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Beni Tour (Cité Bouzid) (ADE, 2010)

Données / Infrastructures	Caractéristiques		Nappe	profondeur (m)	Débit (m^3/h)	Mise en service	Etat actuel
	Type	Capacité (m^3)					
Complexe Beni Tour	Bâche	2000	/	/	/	1986	Bon
	Surélevé	300	/	/	/	1986	Bon
Forage Beni Tour	/	/	Sénonien	190	122	1979	Exploité
Forage Sidi Bensassi	/	/	Sénonien	190	130	2000	Exploité

Dans ce complexe la bâche est en arrêt, pour cela les eaux du forage, sont injectées directement dans le réseau de distribution. L'état du forage de la cité Bouzid, est critique avec la présence de vannes rouillées envahies par des mauvaises herbes sur un sol insalubre (photo 9). Le réseau d'assainissement en est cours d'installation. A côté de l'assainissement individuel, il faut noter la remontée de la nappe phréatique qui influe sur les installations hydrauliques du complexe. La chambre des vannes apparaît complètement recouverte d'eau stagnante provenant de la nappe phréatique. Cette eau est de couleur jaune avec des débris organiques en suspensions (photo 10). Il est à signalé une prolifération de moustiques. La rouille entraine la dégradation des vannes d'où un début dégradation des infrastructures avec des incidences probables sur la qualité des eaux distribuées. Un assainissement individuel à côté d'un assainissement défectueux peuvent être à l'origine de la pollution directe de la nappe phréatique selon la figure 2.

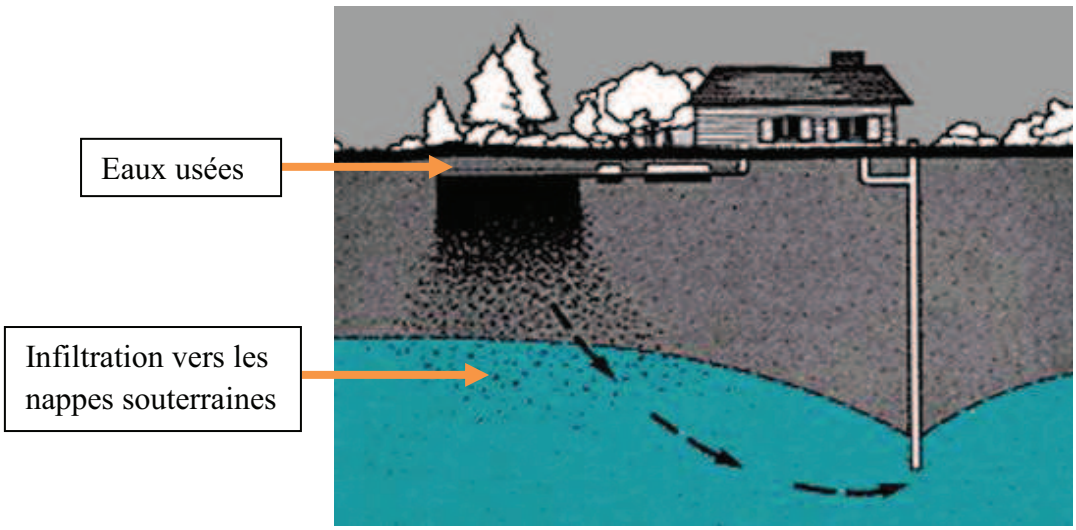

Figure 2.- Pollution ponctuelle d'une nappe libre par suite d'un assainissement défectueux (RENARD, 2002)

Ce complexe alimente Beni Thour, la cité Bouzid, Sidi Bensassi, Gara Sud, une partie de Boughoufala, et une zone de Sokra. Les observations sur terrain, laissent remarquer que les sources de pollution apparaissent menaçantes pour un bon nombre de la population alimentée par

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

ce complexe.

Photo 9.- Mauvaises herbes autour du forage

Photo 10.- Eau de la nappe phréatique couvrant la vanne

Pour le complexe Gherbouz, il se situe au Nord-Ouest de la commune de Ouargla. Il s'alimente à partir de deux forages à savoir celle de Gherbouz 1 et Gherbouz 2 (tab. 4).

Tableau 4.- Quelques données sur les ouvrages hydrauliques du complexe Gherbouz (ADE, 2010)

Données / Infrastructures	Caractéristiques		Nappe	Profondeur (m)	Débit (m^3/h)	Mise en service	Etat actuel
	Type	Capacité (m^3)					
Complexe Gherbouz	Bâche	2000	/	/	/	1986	Bon
	Surélevé	300	/	/	/	1986	Bon
Forage Gherbouz 1	/	/	Sénonien	110	97	1982	Exploité
Forage Gherbouz 2	/	/	Sénonien	185	101	1991	Exploité

En vue générale du complexe, bien que les chambres des vannes, aient une bonne étanchéité, elles ne présentent aucune fuite, il apparaît que la salubrité demeure une source de contamination, en cas d'inondation ou de pluie. Le complexe de Gherbouz alimente des quartiers à habitation individuel comme Gherbouz, Sidi Amrane, Bouameur, Beni Ahssen. Il desserre près 11.85 % (ADE, 2011) de la population de ces localités en eau potable. Certes ces quartiers disposent d'un réseau d'assainissement à l'exception de Bouameur et Beni Ahssen présentant, un assainissement individuel dans la plupart des familles. Cet aspect classe ces zones, à risque de contamination.

Sokra et Ziaina sont situées au Nord-Ouest de la commune de Rouissat, le réservoir de Sokra est alimenté par le forage de Sokra (tab. 5).

La présence de dépôts d'ordures aux alentours du réservoir, menace la qualité de l'eau. La capacité du forage de Sokra, ne couvre pas les besoins en alimentation d'eau douce des quartiers

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

de Sokra et de Ziaina. Pour compenser le déficit un nouveau forage à Ziaina, est exploité depuis 2008 (tab. 5), et participe à 7 % (ADE, 2011) d'alimentation en eau potable. Ces localités ont des habitations individuelles et collectives. Bien que les travaux de réalisation d'un réseau d'assainissement, sont entamés, l'assainissement individuel existe. Il faut noter les problèmes de coupure d'eau par endroit, à cause d'un mauvais fonctionnement du réseau d'alimentation en eau potable, les branchements illicites ou interdites, car ce dernier est maillé et alimenté par une quantité suffisante en eau. Sokra et Ziaina sont des localités peuplées de la ville de Ouargla, où 1/6 de population est alimentée par des ouvrages hydrauliques avec des risques de pollution.

Tableau 5.- Quelques données sur les ouvrages hydrauliques de Sokra et Ziaina (ADE, 2010)

Données / Infrastructures	Caractéristiques		Nappe	Profondeur (m)	Débit (m^3/h)	Mise en service	Etat actuel
	Type	Capacité (m^3)					
Réservoir Sokra	Surélevé	500	/	/	/	2001	Bon
Forage Sokra	/	/	Sénonien	200	104	1978	Exploite
Forage Ziaina	/	/	Sénonien	97	72	2008	Exploite

Le sous-sol d'une ville, au moins les premiers mètres, est un milieu très fortement pollué, sauf s'il est bien drainé naturellement. Il se trouve imprégné d'un liquide chargé d'éléments d'origine divers (chlorure, ammonium, nitrate, matière organiques, bactéries fécales, hydrocarbures). Ces produits sont issus des réseaux d'assainissement, écoulements superficiels, puisards d'infiltration, fosse non étanches, égouts vétustes ou insuffisamment étanches, etc. le réseau de distribution baigne alors dans ce liquide microbiologiquement ou chimiquement contaminé (OIEAU, 1999b).

Les différents forages étudiés prélèvent dans les différentes nappes du Complexe Terminal ayant un caractère argilo-sablonneux pour la nappe Mio-pliocène à dominance de calcaire et de sel pour la nappe Sénonien (fig. 3).

Certes, quelques ouvrages enquêtés paraissent en bon état, malheureusement, certains sont en mauvaise état. Les sources de contamination sont différentes selon la situation et l'aménagement des quartiers. Un environnement non conforme, la présence de sources de contamination en matières organiques, l'état des équipements destinés pour le stockage et la distribution de l'eau, peuvent influencer sur la qualité hygiénique et physico-chimique de l'eau d'adduction. Le réseau de distribution est exposé à d'éventuelles sources de contamination, tels que les débordements des eaux usées domestiques, les décharges publiques, les fuites répétitives mal colmatées, et par endroit un réseau d'assainissement incorrect. Parmi, les sites les plus sensibles ayant un risque de contamination non négligeable, apparaissent les zones alimentées par le complexe de Mehkadma; les 460 logements est une cité à habitation collective située au Nord-Est du complexe, au Nord-Ouest se trouve Mehkadma qui est un quartier à habitation individuelle, la zone d'activité est une cité administrative traversée par la route national n°49 (route de Ghardaïa) au Sud-Ouest du complexe.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 3

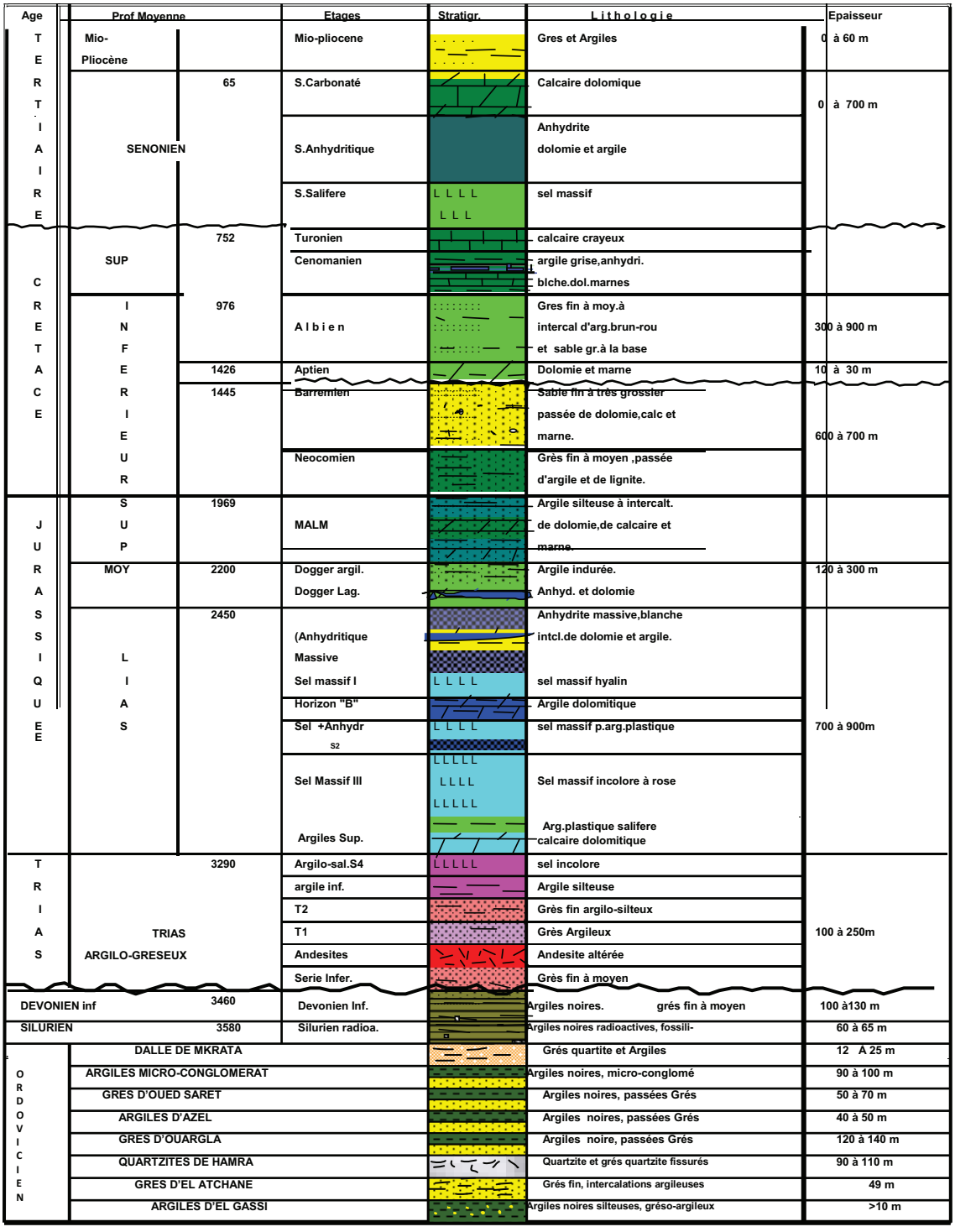

Figure 3.- Coupe chronostratographique d'un forage (IZRI et SKANDER, 2005)

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

2.2.- Caractéristiques organoleptiques et physico-chimiques

Pour l'étude de la qualité hygiénique et les caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla, après prospection et enquête, l'échantillonnage a porté sur onze points d'eau. Ils concernent le forage Mekhadma 3, le reservoir du complexe Mekhadma, la zone de Mekhadma regroupant le domicile de Monsieur Debbache, l'école primaire de Chibani Mohamed et la polyclinique de Mekhadma; puis la zone des 460 logements représentée par la maison n° 11, la maison n° 202, la maison n° 315 et la zone d'activité dans la station de Benfardia; le siège de la protection civile et celui de l'inspection du travail. L'étude s'est étendue sur 4 campagnes d'échantillonnage d'eau d'adduction des différents points choisis, regroupant les mois de Février, de Mars, d'Avril et de Mai 2011. Un total de 132 échantillons d'eau d'adduction, est recueilli (tab. 6).

Tableau 6.- Récapitulatif de l'échantillonnage des eaux d'adduction des 4 campagnes (2011)

Site de prélèvement		Nombre d'échantillon selon la campagne				Total
		1ère compagne (Février)	2ème compagne (Mars)	3ème compagne (Avril)	4ème compagne (Mai)	
Forage Mekhadma 3		3	3	3	3	12
Réservoir du complexe de Mekhadma		3	3	3	3	12
Zone 1 (Mekhadma)	Domicile Debbache	3	3	3	3	12
	Primaire Chibani	3	3	3	3	12
	Polyclinique Mekhadma	3	3	3	3	12
Zone 2 (460 logements)	Maison n°11	3	3	3	3	12
	Maison n° 202	3	3	3	3	12
	Maison n° 315	3	3	3	3	12
Zone 3 (Zone d'activité)	Station Benfardia	3	3	3	3	12
	Inspection travail	3	3	3	3	12
	Protection civil	3	3	3	3	12
Totale d'échantillons par campagne		33	33	33	33	132
Températures	Maxima (°C)	24.6-25.6	24.6- 25	25.8- 26	27.1-28.7	/
	Minima (°C)	16.4-16.7	19.5-20.1	24.4-25.2	26.3- 26.4	/

2.2.1.- Caractéristiques organoleptiques

Les différents échantillons d'eau domestiques, recueillis durant les 4 campagnes dans quelques localités de la cuvette de Ouargla, après test organoleptiques sont incolores, inodores avec une légère saveur salée. Ce goût salé provient probablement de certains sels tels que le chlorure de sodium (NaCl). BOEGLIN (2000), note que la saveur d'une eau potable peut provenir des chlorures ou des sulfates. Pour TERKMANI (2009), l'apparition d'odeur et de goût sont le plus souvent signes d'activité bactérienne. La couleur des eaux naturelles, est due à la présence en excès de certains minéraux et matières organiques, d'où une pollution. Pour qu'une eau soit sans goût particulier, certains sels, tels que le chlorure de calcium, l'hydrogénocarbonate

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

de sodium, doivent être présents à des concentrations voisines de celles de la salive (RODIER et *al.*, 2005). LADJEL (2009), rapporte que certains goûts de l'eau ne sont pas graves du point de vue de l'hygiène, mais peuvent être désagréables pour leur emploi comme boisson. RODIER et *al.* (2005) notent que de très nombreuses populations en Afrique consomment, sans pathologie particulière et sans autre inconvénient qu'une saveur désagréable, des eaux ayant une minéralisation beaucoup plus élevée avec à Gabès (Tunisie) 3g de sels dissous/l, Erfoud (Maroc) 4,3g de sels dissous/l, Zagora (Maroc) 3g de sels dissous/l.

2.2.2.- Chlore résiduel libre

Les résultats de la figure 4, montrent une dominance de chlore résiduel libre dans réservoir du complexe de Mekhadma durant la 1ère, la 2ème et la 4ème campagne. Au niveau de ce réservoir s'effectue le traitement à l'hypochlorite de sodium (NaOCl) à raison de 0.4 mg de chlore libre/l à la 1ère campagne, 0.6 mg de chlore libre /l pour la 2ème campagne, 0.1 mg de chlore libre /l en 3ème campagne, et 0.4 mg de chlore libre /l à la 4ème campagne. De telles concentrations chutent dans les réseaux de distribution, pour se stabiliser à 0.3 mg de chlore libre /l pour la 1ère campagne, 0.5 mg de chlore libre /l pour la 2ème campagne, 0.1 mg de chlore libre /l pour la 3ème campagne et 0.2 mg de chlore libre /l pour la 4ème campagne. La diminution semble émaner de la consommation du chlore dans le traitement des micro-organismes et des matières organiques. Une concentration stable en chlore libre dans le réseau, signifie soit qu'il n'y a pas consommation de chlore libre ou bien que le chlore qui réagi avec les matières organiques ou autres éléments, est remplacé par le chlore résiduelle du réseau. SEBY (2006) rapporte que le chlore diminue rapidement avec le temps de séjour et se retrouve en faible concentration voir nul en début d'antenne. Dans son étude sur la chloration, des réseaux d'alimentation d'eau potable, il note que la faible consommation du chlore s'avère logique compte tenu de la teneur faible en carbone organique total de l'eau brute. Le chlore résiduel libre de la 3ème campagne, est en deçà des normes algériennes; qui exigent un taux de chlore résiduel dans le réseau de distribution se situant entre 0.2 mg/l et 0.6 mg/l (JORA, 2000).

L'ajout de chlore à l'eau pour traitement n'inhibe pas la formation d'un biofilm sur des matériaux (SIBILLE, 1998) qui se défini comme une communauté structurée de cellules microbiennes, enrobées dans une matrice polymérique auto-produite, et adhérentes les unes aux autres ou à une surface inerte ou vivante (COSTERTON et *al.*, 1999). Néanmoins, le chlore peut dans certains cas, ralentir la formation du biofilm à la surface des matériaux à des concentrations résiduelles en chlore supérieures à 0.3 mg/l (SIBILLE, 1998). Ainsi pour MATHIEU et *al.* (1992), il faudrait appliquer une concentration de 0.5 mg/l de chlore, en continu et en tout point d'un réseau de distribution, pour inhiber totalement le développement des micro-organismes cultivables dans l'eau potable et dans le biofilm (SIBILLE, 1998).

Pour SEBY (2006), le résiduel de chlore n'est pas toxique pour l'homme, mais il peut générer un goût et une odeur à des concentrations plus ou moins élevées. Par contre DESJARDINS (1990), GODART (2000), RIBONI et ROBERT (2000), JUERY (2004) et RODIER et *al.* (2005), rapportent que l'utilisation de l'eau de javel pour la désinfection de l'eau destinée à la consommation humaine peut conduire à la production de sous-produits de

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

désinfection responsables de mauvais goûts et d'odeurs, voir dangereux pour la santé; par ses caractères cancérogènes pour l'homme; comme les trihalométhanes, les chlorophénols, les organochlorés. De plus, l'eau de javel est basique et peut provoquer la précipitation du calcium en cas d'eau dure ce qui entraine le colmatage des équipements (JUERY, 2004). Les trihalométhanes sont des sous-produits de chloration, liés à la présence de matières organiques dans l'eau brute (JUERY, 2004). Toutefois, ils ne sont pas repandus dans les eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, car elles sont pauvres en matières organiques.

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif du chlore libre sur la qualité des eaux potables distribuées dans la cuvette de Ouargla car F de Fisher = 76.651 pour Pr < 0,0001 (tab. 7).

Tableau 7.- Analyse de la variance appliquée au chlore résiduel libre des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	5	1.117	0.223	76.651	< 0,0001
Résidus	38	0.111	0.003		
Total	43	1.228			

2.2.3.-pH

Les résultats de la figure 5, laissent apparaître une variation de pH entre 7.11 dans le réservoir Mekhadma à la 4ème campagne et 7.95 pour l'échantillon d'eau à l'école primaire Chibani dans la zone de Mekhadma à la 2ème campagne d'analyse. Les eaux domestiques de la présente étude, présente des pH basiques à neutres. Selon LADJEL (2009), la plupart des eaux présentent un caractère alcalin bicarbonaté car le pH est souvent inferieur à 8,3. TABOUCHE et ACHOUR (2004), les eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien, ont un pH voisin de la neutralité à caractère alcalin. NEZLI et *al*. (2009), signalent que les eaux de la nappe du complexe terminal de la basse vallée de l'Oued M'Ya (Ouargla), sont de pH plus ou moins neutres à caractère alcalin. Les législations Algériennes et européennes précisent comme niveau guide $6,5 \leq pH \leq 8,5$ (JORA, 2000; RODIER et *al*., 2005). Au vu des pH de saturations des eaux étudiées, de 6.4 à la polyclinique de Mekhadma à la 3ème campagne, à l'école primaire Chibani de la zone de Mekhadma et le siège de la protection civile de la zone d'activité en 2ème campagne, ils sont inférieurs aux pH mesurés (Fig. 6). L'examen des figures 5 et 6, montre que la totalité des échantillons d'eau pour les 4 campagnes sont caractérisés par une eau incrustante selon DIB (2009), d'où une tendance à la formation de dépôts de $CaCO_3$ (entartrage) dans le réseau de distribution d'eau potable (HARKABUS, 2006). Pour LADJEL (2009), c'est une indication que ces eaux ne contiennent pas assez de CO_2, et sont saturées en $CaCO_3$, donc incrustantes. Les eaux naturelles ont un pH qui est fonction des concentrations en gaz carbonique dissous et en hydrogénocarbonates (BOEGLIN, 2000)

Le tableau 8, indique que les pH des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, ont un effet non significatif sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla (F de Fisher =

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 4 et 5

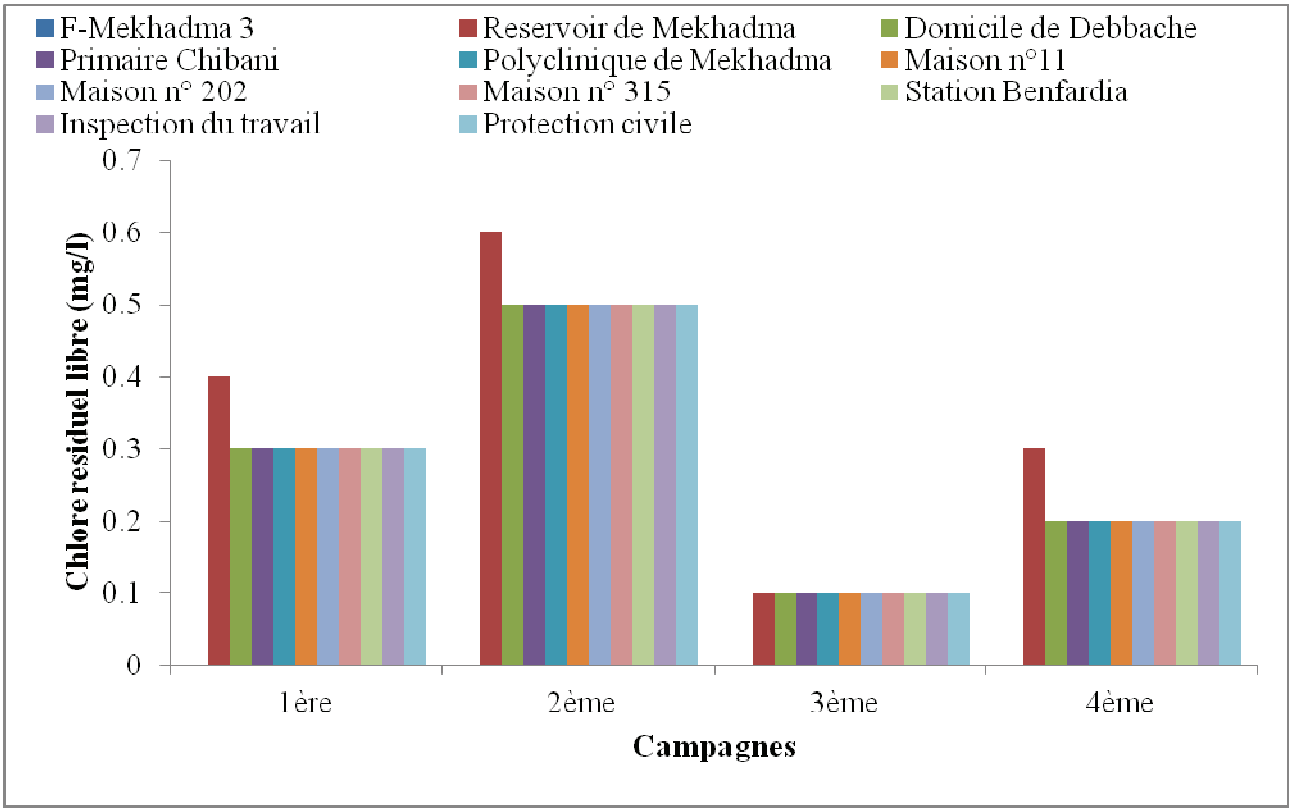

Figure 4.- Chlore résiduel libre des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

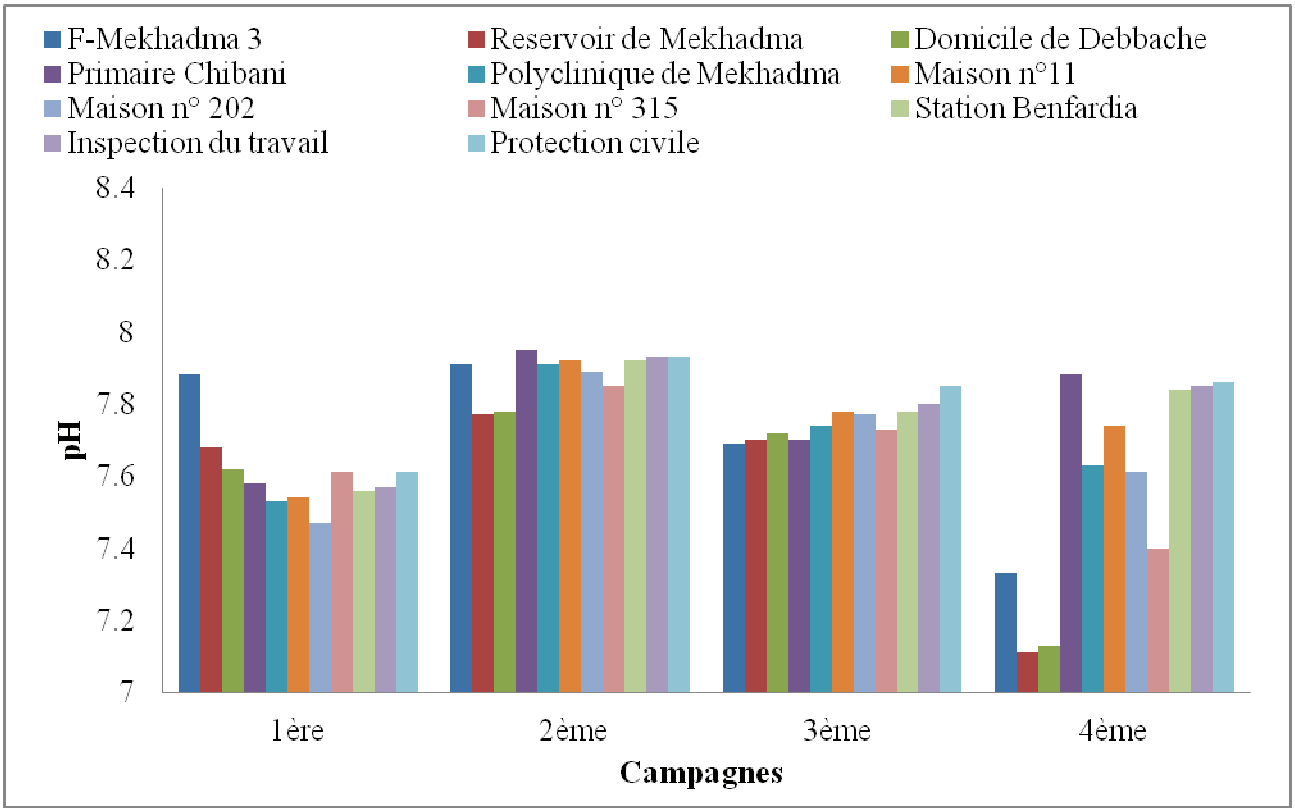

Figure 5.- pH des échantillons d'eau étudiés pour des 4 compagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

202.748; Pr > 0,05).

Tableau 8.- Analyse de la variance appliquée au pH des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	1.703	0.041	202.748	0.056
Résidus	1	0.000	0.000		
Total	43	1.703			

2.2.4.- Conductivité électrique

Les différentes conductivités électriques mesurées à 25°C des eaux d'adduction des échantillons étudiés durant les 4 campagnes, vont de 2122.05 µS/cm pour l'eau du forage de Mekhadma 3 à la 1ère campagne à 3617.28 µS/cm pour l'eau de la maison n° 11 des 460 logements, à la 2ème campagne (fig. 7). La conductivité augmente dans le réservoir d'eau, car il reçoit un mélange d'eaux provenant des forages de Mekhadma 1, Mekhadma 2, Mekhadma 3 et celle de l'Université. Elle varie dans le réseau de distribution des 3 zones de prélèvement dont la zone de Mekhadma, la zone de 460 logements et la zone d'équipement. Elle est de 2503.08 µS/cm au siège de l'inspection du travail dans la zone d'activité à la 4ème campagne et 3617.28 µS/cm dans la maison n°11 à la 2ème campagne pour les 460 logements. Les valeurs de conductivité enregistrées pour la 2ème et la 3ème campagne sont supérieures à 2992.8µS/cm dans tous les points du réseau de distribution échantillonnés. Pour la 4ème campagne les conductivités notées ne dépassent guère 2917.89µS/cm. RODIER et *al*. (2005), signalent que la variation de conductivité est induite par la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique. Cette mobilité dépend de la nature des ions dissous et de leur concentration, tels que les ions de calcium (Ca^{2+}), de sodium (Na^{+}), de chlorure (Cl^{-}), des bicarbonates (HCO_3^{-}), etc. La conductivité électrique augmente avec la concentration des ions en solution et la température (DIB, 2009). L'augmentation de la conductivité en 2ème campagne et 3ème campagne, semble émaner de l'augmentation de température qui entraine l'accélération de la mobilité des ions dans l'eau. La diminution en 4ème campagne de la conductivité électrique, peut provenir d'une viscosité du milieu. Pour NEZLI et *al*. (2009), notent des valeurs élevées de conductivité allant de 1840 µs/cm à 4090 µs/cm pour les eaux souterraines du Sahara septentrional algérien. La mesure de la conductivité permet une évaluation rapide et approximative de la minéralisation globale ou la salinité de l'eau, même d'en suivre l'évolution (BOEGLIN, 2000; DIB, 2009).

Les normes algériennes, fixent une valeur limite de conductivité de 2800 µs/cm pour les eaux chargées en sels minéraux (JORA, 2000). Mais les législations européennes ne font pas état de valeur maximale admissible, mais l'on retient une limite de 1.5 g pour les résidus sec, dont l'équivalent en conductivité serait de l'ordre de 2000 µs/cm. Si la conductivité est supérieure à 1000 µs/cm, la minéralisation est élevée (RODIER et al., 2005). Toutes les valeurs de conductivité obtenues au cours de la présente étude indiquent une minéralisation élevée, des

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 6 et 7

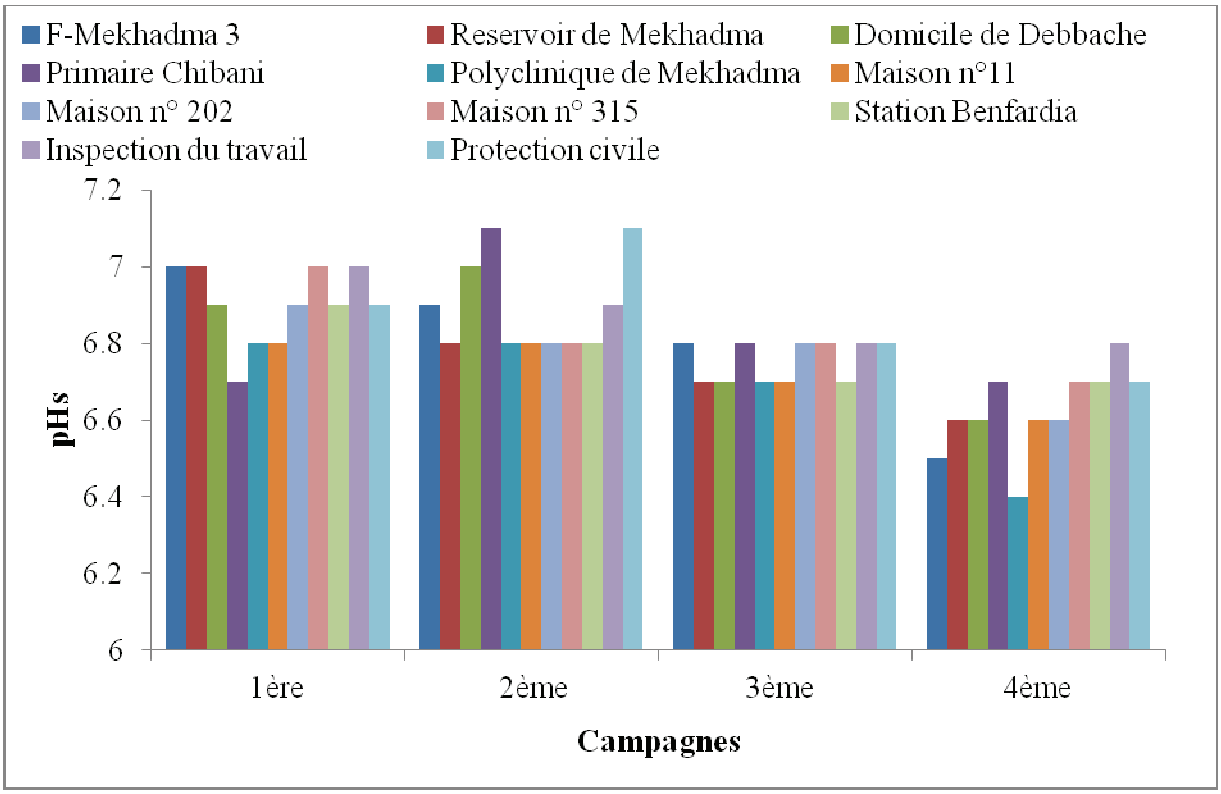

Figure 6.- pH de saturation des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

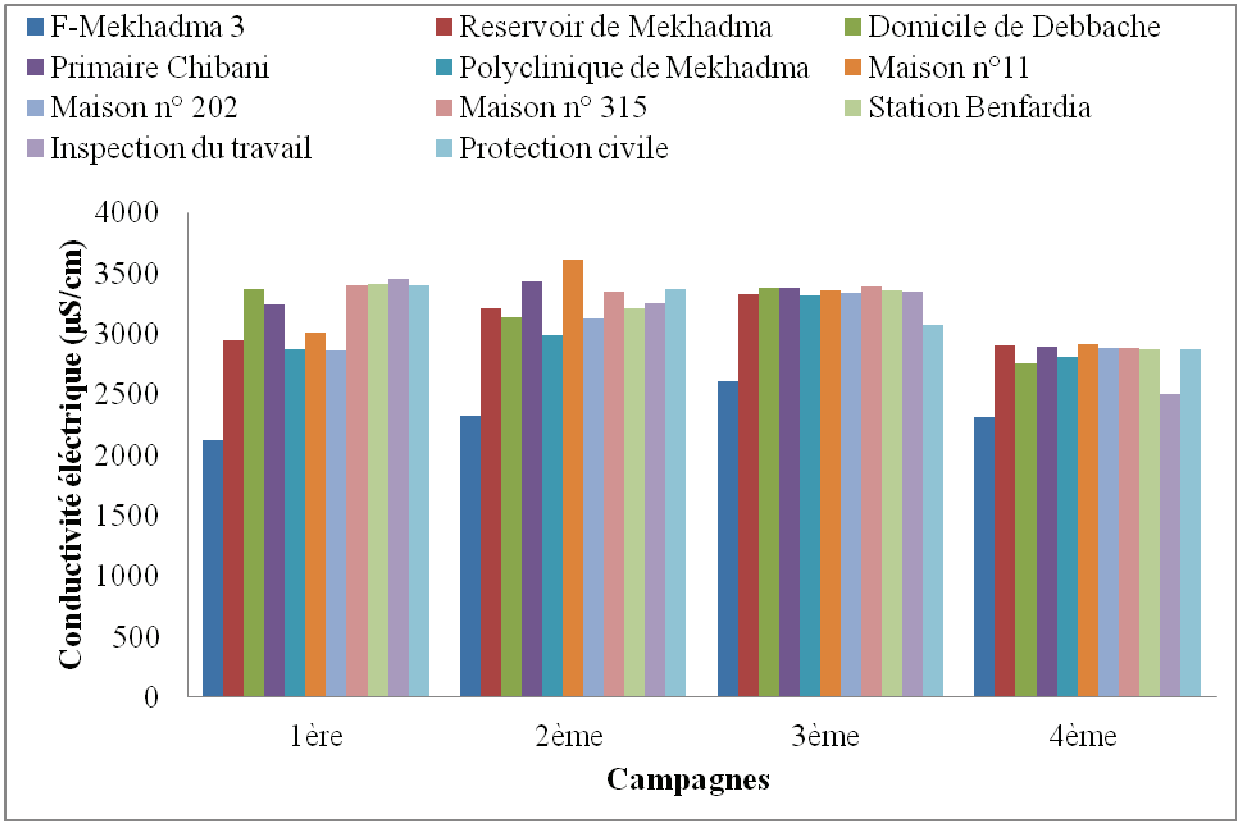

Figure 7.- Conductivité électrique des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

eaux d'adduction de la cuvette de Ouargla. TABOUCHE et ACHOUR (2004), notent que les conductivités électriques des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien ont une minéralisation élevée, variant entre 1900 µS/cm et 3630µS/cm pour la nappe sénonienne et celle du Mio-pliocène de la région de Ouargla. UNESCO (1972), OSS (2003), OULD BABA SY (2005), indiquent que les eaux du Sahara septentrional algéro-tunisiennes, sont fortement minéralisées, arrivant jusqu'à plus de 5000 mg/l dans certains cas pour la nappe du sable et celle du calcaire. Ces minéralisations relativement fortes témoignent d'un temps de contact plus élevé avec la matrice encaissante traduisant soit des circulations très lentes ou des temps de séjour prolongés, soit une contamination (DAKOURE, 2003).

D'après l'analyse de la variance, un effet non significatif de la conductivité a été conclu car F de Fisher = 0.400 et Pr > 0,05. Presque les conductivités des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla sont homogènes (tab. 9).

Tableau 9.- Analyse de la variance appliquée à la conductivité des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	4778542.743	113774.827	0.400	0.879
Résidus	1	284408.820	284408.820		
Total	43	5062951.563			

2.2.5.- Taux des sels dissous (TDS) et salinité

Les concentrations en sels dissous et salinité dans les échantillons d'eau étudiés, sont variables. Elles sont respectivement de 1075 mg/l et 1.075 ‰ pour le taux des sels dissous, et la salinité dans la 1ère campagne jusqu'au 1359 mg/l et 1.35 ‰ dans le forage Mekhadma (fig. 8 et 9). Pour le réservoir du complexe de Mekhadma et les échantillons d'eau prélevés dans le réseau de distribution qui constituent un mélange avec de 4 forages (Mekhadma 1, Mekhadma 2, Mekhadma 3 et Université) de salinité différente, la variation est de 1315 mg/l de sels dissous et 1.3 ‰ de salinité à la polyclinique Mekhadma pour la 1ère campagne, à 1771 mg/l pour les sels dissous et 1.77 ‰ pour la salinité à l'école primaire Chibani Mohamed pour la zone de Mekhadma à la 3ème campagne. Les taux de sels solubles (TDS) et de salinité augmentent à la 2ème campagne, puis à la 3ème campagne où elles dépassent les normes de potabilité de l'OMS (1965), et diminuent à la 4ème campagne pour la majorité des échantillons. La salinité correspond à la quantité de sels dissous qui sont le chlorure de sodium (NaCl), chlorure de magnésium ($MgCl_2$), etc. L'augmentation de la salinité reflète une augmentation en ions sodium (Na^+), magnésium (Mg^{2+}), chlorure (Cl^-),…. après dissociation des sels. Cette salinité se mesure directement à partir de la conductivité électrique des échantillons d'eau prélevés (FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER et *al*., 2005). Les taux de sels dissous (entre 1075 mg/l et 1771mg/l) indiquent une minéralisation élevée au vu des conductivités obtenues (fig. 7) (entre 2122.05 mg/l et 3617.28 mg/l) sont supérieures à 1000 µs/cm. Mais elles correspondent à des valeurs de sels dissous respectant les normes OMS (1965) soit 1500 mg/l ou les dépassent

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 8 et 9

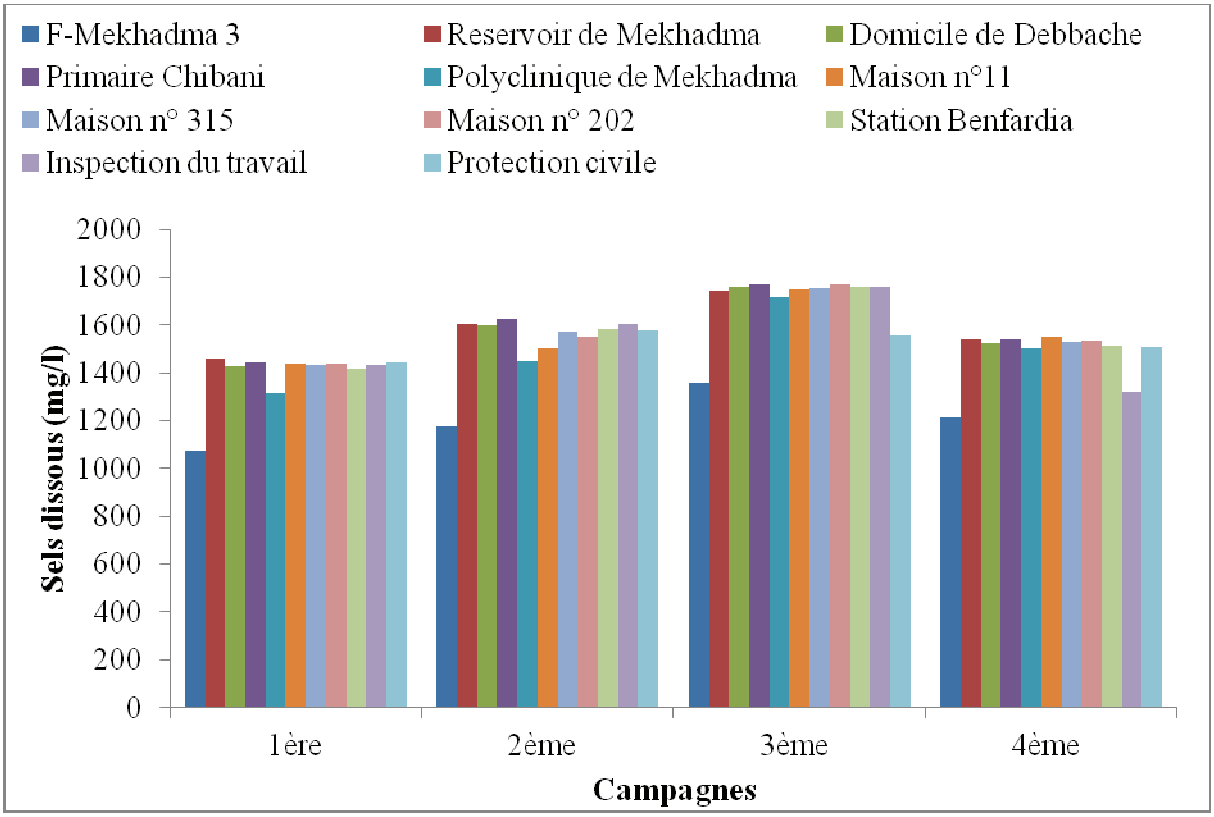

Figure 8.- Taux des sels dissous (TDS) des échantillons d'eau étudiés pour les 4 compagnes

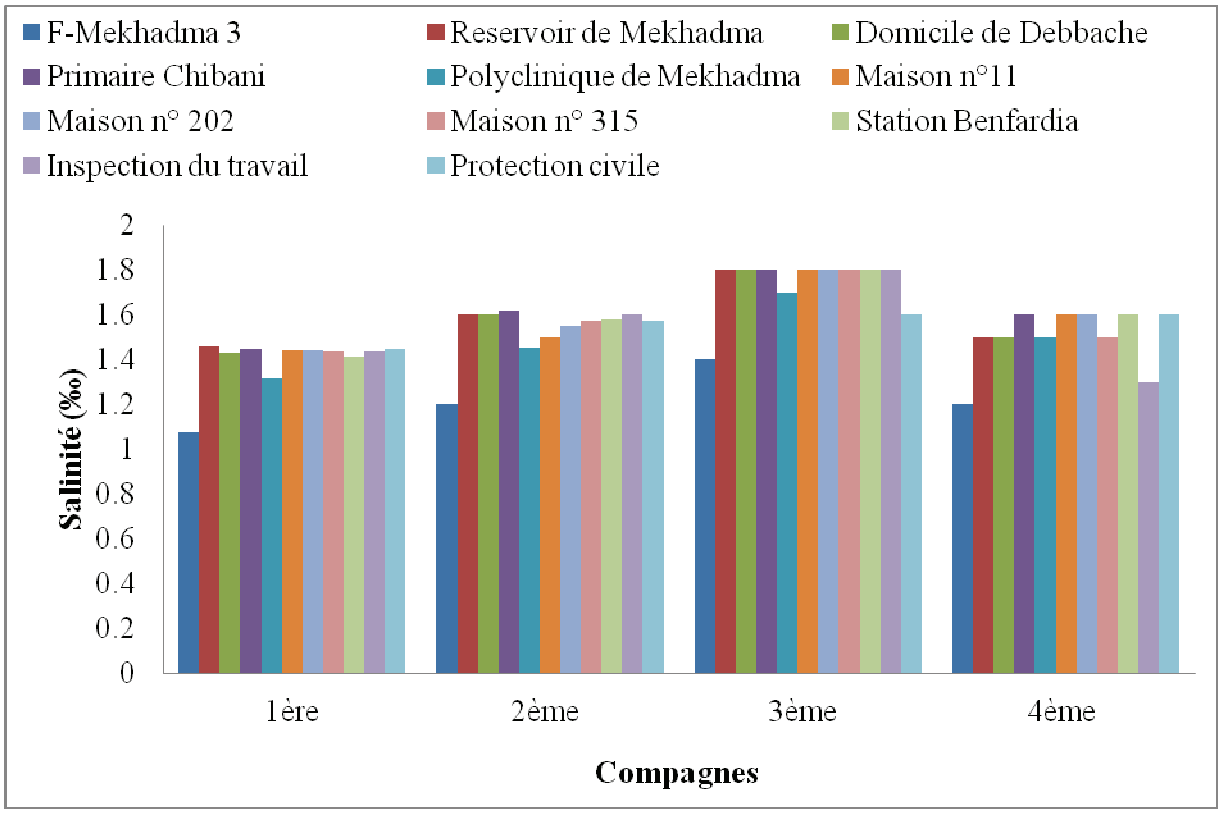

Figure 9.- Salinité des échantillons d'eau étudiés pour les 4 compagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

souvent jusqu'à 200 mg/l. La minéralisation est fonction de la géologie des terrains traversés. Elle est plus élevée dans les eaux souterraines (RODIER et *al*., 2005). La zone de la présente étude est alimentée, par des eaux souterraines, ainsi elles sont fortement minéralisées avec des taux de sels dissous atteignant jusqu'à 1771mg/l de sels dissous.

Un effet non significatif est observé au vu du tableau 10 sur le taux de sels dissous (F de Fisher = 2.144; Pr > 0,05), et un effet très hautement significatif de la salinité est observé à partir (F de Fisher = 69.627; Pr < 0,0001). Les eaux domestiques de la cuvette de Ouargla sont minéralisées à toutes les saisons, et les types de sels entraînant cette salinité, sont variables avec les conditions du milieu.

Tableau 10.- Analyse de la variance appliquée aux taux de sels dissous et la salinité des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Paramètres	Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Sels dissous	Modèle	36	1028795.909	28577.664	2.144	0.148
	Résidus	7	93312.000	13330.286		
	Total	43	1122107.909			
Salinité	Modèle	18	1.269	0.070	69.627	< 0,0001
	Résidus	25	0.025	0.001		
	Total	43	1.294			

2.2.6.- Résidu sec

Les résultats de la figure 10, montrent que les résidus secs pour les 4 campagnes sont variables entre 2058 mg/l à la 2ème campagne (Mars) à 2176 mg/l à la 3ème campagne (Avril) dans le forage Mekhadma 3. Dans le réservoir du complexe Mekhadma et le réseau de distribution de la zone de Mekhadma, les 460 logements et la zone d'activité, les résidus secs sont variables entre 2198 mg/l à la maison n° 315 aux 460 logements et 2956 mg/l au niveau du réservoir Mekhadma à la 1ère campagne. Selon FIGARELLA et LEYRAL (2002); RODIER et *al*. (2005), la minéralisation déterminée par pesée de l'extrait sec, n'est pas rigoureusement identique à celle calculée à partir de la conductivité. En effet, l'évaporation de l'eau à 105°C peut entrainer des transformations de la structure de certains sels: hydrogénocarbonate dissociés donnant des carbonates ou par cristallisation des sulfates avec un certain nombre de molécules d'eau. Le poids de l'extrait sec ne représente pas toujours celui des sels dissous. A exception faite pour la source toutes les valeurs obtenues sont supérieures aux normes algériennes fixées à 2000 mg /l (JORA, 2000). SHOELLER (1962) distingue une potabilité relative dépendant de la composition chimique minérale moyenne et maximale des eaux. Il classe les eaux suivant le tableau 11 (RODIER et *al*., 2005).

Au vu du tableau 11, les eaux d'adduction de la cuvette Ouargla sont classées dans la catégorie d'une mauvaise potabilité, sauf le forage Mekhadma ayant une eau pouvant être

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

considérée comme de potabilité médiocre avec 2058 mg/l à 2176 mg/l de résidu sec.

Tableau 11.- Classification des eaux potables selon l'extrait sec (RODIER et *al*., 2005)

Paramètres	Potabilité				
	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise	Momentané
Extrait sec (mg/l)	0-500	500-1000	1000-2000	2000-4000	4000-8000

L'analyse de la variance laisse apparaitre un effet significatif des résidus secs sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, avec F de Fisher = 4.953; 0.01< Pr < 0,05) (tab. 12).

Tableau 12.- Analyse de la variance appliquée au résidu sec des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	36	1957057.182	54362.699	4.953	0.017
Résidus	7	76832.000	10976.000		
Total	43	2033889.182			

2.2.7.-Température

La température mesurée dans la source du forage de Mekhadma 3, varie entre 25°C à la 2ème campagne à 26.7°C à la 4ème campagne durant les 4 campagnes (fig. 11). Pour le réservoir les températures obtenues sont proches de celles du forage de Mekhadma 3 qui vont de 24.6°C à la 1ère campagne à 26.7°C à la 4ème campagne. La faible variation de la température des eaux, montre qu'elles ne séjournent pas longtemps dans le réservoir. Donc la bâche d'eau se remplie quotidiennement vu la consommation importante en eaux d'adduction des zones desservies. Les températures du réseau de distribution, sont basses à la 1ère campagne de Février. Elles varient entre 16,4°C à la maison n°315 et 23°C à la maison n° 11 dans la zone de 460 logements. Elles semblent augmenter à la 2ème campagne de Mars et oscillent entre 19.5°C à la maison n° 11 dans la zone des 460 logements à 24.9°C à la maison Debbache dans la zone de Mekhadma. A la 3ème campagne. Elles atteignent 24.4°C au niveau du siège de la protection civile et même 26°C à la station de Benfardia dans la zone d'activité en Avril. Il est noté des températures élevées à la 4ème campagne. Elles vont de 26.3°C au siège de la protection civile dans la zone d'activité à 28,7°C à la maison Debbache dans la zone de Mekhadma en Mai. Il est perceptible sur la figure 11, que les températures chutent en s'éloignant de la source durant les périodes froides. Elles augmentent ou varient légèrement pendant les mois tempérés; entre les 3ème et 4ème campagnes. TABOUCHE et ACHOUR (2004), rapportent que la température des eaux souterraines de la nappe sénonienne de la région orientale du Sahara septentrional algérien, varie entre 25°C et 27°C, ce qui explique leur homogénéité thermique. La variation thermique peut être fonction de la profondeur de l'aquifère. Si l'aquifère est très profonde, elle ne présente pas une grande variation de

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 10 et 11

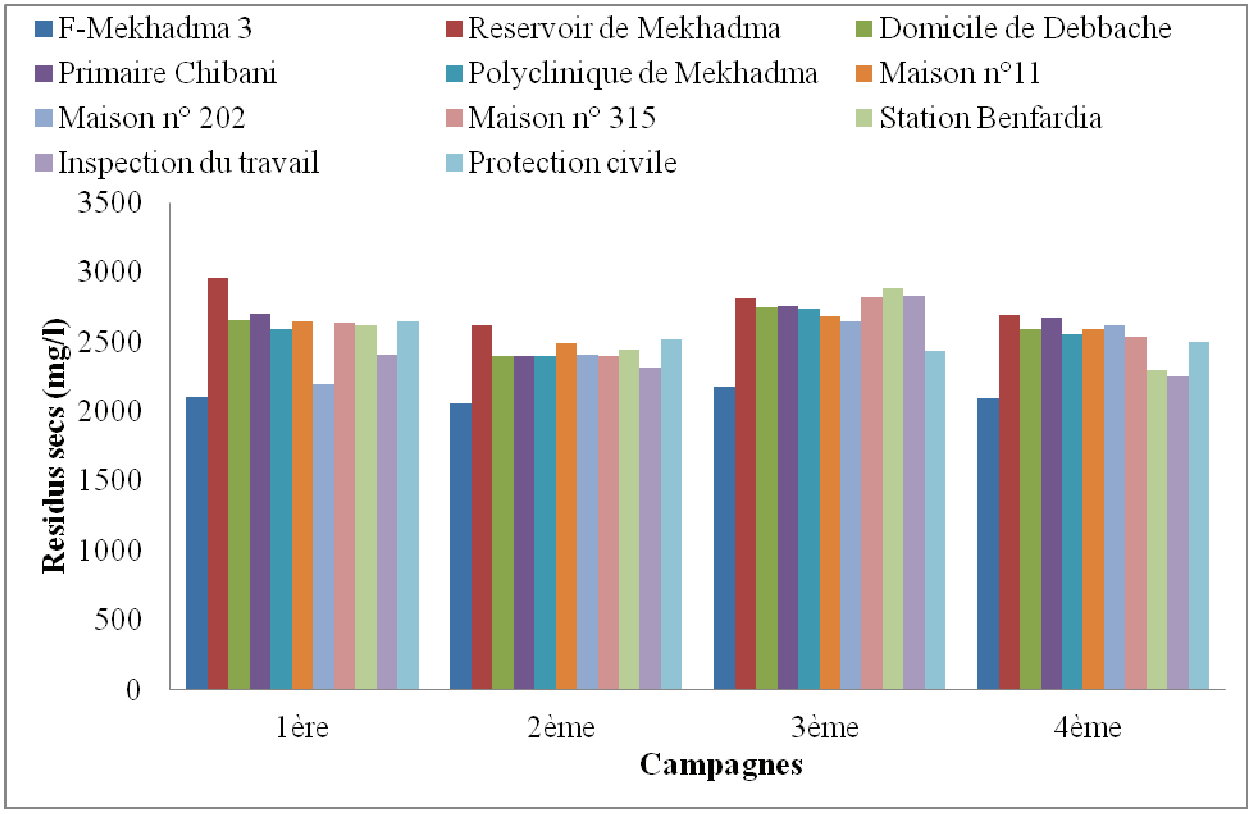

Figure 10.- Résidus secs des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

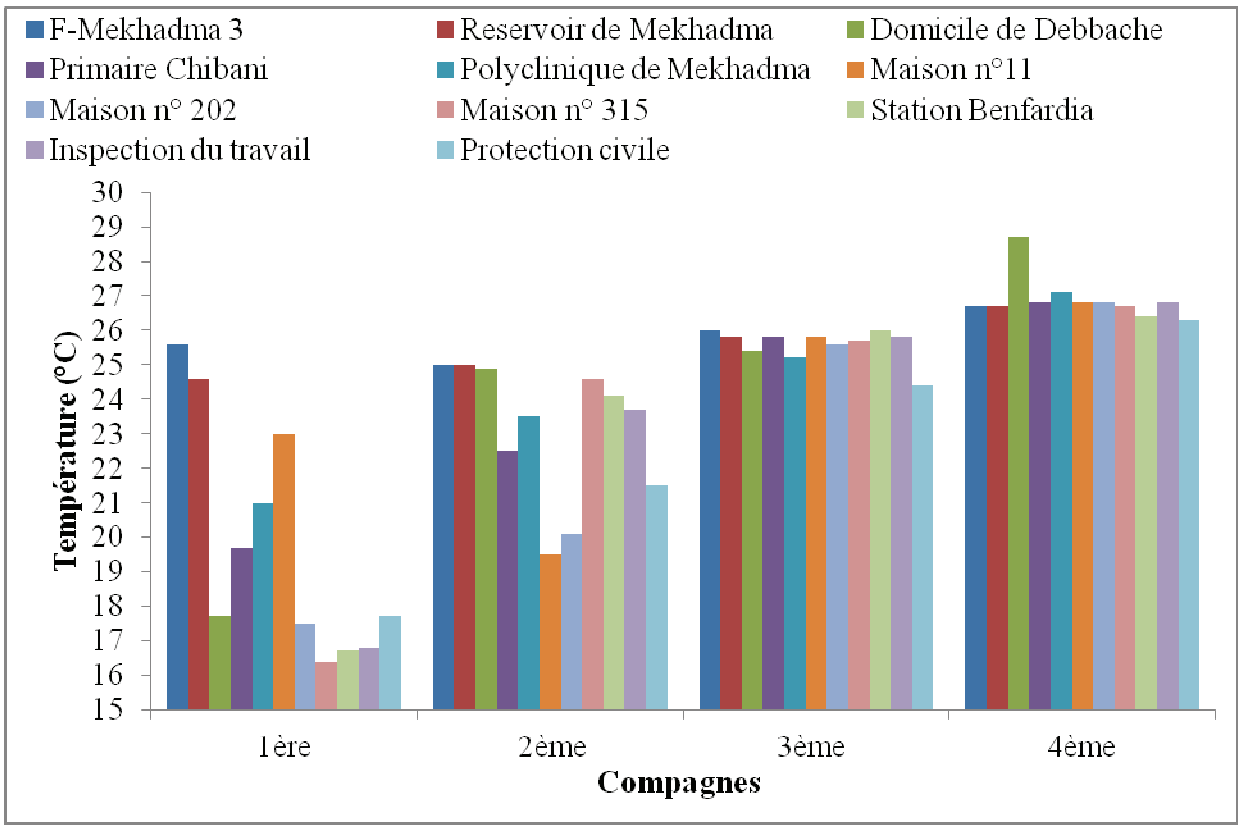

Figure 11.- Différentes température des échantillons d'eau étudiés pour les 4 compagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

température; si l'aquifère est peu ou pas profond, la température des eaux sera influencée essentiellement par les variations climatiques (DIB, 2009). Selon RODIER et *al*. (2005), les eaux souterraines, dont la température au cours des saisons est d'environ 12°C à 15°C, sont moins sensibles aux variations de température que les eaux superficielles dont la température varie de 2 à 30°C. Elles ont l'avantage d'arriver dans le réseau de distribution à une température plus basse, mais, elles peuvent s'échauffer dans le réseau. La température mesurée dans le forage Mekhadma 3 ne révèle pas une grande variation, et pendant la distribution, elle prend presque celle de l'air. Une température élevée des eaux dans le réseau de distribution peut entraîner un développement planctonique important dans les conduites ou une sursaturation en gaz dissous, susceptible de rendre les eaux blanchâtres (LADJEL, 2009). La température de l'eau gouverne la solubilité, en particulier celle des gaz mais aussi celle des sels (BOEGLIN, 2000) ayant des conséquences sur la conductivité (DIB, 2009).

Le tableau 13 montre un effet très hautement significatif de la température (F de Fisher = 720.769; Pr < 0,0001), car sa variation saisonnière influe sur la qualité des eaux étudiées dans la cuvette de Ouargla.

Tableau 13.- Analyse de la variance appliquée de la température des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	29	487.721	16.818	720.769	< 0,0001
Résidus	14	0.327	0.023		
Total	43	488.047			

2.2.8.-Turbidité

Les résultats de la figure 12, montrent des valeurs de turbidité allant de 0,112 NTU au niveau du forage Mekhadma 3 pour la 3ème campagne à 1,22 NTU à la maison n° 315 de la zone des 460 logements pour la même campagne. L'augmentation croissante des valeurs vont respectivement de la 1ère campagne suivi de la 4ème campagne, puis de la 3ème campagne, et enfin la 2ème campagne. Les normes de turbidité de l'eau potable sont assez différentes. L'OMS (1965) et les normes algériennes (2000), recommandent comme valeur limité de turbidité 5 NTU. L'OMS (1993), précise que dans le cas où l'on pratique la désinfection, il conviendrait que la turbidité soit inferieur à 1 NTU (RODIER et *al*., 2005). Les valeurs de turbidité inferieures ou égale à 1.22 NTU, sont conformes aux normes. Selon DESJARDINS (1990); KETTAB (1992); BOEGLIN (2000), parmi les caractéristiques générales des eaux souterraines, il faut retenir leur très faible turbidité. Afin de pouvoir gérer en continu la qualité d'une eau traitée, il a été introduit la notion de concentration en résiduel de désinfectant chimique après un temps de contact donné, pour s'assurer d'une garantie de désinfection à condition que la turbidité de l'eau ne protège pas ces germes (≤ 0.3 NTU) (MONTIEL, 1999).

Le tableau 14 indique que pour la turbidité, il n'y a pas de variation car le carré moyen résiduel est nul.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Tableau 14.- Analyse de la variance appliquée à la turbidité des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	2.758	0.066		
Résidus	1	0.000	0.000		
Total	43	2.758			

2.2.9.- Anhydride carbonique libre

La figure 13 laisse remarquer que l'anhydride carbonique libre est moins répandu dans les eaux domestiques de la cuvette de Ouargla. Il est absent dans la plus part des points de prélèvement des trois premières campagnes allant de 2.125 mg CO_2 libre/l à l'école primaire Chibani Mohamed dans la zone de Mekhadma à la 3ème campagne à 20.841 mg CO_2 libre/l à la station de Benfardia dans la zone d'activité à la 2ème campagne. Par contre à la 4ème campagne, la présence de CO_2 libre dans la majorité des échantillons prélevés avec un maximum au niveau du siège de l'inspection du travail de 27.79 mg CO_2 libre/l, est probablement dû à l'augmentation de la température qui favorise la dissolution des gaz dans l'eau (BOEGLIN, 2000). BOUZID et *al*. (2009) considèrent la valeur de 37 mg CO_2 libre/l comme faible. Pour BOEGLIN (2000), RODIER et *al*. (2005), l'absence de CO_2 et/ou à faibles concentrations signifient qu'il est totalement lié ou combiné pour donner de l'hydrogénocarbonate et de carbonate qui forment avec le calcium des sels de carbonate de calcium ($CaCO_3$) qui vont précipiter dans les conduites. Les eaux agressives sont donc riches en CO_2 (LADJEL, 2009). Une aération du réservoir peut rendre une eau dure et incrustante (entartrante), par perte de CO_2, ce qui risque alors d'obturer les conduites par dépôt de tartre (CELERIER et FABY, 1998).

Pour l'anhydride carbonique libre, le carré moyen résiduel est nul, donc il n'y a pas de variation**,** comme indique le tableau 15, presque toutes les échantillons présentent une homogénéité.

Tableau 15.- Analyse de la variance appliquée à l'anhydride carbonique libre des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	18	2441.337	135.630		
Résidus	25	0.000	0.000		
Total	43	2441.337			

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 12 et 13

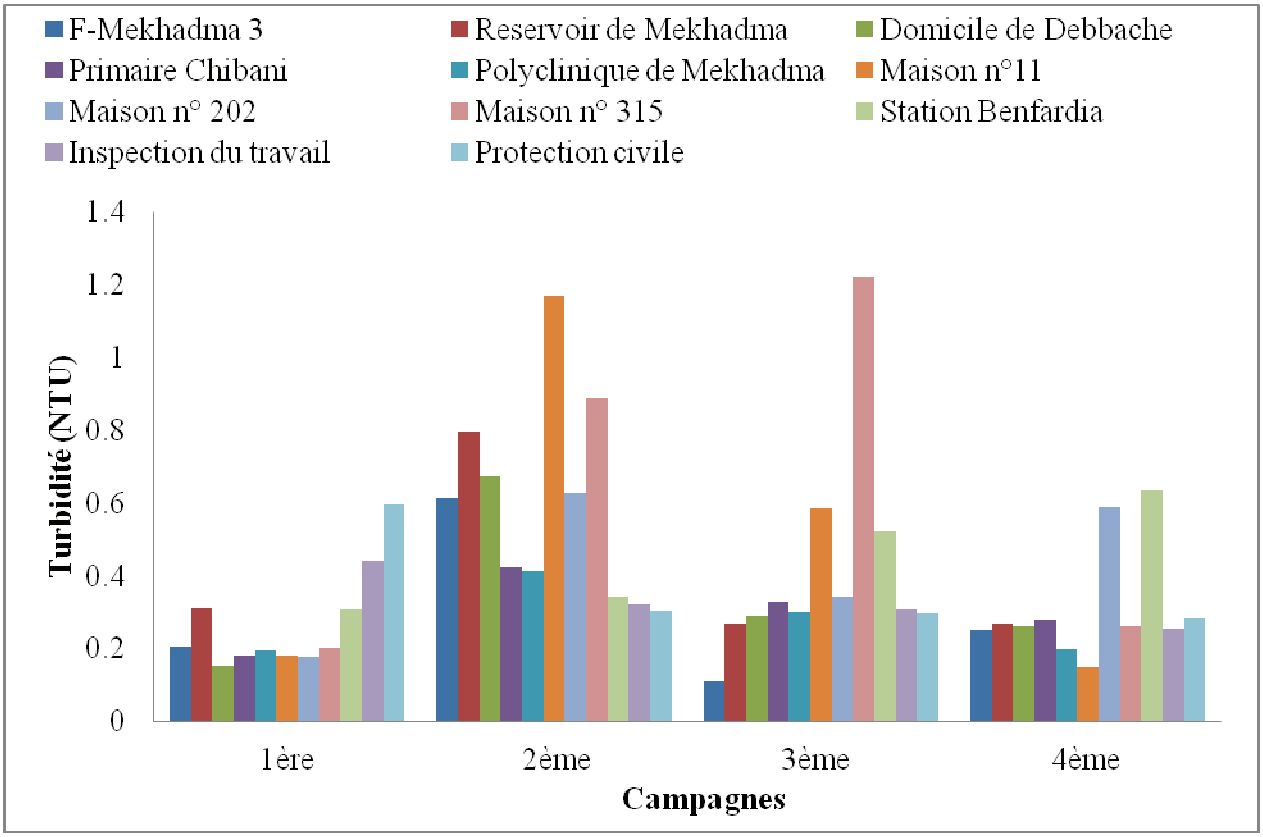

Figure 12.- Turbidité des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

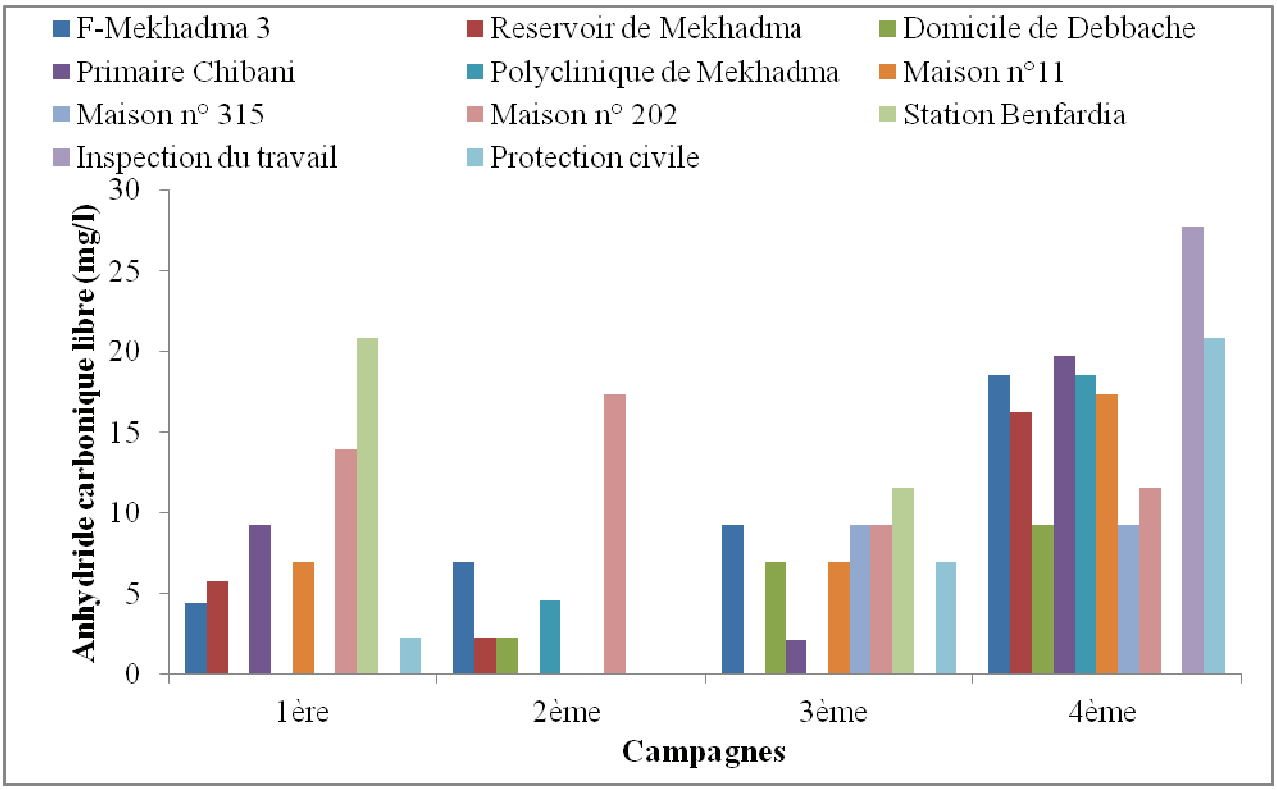

Figure 13.- Anhydride carbonique libre des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

2.2.10.- Titre alcalin complet

Les titres alcalimétriques complets des échantillons d'eau de la présente étude vont de 66.67 mg /l à l'école primaire Chibani dans la zone de Mekhadma pour la 2ème campagne, à 256 mg /l pour la 4ème campagne dans le forage Mekhadma (Fig. 14). Le titre alcalin complet correspond à la teneur en alcalin libre carbonates, hydroxyle, et hydrogénocarbonates; pour un pH inferieur à 8.3, l'alcalinité entrainée par l'ion CO_3^- et OH^- est nulle (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Dans les eau de distribution, la concentration en OH^- est faible, l'alcalinité de l'eau est constituée par des hydrogénocarbonates ou par mélange de carbonates/hydrogénocarbonates (RODIER et *al*., 2005). Le titre alcalimétrique complet des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien est bicarbonaté avec un pH souvent inferieur à 8.3 (ACHOUR, 1990; TABOUCHE et ACHOUR, 2004). Cette alcalinité est très faible, variant entre 79 mg /l à 138 mg/l par rapport à la dureté totale, exprimée par le titre hydrométrique. Elle est de 590 mg de $CaCO_3$/l à 2140 mg de $CaCO_3$/l (YOUCEF et ACHOUR, 2001).

Le tableau 16 laisse apparaître un effet très hautement significatif du titre alcalimétrique (F de Fisher = 23.264; Pr < 0,0001), et son influence sur la qualité des eaux étudiées.

Tableau 16.- Analyse de la variance appliquée au titre alcalin complet des eaux domestiques échantillonnées (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	31	64202.706	2071.055	23.264	< 0,0001
Résidus	12	1068.283	89.024		
Total	43	65270.989			

2.2.11.- Dureté totale (titre hydrotimétrique)

Les valeurs obtenues de la dureté totale, vont de 990 mg de $CaCO_3$/l à l'adduction d'eau de la protection civile dans la zone d'activité pour la 3ème campagne, à 1310 mg de ($CaCO_3$)/l à la 1ère campagne au niveau du forage Mekhadma 3 (fig. 15). La variation de la dureté entre la source d'alimentation et les différents points du réseau de distribution, est le fait du mélange de différentes eaux de forage Mekhadma 1, Mekhadma 2, Mekhdma 3 et celui de l'université au niveau du réservoir de stockage. L'évolution de la dureté semble être liée à une augmentation en Ca^{++} et/ou Mg^{++}. La dureté totale a un caractère naturel lié au lessivage des terrains traversés et correspond à la teneur en calcium et en magnésium (HAKMI, 2006). Les eaux provenant de terrains calcaires ou surtout de terrain gypseux, peuvent avoir des duretés très élevées susceptibles d'atteindre 1g de $CaCO_3$/l (RODIER et *al*., 2005; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Les eaux prélevées dans le forage Mekhadma 3 appartiennent à la nappe sénonienne ou nappe des calcaires. Ces eaux sont mélangées dans le réservoir avec celles d'autres forages, dont l'une provient de la nappe Mio-pliocène ou nappe des sables. Les normes françaises fixent la dureté

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 14 et 15

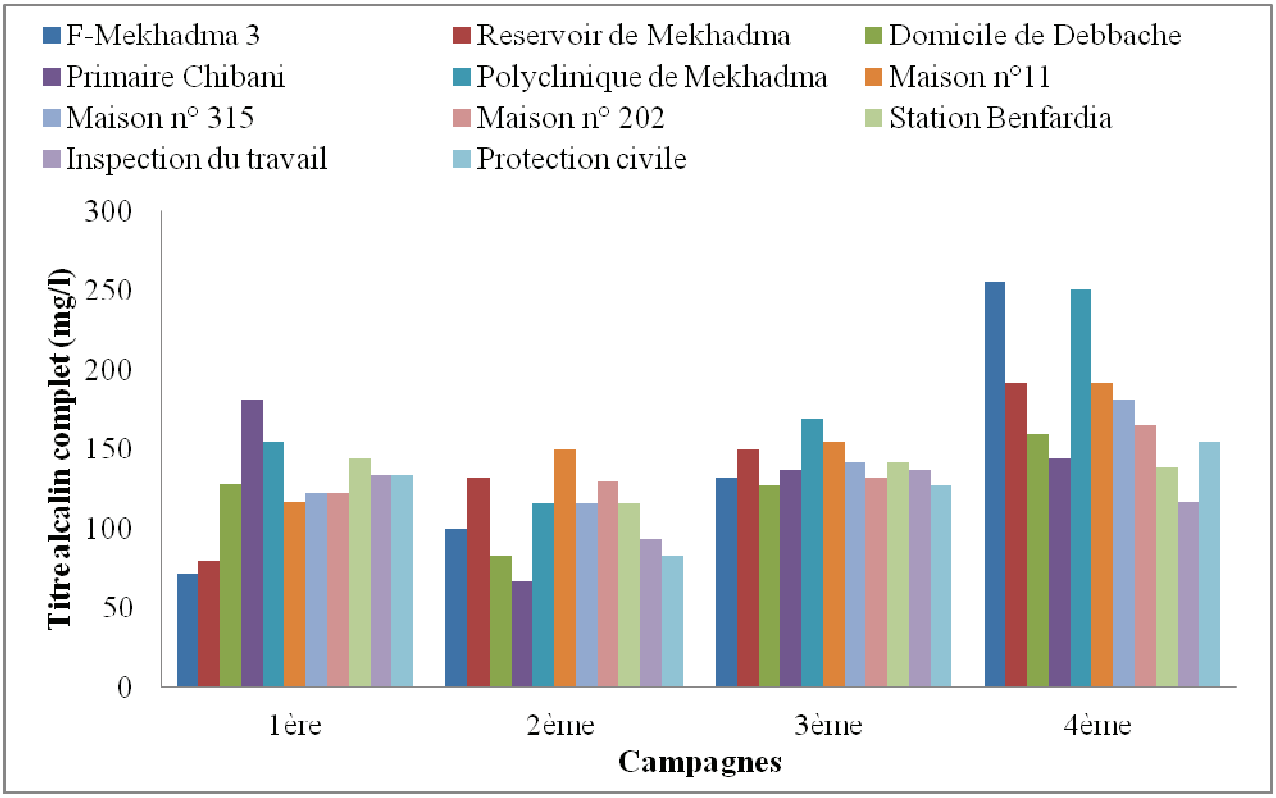

Figure 14.-Titre alcalin complet des échantillons d'eau étudiés pour les campagnes

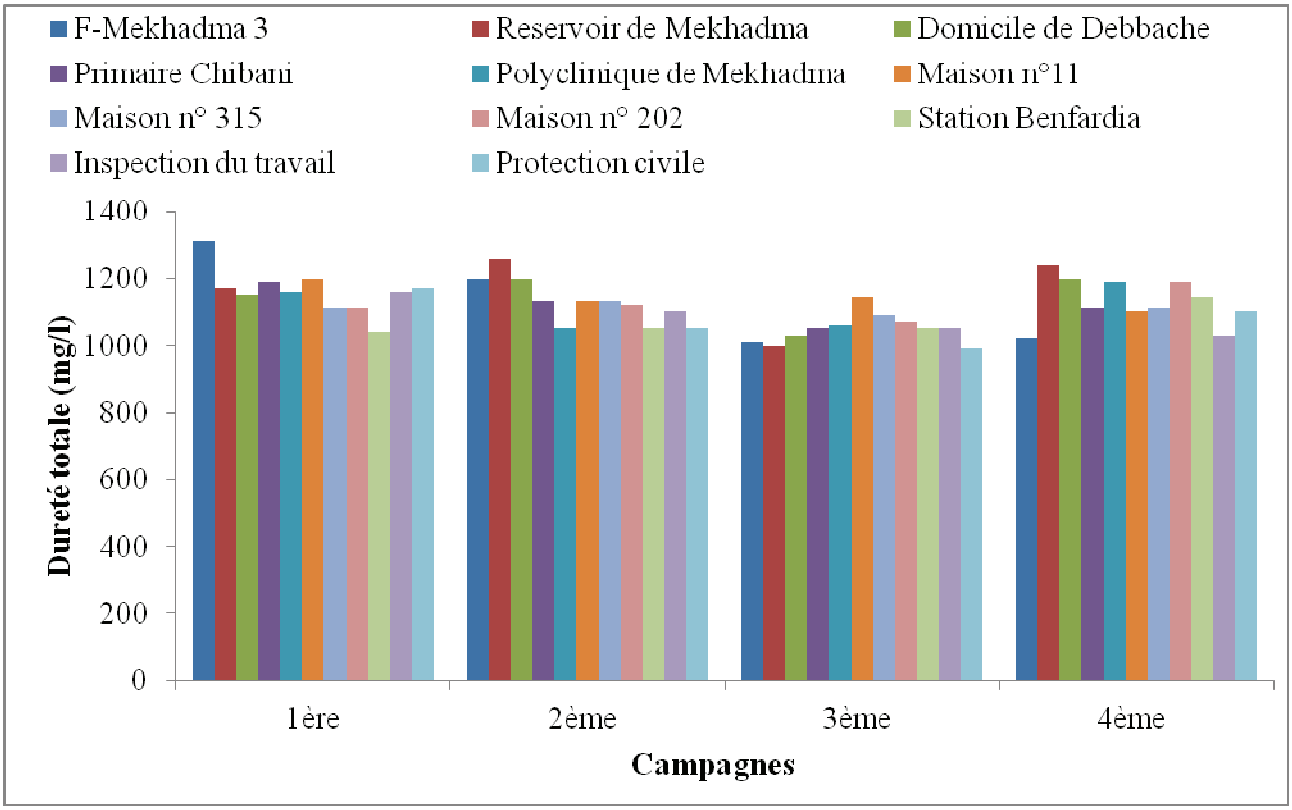

Figure 15.- Dureté totale des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

totale exprimée en degré hydrométrique à 10 mg de $CaCO_3$/l (RODIER et *al*., 2005). Les normes de l'OMS (1972) mentionnées dans le tableau 17, laissent remarquer que tous les échantillons d'eau de la présente étude de la cuvette de Ouargla, sont très dures. Pour TABOUCH et ACHOUR (2004) les eaux de la région orientale du Sahara septentrional, sont des eaux très dures, variant entre 59°F et 480°F pour la nappe Mio-pliocène, Sénonienne et Albienne.

Tableau 17.- Normes pour la dureté des eaux de boisson (OMS, 1972)

Paramètres	Titre hydrotimétrique (TH °F)				
	0-7	7-22	22-32	32-54	>54
Dureté de l'eau	Douce	Modérément douce	Assez douce	Dure	Très dure

La dureté d'une eau, constitue un risque notable dans l'entartrage des canalisations. Pour une eau d'adduction, une dureté élevée contribue également à accroitre la consommation de savon (RODIER et *al*., 2005; HAKMI, 2006). Il a été démontré que les réservoirs, les réseaux et les points de puisage (robinet, pommes de douche) des conduites d'eau chaude sanitaire pouvaient, s'ils étaient entartrés, être favorables à l'accueil et à la prolifération des bactéries (MEGDOUD, 2003). Toutefois, certaines études, rapportent qu'il semble exister un pourcentage plus élevé de mortalité par affections cardio-vasculaires, dans les régions où sont distribuées des eaux douces. Les eaux dures peuvent limiter le transfert intestinal des ions métalliques toxiques comme le cadmium, le cuivre, le plomb, etc., contrairement aux eaux douces (RODIER et *al*., 2005).

L'analyse de la variance montre un effet très hautement significatif de la dureté totale sur la qualité des eaux vu que F de Fisher = 99.127 pour Pr < 0,0001 (tab. 18).

Tableau 18.- Analyse de la variance appliquée à la dureté totale des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	21	231822.727	11039.177	99.127	< 0,0001
Résidus	22	2450.000	111.364		
Total	43	234272.727			

2.2.12.- Minéralisation globale

Le dosage chimique des ions des échantillons d'eau domestique de la cuvette de Ouargla, montre sur la figure 16, que le cation dominant est le Na^+. Les concentrations sont de 240,5 mg de Na^+/l dans le forage Mekhadma 3 au cours de la 2ème campagne, à 558 mg de Na^+/l présent au siège de l'inspection du travail pour la zone d'activité à la 4ème campagne. En seconde position en terme de concentration, le Ca^{++} domine, avec un minimum de 200,4 mg de Ca^{++}/l dans le forage Mekhadma 3 pour la 3ème campagne et le maximum de 312,62 mg de Ca^{++}/l à

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

l'école primaire Chibani pour la zone de Mekhadma, et à la maison n° 315 pour la zone de 460 logements à la 4ème campagne. Cet élément est suivi du Mg^{++} puis par K^{+}. Pour Mg^{++}, sa concentration va de 80.206 mg de Mg^{++}/l à l'école primaire Chibani de la zone de Mekhadma à la 4ème campagne, et atteint un maximum de 157.982 mg de Mg^{++}/l dans le forage Mekhadma 3 à la 2ème campagne. Le potassium atteint son maximum à la 4ème campagne avec un taux de 21.7 mg de K^{+}/l dans la maison n°11 pour la zone des 460 logements et le minimum à la 2ème campagne dans le forage Mekhadma 3 avec 11 mg de K^{+}/l.

Les normes algériennes de potabilité pour le calcium sont fixées à 200 mg de Ca^{++}/l (JORA, 2000). Le forage de Mekhdma 3 à la 3ème campagne, la polyclinique de la zone Mekhadma, la maison n° 315 à la 2ème campagne, présentent des limites acceptables en normes. Par contre les autres échantillons dépassent les normes. Le sodium de même dépasse les normes qui sont de 200 mg de Na^{+}/l (JORA, 2000). Le magnésium et le potassium mesuré, sont dans les limites des normes de potabilité (respectivement; 150 mg Mg^{++}/l et 20 mg K^{+}/l) (JORA, 2000).

Le calcium est l'élément présent dans toutes les eaux naturelles (BENAMAR et *al*., 2011). Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches calcaires sous forme de carbonates. C'est un composant majeur de la dureté de l'eau. Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables. Sa teneur varie essentiellement suivant la nature de terrain traversé. Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre sous forme sulfate, chlorure, etc. (RODIER et *al*., 2005). Le calcium est fréquent dans les roches sédimentaires. Il provient essentiellement de la dissolution des roches carbonatées suite à la présence du gaz carbonique. Le calcium peut provenir également des formations gypsifères ($CaSO_4$, $2H_2O$) qui sont facilement solubles (DIB, 2009). L'influence du calcium de l'eau sur la santé humaine, a été souvent discutée. Des recherches et des études statistiques notent qu'il n'y aurait pas de relation dose-effet avec la teneur de cet élément dans l'eau. Les quantités susceptibles d'être ingérées sous forme de boisson sont inferieures aux quantités nécessaires à l'organisme, estimées approximativement entre 700 et 900 mg/jour. De plus le calcium de l'eau n'est que peu absorbé par l'intestin. Les eaux qui dépassent 200 mg/l de calcium, présentent des inconvénients pour les usages domestiques et pour l'alimentation des chaudières (RODIER et *al*., 2005).

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables, allant de quelque dizaines de milligrammes à 500 mg/l. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition des sels minéraux comme les silicates de sodium et d'aluminium, des retombées d'origine marine, de la venue d'eaux salées dans les nappes aquifères, etc. Par ailleurs le traitement de l'eau peut ajouter du sodium en provenance du carbonate, de l'hydroxyde, du silicate et de l'hypochlorite de sodium. Dans l'état actuel des connaissances, il n'existe pas d'argument suffisant pour justifier la fixation d'une valeur indicative pour le sodium dans l'eau, pour la base d'un risque sanitaire (RODIER et *al*., 2005). Comme le corps possède des mécanismes très efficaces de régulation des teneurs en sodium du milieu interne, ce métal n'est pas fortement toxique aux concentrations où on le trouve normalement dans l'environnement ou dans l'alimentation (FINBERG et *al*., 1963). Pour MONTIEL (1999), la présence exagérée de

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

sodium dans les eaux peut affecter certaines populations (sujets souffrant d'hypertension par exemple), et peut aussi affecter certains sujets normaux (augmentation de la tension sanguine chez les adolescents).

Le magnésium est un élément présent dans toutes les eaux naturelles (BENAMAR et *al*., 2011). La variation du magnésium dans les eaux souterraines est due à l'influence des formations carbonatées telles que les calcaires, d'une part, et les formations salifères d'autre part comme les argiles et les marnes qui sont riche en Mg^{++} (DIB, 2009). La plupart des sels de magnésium sont très solubles dans l'eau, même le carbonate peut être dissous jusqu'à 300 mg/l à 20°C. Le magnésium constitue un élément significatif de la dureté de l'eau. Il est présent sous forme de carbonates et d'hydrogénocarbonates. En zones arides, il a été constaté la consommation courante et sans problèmes majeurs pour les habitudes, des eaux contenant 200 mg/l de magnésium avec des teneurs élevées en sulfates (RODIER et *al*., 2005).

Bien que dans les roches ignées, la teneur en potassium soit presque aussi importante que celle du sodium (RODIER et *al*., 2005), avec la nature du terrain, c'est tout à fait le contraire, où le potassium est mineur par rapport au sodium. Le potassium à faible dose ne représente pas de risques significatifs. Même des variations importantes de ces teneur de l'eau, n'auraient que des effets négligeables sur les concentrations de l'organisme (RODIER et *al*., 2005). Sa présence dans les eaux naturelles ne dépassent pas habituellement 10 à 15 mg/l. Le seuil de perception gustative du chlorure de potassium se situe à environ 20 fois cette valeur (FALL, 2008).

L'analyse de la variance, laisse remarquer un effet très hautement significatif du calcium (F de Fisher = 18.015; Pr < 0,0001), du magnésium (F de Fisher = 63.794; Pr < 0,0001), et du potassium (F de Fisher = 5.968; Pr < 0,0001), et un effet significatif pour le sodium (F de Fisher = 2.663; 0.01<Pr < 0,05) (tab. 19).

Tableau 19.- Analyse de la variance appliquée à quelques éléments minéraux (cations) des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Paramètres	Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Calcium	Modèle	24	41132.370	1713.849	18.015	< 0,0001
	Résidus	19	1807.568	95.135		
	Total	43	42939.938			
Magnésium	Modèle	27	15258.395	565.126	63.794	< 0,0001
	Résidus	16	141.737	8.859		
	Total	43	15400.132			
Sodium	Modèle	27	145007.220	5370.638	2.663	0.022
	Résidus	16	32266.667	2016.667		
	Total	43	177273.886			
Potassium libre	Modèle	17	286.810	16.871	5.968	< 0,0001
	Résidus	26	73.500	2.827		
	Total	43	360.310			

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Parmi les anions dominants, il apparaît les chlorures, variant entre 359,9 mg/l dans le forage Mekhadma 3 à la 2ème campagne à 749,83 mg/l au le siège de la protection civile de la zone d'activité à la 4ème campagne (fig. 17). Les quantités des chlorures augmentent dans le réservoir après un mélange de 4 forages, et se stabilisent dans le réseau de distribution, par rapport à la source d'alimentation. Les normes de potabilité algériennes, fixent 200 mg/l et comme concentration maximale admissible 500 mg/l (JORA, 2000). Il dépasse les 500 mg/l aux points de prélèvements. Pour RODIER et *al*. (2005), les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et sont liées principalement à la nature des terrains traversés. Leurs teneurs dans les eaux naturelles sont susceptibles de subir des variations en zones arides suite au lessivage superficiel en cas de fortes pluies. Elles peuvent avoir comme origine, selon DIB (2009), une contamination par les eaux usées. L'inconvénient majeur des chlorures, est la saveur désagréable, qu'elles communiquent à l'eau à partir de 250 mg/l (OMS, 1993; WHO, 2008), surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium. Pour une quantité équivalente de chlorures, la saveur peut être moins marquée en présence de calcium et de magnésium (RODIER et *al*., 2005). GUERGAZI et ACHOUR (2005), ont observé une forte concentration en chlorures dans des eaux souterraines traitées de réservoir et de réseau de distribution de la région de Biskra de 128 mg/l à 1391 mg/l. Cet élément provoque un goût désagréable dans les eaux de consommation et les rendent corrosives vis-à-vis des conduites et des réservoirs (GUERGAZI et ACHOUR, 2005; DIB, 2009). Elles sont aussi nocives pour les plantes. Cet élément provoque aussi l'augmentation du chlore résiduel lors de la chloration d'une eau chargée en matière organique selon GUERGAZI et ACHOUR (2005).

Les sulfates présentent des concentrations allant de 364 mg/l dans le forage Mekhdma 3 à la 4ème campagne, à 996 mg/l dans le réservoir du complexe Mekhadma à la 1ère campagne (fig. 17). Cette variation de concentration est souvent au-delà des normes de potabilité algériennes fixées à 500 mg/l (JORA, 2000). Il est noté pour le forage Mekhadma 3, la polyclinique de Mekhadma, la maison n° 202, la maison n° 11 des 460 logements, pour la 4ème campagne, des taux respectifs de 360 mg/l, 488 mg/l, 404 mg/l et 348 mg/l. De même au siège de l'inspection du travail à la 3ème campagne, la maison n° 11, et la maison n° 315 aux 460 logements à la 2ème campagne, présentent des taux de 425mg/l; 350 mg/l et 420 mg/l sont dans les normes indiquées. GUERGAZI et ACHOUR (2005), signalent une forte concentration en sulfates pour des eaux souterraines traitées de réservoir et de réseau de distribution de la région de Biskra de 46 mg/l à 870 mg/l. Comme le chlore, cet élément donne un goût désagréable aux eaux de consommation et les rendent corrosives vis-à-vis des conduites et des réservoirs. Il est aussi nocif pour les plantes.

La concentration en ions sulfates des eaux naturelles, est très variable, peut être largement dépassée dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est élevée, et la dissolution du gypse (RODIER et *al*., 2005; DIB, 2009). La présence de sulfate en quantité supérieure à 300 mg/l peut entrainer dans certaines conditions l'altération des matériaux de construction (corrosion des réservoirs de stockage) et accélérer la corrosion du fer (RODIER et *al*., 2005).

Les hydrogénocarbonates sont moins dominants que les autres anions (fig. 17), où ses valeurs varient de 81,34 mg/l à l'école primaire Chibani dans la zone de Mekhadma à la 2ème

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

campagne, et 312 mg/l dans le forage Mekhadma 3 à la 4ème campagne. L'évolution des hydrogénocarbonates est couplée à l'évolution de l'alcalinité (fig. 14), car ce sont les bicarbonates qui donnent le caractère alcalin aux eaux domestiques de la cuvette de Ouargla. L'origine des bicarbonates, est la dissolution des roches carbonatées et gypsifères (DIB, 2009).

Pour TABOUCHE et ACHOUR (2004), les ions dominants dans les eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional algérien sont le plus souvent les chlorures et les sulfates ainsi que le calcium et le magnésium. Les résultats de NEZLI et *al*. (2009) signalent trois éléments chimiques qui présentent des teneurs dominantes. Il s'agit des sulfates, des chlorures, et le sodium, qui sont suivis par le calcium, le magnésium, et les hydrogénocarbonates avec des concentrations variables. La richesse des eaux en éléments sulfatés, chlorurés, et en sodium, est liée à la dissociation des formations évaporitiques. Selon BLATT et TRACY (1996), ce sont des roches sédimentaires chimiques produites à partir de l'évaporation partielle ou totale d'un corps d'eau salée. Par contre les éléments calcium et magnésium, peuvent provenir de deux origines, des formations gypseuses (évaporites) et du calcaire dans le cas des carbonates (NEZLI et *al*., 2009). La richesse des eaux en éléments Na^+, Cl^-, Ca^{2+} et SO_4^{2-}, est liée à la dissolution des minéraux susceptibles de se former par évaporation des eaux chargées en sels, et par dissolution des formations évaporitiques. Par contre les éléments Ca^{2+}, Mg^{2+} et HCO_3^- sont liés à la dissolution des carbonates (FEHDI et *al*., 2009)

La comparaison entre les anions et les cations renseigne sur le faciès chimique des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla qui apparaissent chlorurées, sulfatées, calciques, et sodiques.

Les tableaux 20 laissent apparaitre un effet très hautement significatif des sulfates (F de Fisher = 22.352; Pr < 0,0001), et des hydrogénocarbonates (F de Fisher = 12.053; Pr < 0,0001), par contre il n'y a pas de variation pour les chlorures avec un carré moyen résiduel nul.

Tableau 20.- Analyse de la variance appliquée à quelques ions (anions) des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité) sulfate hydrogénocarbonate

Paramètres	Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Chlorures	Modèle	32	440901.648	13778.177		
	Résidus	11	0.000	0.000		
	Total	43	440901.648			
Sulfates	Modèle	29	1140919.909	39342.066	22.352	< 0,0001
	Résidus	14	24642.000	1760.143		
	Total	43	1165561.909			
Hydrogénocarbonate	Modèle	30	94480.953	3149.365	12.053	< 0,0001
	Résidus	13	3396.775	261.290		
	Total	43	97877.729			

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 16 et 17

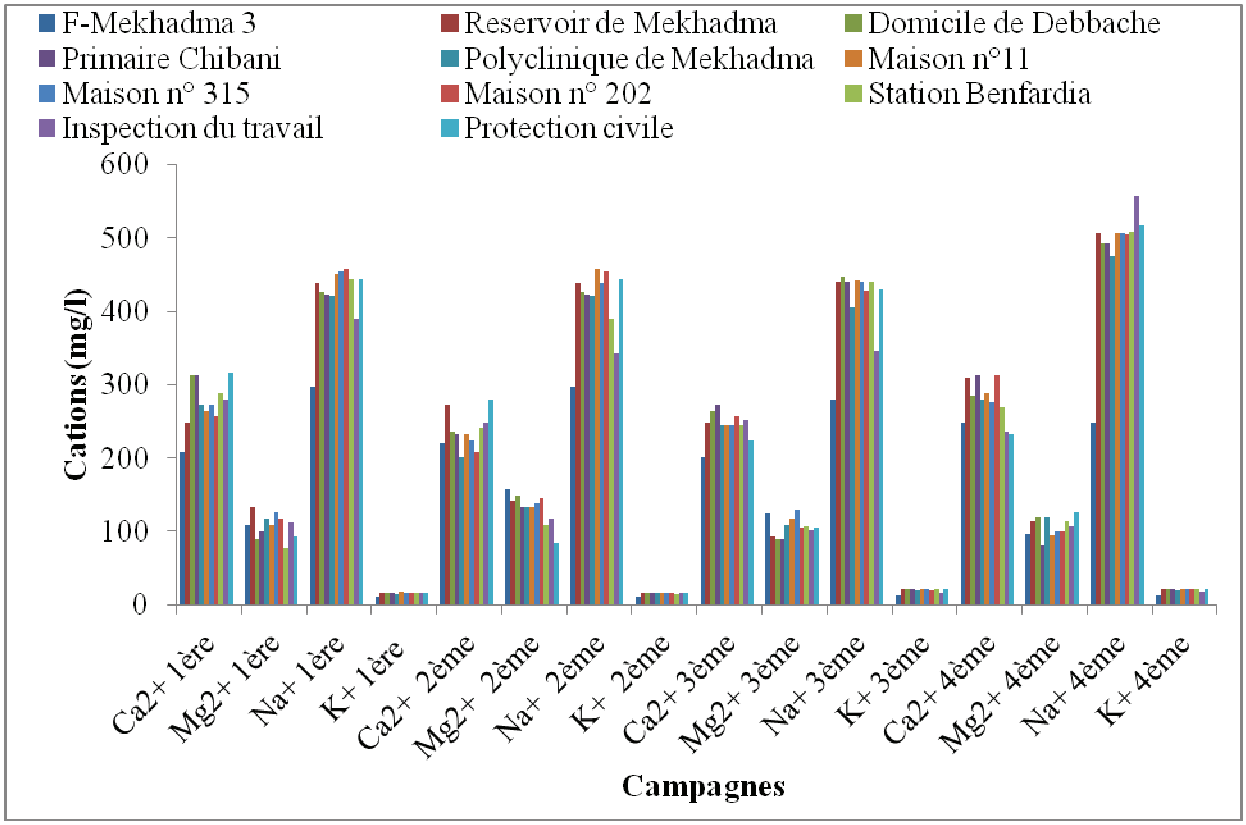

Figure 16.- Cations des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

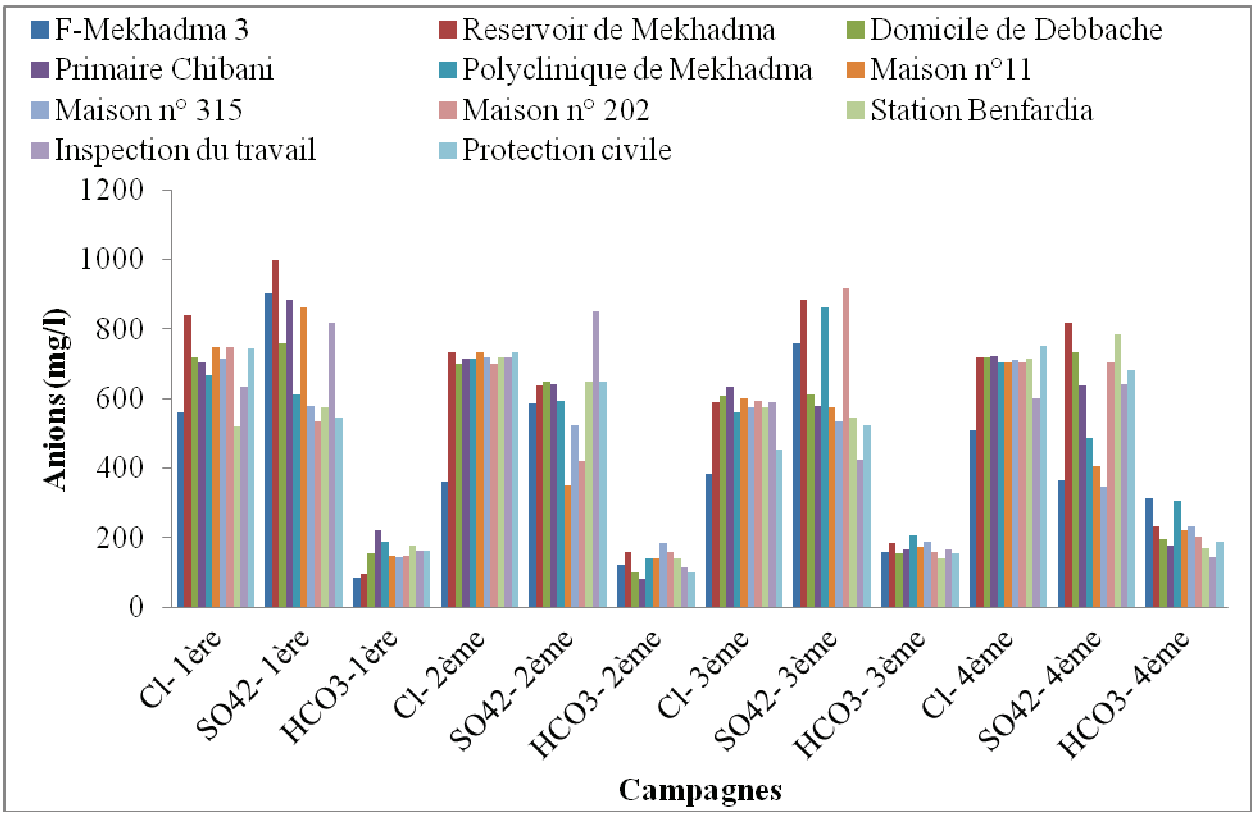

Figure 17.- Anions des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

2.3.- Caractéristiques biochimiques

2.3.1.- Ammonium

Le taux d'ammonium des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, est variable et ne dépasse guère 0,710 mg NH_4^+/l, soit le maximum obtenu au siège de l'inspection du travail à la 2ème campagne pour la zone d'activité (fig. 18). Les normes admissibles sont de 0,5 mg NH_4^+/l (JORA, 2000; OMS, 1965, 1993, 2006; WHO, 2008). La concentration de l'ammonium élevée dans les eaux échantillonnées au niveau du siège de l'inspection du travail en zone d'activité pour la 2ème campagne, semble un indicateur de pollution microbiologique (FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER et *al*., 2005; LADJEL, 2009). Pour DIB (2009) la présence d'ammonium dans l'eau peut être liée à la réduction des formes azotées (nitrites et nitrates) en conditions réduites.

La cinétique de l'eau durant son parcours, de sa source de production à la distribution, montre une variation et dans certains cas tendant vers une augmentation du taux d'ammonium remarquable. Cela laisse supposer l'intrusion d'un agent contaminant. En général l'ammonium se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. La mise en évidence, dans l'eau, de teneurs importantes en ammonium implique une contamination récente par les matières organiques en décomposition. En profondeur, les eaux peuvent se charger en ion ammonium par réduction des nitrates sous l'action des bactéries autotrophes ou par les ions ferreux (RODIER et *al*., 2005). GUERGAZI et ACHOUR (2005), ont observé aussi la présence de concentrations non négligeables en ammoniaque dans certains échantillons d'eau prélevés en réservoir et en réseau de distribution, atteignant 0.34 mg NH_4^+/l, malgré une chloration. Si la chloration est faite d'une manière adéquate, la concentration en ammoniaque (ion ammonium) est nulle.

L'analyse de la variance porté sur le tableau 21 montre un effet non significatif de l'ammonium (F de Fisher = 3.108; Pr > 0,05).

Tableau 21.- Analyse de la variance appliquée à l'ammonium des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	38	1.318	0.035	3.108	0.103
Résidus	5	0.056	0.011		
Total	43	1.374			

2.3.2.-Nitrites

Au vu de la figure 19, les échantillons d'eaux domestiques analysés de la cuvette de Ouargla ne renferment pas des nitrites et même s'ils existent, ce sont des taux ne dépassant pas 0,021 mg NO_2^-/l, enregistré à la protection civile dans la zone d'activité à la 3ème campagne. Ils sont toujours absents dans la source d'alimentation. La limite de consommation algérienne est fixée à 0,1 mg NO_2^-/l (JORA, 2000). Pour RODIER et *al*. (2005), en l'absence de pollution, il n'y

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 18 et 19

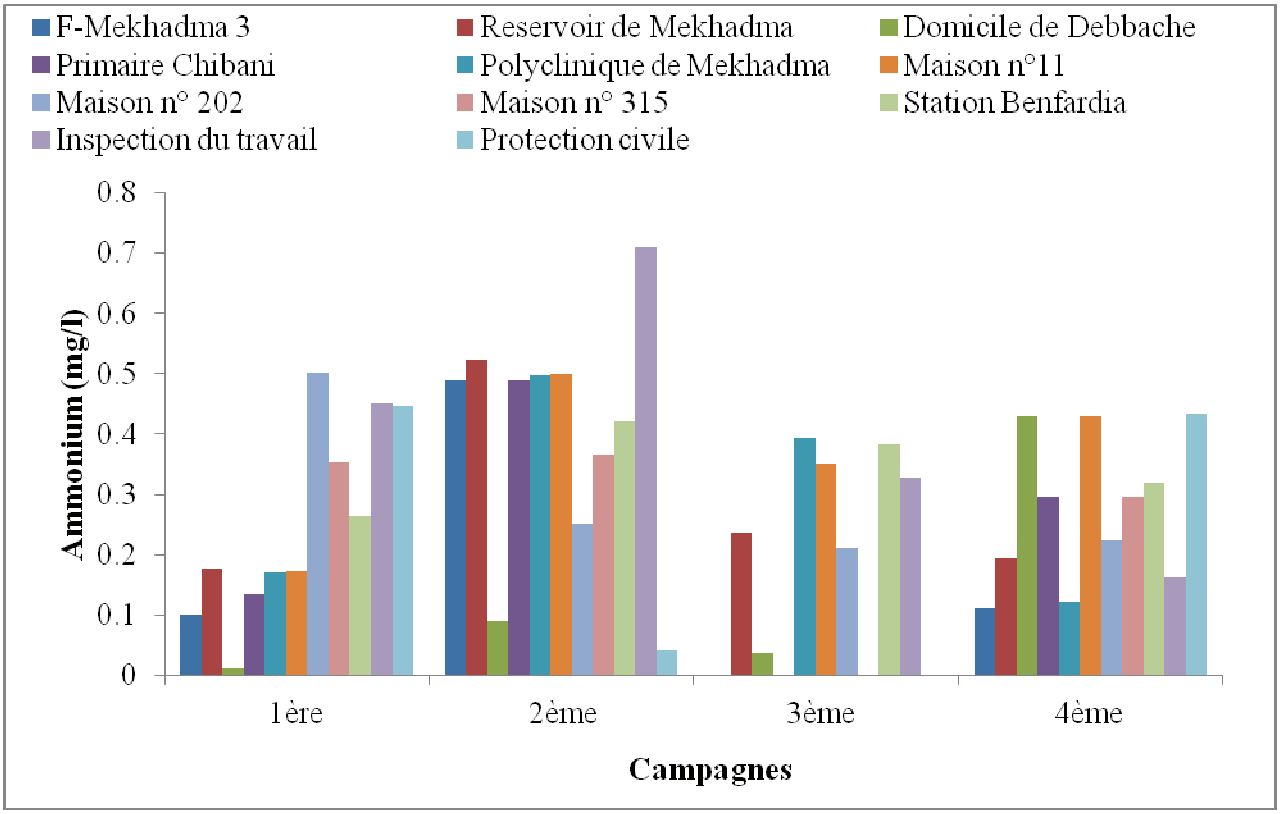

Figure 18.- Taux d'ammonium des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

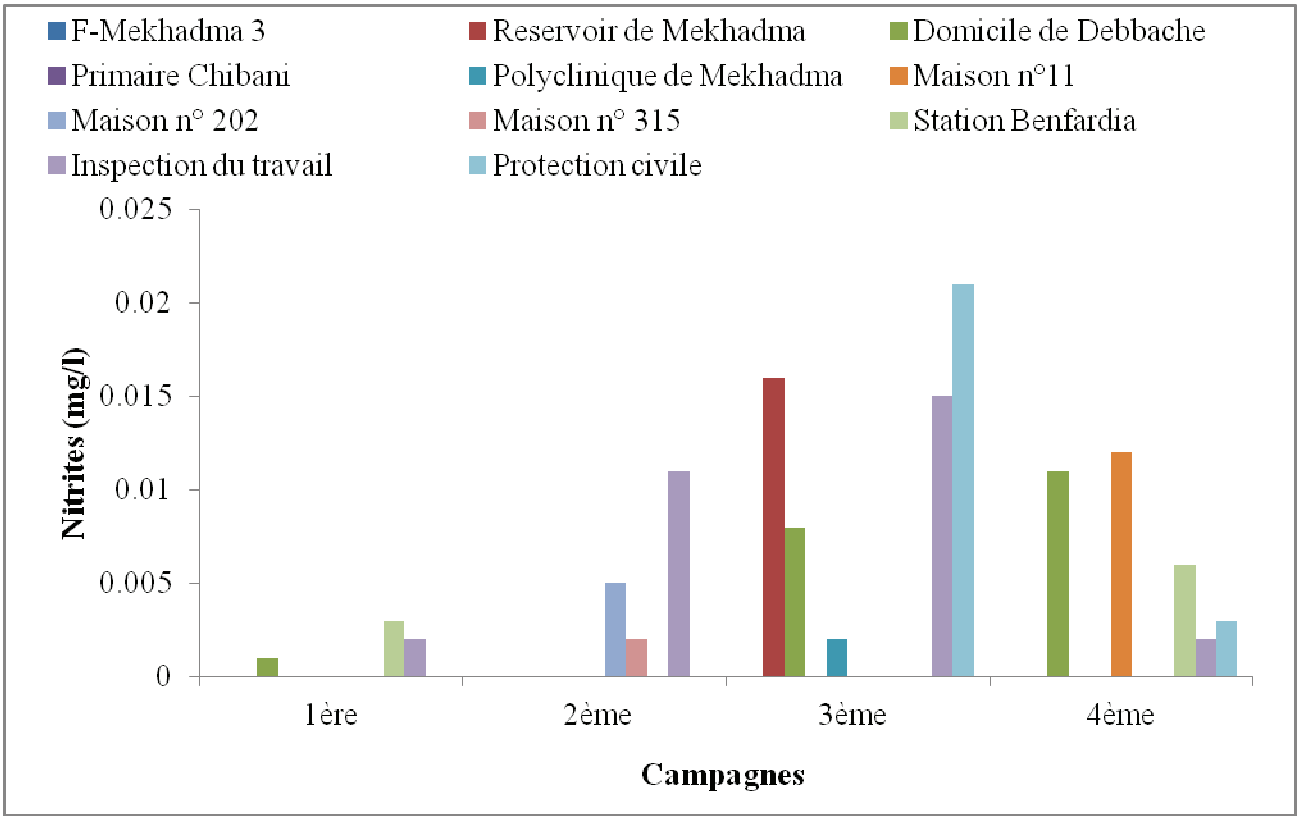

Figure 19.- Taux de nitrites des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

a pas ou très peu de nitrites dans les eaux. Les teneurs se maintiennent à des niveaux très faibles (0.01mg NO_2^-/l).

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, la nitrification n'étant pas conduite à son terme, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante des bactéries (phénomène de la dénitrification) (RODIER et *al*., 2005; DIB, 2009). Une eau qui renferme des nitrites, est considéré comme suspecte car lui est souvent associée une détérioration de la qualité microbiologique (RODIER et *al*., 2005). Cependant, les eaux en contact avec certains terrains ou conduites peuvent contenir des nitrites indépendamment de toute souillure (HAKMI, 2006). Pour interpréter les résultats, il sera nécessaire de tenir compte des teneurs en nitrates, en azote ammoniacal, en matière organique et l'examen bactériologique (RODIER et *al*., 2005).

Pour ce qui est des nitrites, la dose journalière acceptable (DJA) établi par l'OMS (1995), est de 0,02 mg azote total/kg/jour (0,06 mg de NO_2^-/kg/jour), qui est basée sur la prévention d'un risque non cancérigène. Pour une personne de 70 kg, la DJA est équivalente à la consommation de près de 6 litres d'eau ayant une concentration en nitrates de 10 mg azote total /l (CHAUSSE et *al*., 2003).

Selon le tableau 22, il n'y a pas de variation pour les nitrites avec un carré moyen résiduel nul.

Tableau 22.- Analyse de la variance appliquée aux nitrites des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	11	0.001	0.000		
Résidus	32	0.000	0.000		
Total	43	0.001			

2.3.3.- Nitrates

Dans les échantillons d'eaux d'adduction de la présente étude, le taux de nitrate est variable dans les trois premières campagnes. Bien que les nitrates soient absents dans certaines eaux, le taux est de 0.13 mg NO_3^-/l dans l'échantillon au niveau du siège de l'inspection du travail dans la zone d'activité à la 3ème campagne (fig. 20). Comparées, aux limites de potabilité algériennes fixée à 50 mg NO_3^-/l (JORA, 2000), cette valeur semble faible. Pour la quatrième campagne les taux de nitrates, sont appréciables par rapport aux 3 autres campagnes. Ils vont de 3.9 mg NO_3^-/l dans le réservoir de complexe Mekhadma à 7.6 mg NO_3^-/l dans l'échantillon d'eau de la maison n°315 à la zone des 460 logements. Ces valeurs particulières peuvent être dues à une ancienne pollution, avec une transformation de l'ammonium en nitrite puis en nitrate dans le temps face à un traitement réduit et une élévation de la température. Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique selon

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

RODIER et *al*. (2005) et DIB (2009). Dans les eaux naturelles non polluées; le taux de nitrate est très variable suivant la saison et l'origine des eaux. Il peut varier de 1 à 15 mg/l et de même une concentration de 2 ou 3 mg/l, peut être considérée comme normale (RODIER et *al*., 2005). Sa présence excessive peut aussi provoquer un problème de santé publique important tel que la méthémoglobinémie (BENAMAR et *al*., 2011). L'excès des nitrates dans les eaux de consommation bloquent les échanges respiratoires au niveau du sang, à des doses supérieures à 100 mg/l peuvent conduire à la formation in vivo de nitrosamines qui sont des dérivés cancérigènes (MONTIEL, 1999).

L'OMS (1995) a établi une dose journalière acceptable (DJA) pour les nitrates présents dans les aliments de 0,84 mg azote total/kg/jour (3,7 mg de NO_3^-/kg/j). Elle est basée sur une dose sans effet nocif observé (DSENO) de 83,5 mg azote total/kg/jour (370 mg de NO_3^-/kg/j) (CHAUSSE et *al*., 2003).

L'analyse de la variance (Tab. 23) montre un effet non significatif des nitrates (F de Fisher = 2.360; Pr > 0,05), sur la qualité des eaux distribuées.

Tableau 23.- Analyse de la variance appliquée aux nitrates des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	38	278.993	7.342	2.360	0.171
Résidus	5	15.557	3.111		
Total	43	294.550			

2.3.4.- Orthophosphate

Sur la figure 21, le taux de l'orthophosphate va de 0,01 mg de PO_4^{3-}/l à la station de Benfardia pour la zone d'activité à la 2ème campagne, à 0.404 mg de PO_4^{3-}/l dans la maison n°11 pour la zone des 460 logements à la 3ème campagne. Les normes algériennes fixent le taux de l'orthophosphate dans les eaux d'adduction à 0,5 mg de PO_4^{3-}/l (JORA, 2000). On peut suspecter à une contamination dans certains points des trois premières campagnes. Il apparaît que le taux évolue en éloignant de la source d'alimentation surtout à la 1ère campagne, dans la majorité des échantillons d'eau de la zone des 460 logements; dans la maison n°11, n° 202, n° 315 et la zone d'activité représentée par la station Benfardia, le siège de l'inspection de travail et celui de la protection civile. Pour la 3ème campagne l'augmentation du taux d'orthophosphate dans le réseau est signalée, à la polyclinique de la zone de Mekhadma, dans la maison n°11 pour la zone des 460 logements et le siège de la protection civile pour la zone d'activité.

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol. Leurs présences dans les eaux naturelles, sont liées à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique (HAKMI, 2006; LADJEL, 2009). Il en résulte une véritable dégradation qui peut devenir irréversible (HAKMI, 2006). Le phosphore joue un rôle important dans le

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 20 et 21

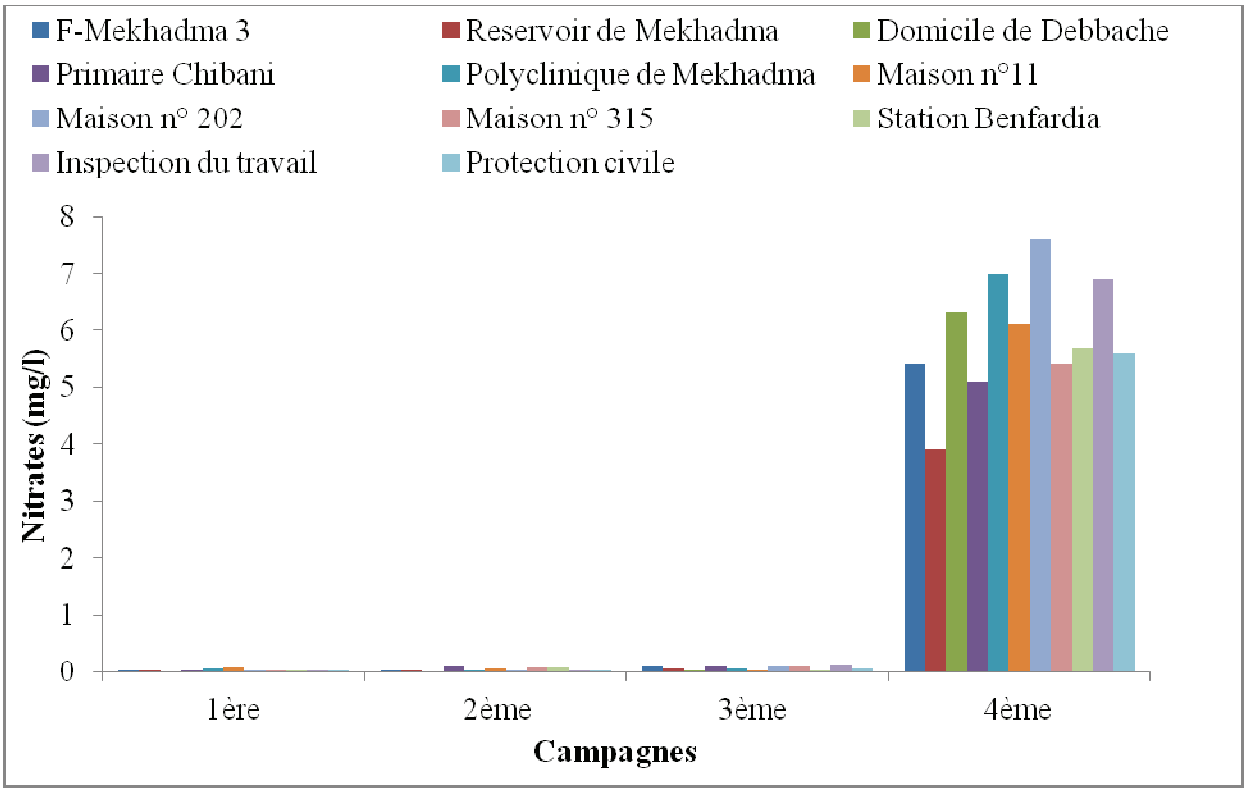

Figure 20.- Taux de nitrates des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

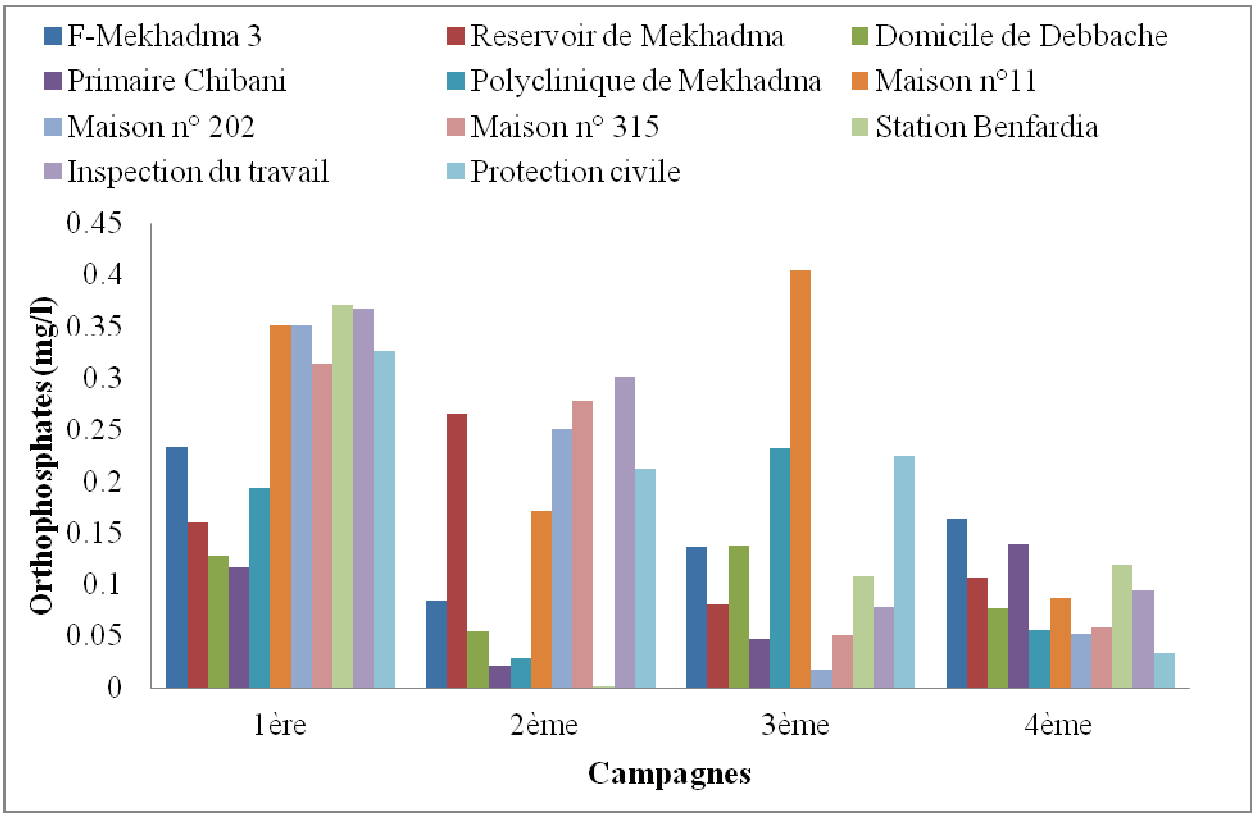

Figure 21.- Taux de l'orthophosphates des échantillons d'eau étudiés pour les 4 campagnes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

développement des algues (RICHARD, 1996; LADJEL, 2009). Il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les réservoirs, les canalisations de grand diamètre et les eaux de lacs, où il contribue à l'eutrophisation (LADJEL, 2009).

L'analyse de la variance montre qu'il n'y a pas de variation pour les orthophosphates où le carré moyen résiduel est nul (Tab. 24).

Tableau 24.- Analyse de la variance appliquée à l'orthophosphate des eaux domestiques pour les 4 campagnes (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Modèle	42	0.556	0.013		
Résidus	1	0.000	0.000		
Total	43	0.556			

2.4.- Caractéristiques hygiéniques

Dans le tableau 25, sont consignés les résultats des analyses microbiologiques des eaux domestiques échantillonnées de quelques localités de la cuvette de Ouargla durant les 4 campagnes. Il est noté dans la plupart des échantillons recueillis, l'absence de bactéries recherchées, sauf dans quelques rares cas.

2.4.1.- Germes totaux

La présence de germes totaux s'est révélée à la 3ème campagne dans des échantillons d'eau. Au cours de cette campagne le taux de germes totaux à la polyclinique de Mekhadma, est de 160 UFC/ml à 22°C et 160 UFC/ml à 37°C. En seconde position arrive la station Benfardia à la zone d'activité avec un taux de 104 UFC/ml à 22°C et 48 UFC/ml à 37°C, puis la maison n° 11 des 460 logements avec un taux de 26 UFC/ml à 37°C. Les germes totaux, pour la 4ème campagne, sont notés à un taux >300 UFC/ml à 22°C seulement au niveau du siège de la protection civile (tab. 25). Les réglementations algériennes précisent que pour les eaux destinées à la consommation humaine, la norme guide est inferieure ou égale à 10 UFC/ml à 37°C et 100 UFC/ml à 22°C (JORA, 2000).

Le dénombrement des bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives, vise à estimer la densité de la population bactérienne générale dans l'eau potable. Il permet ainsi une appréciation globale de la salubrité générale d'une eau, sans toutefois préciser les sources de contamination. D'une manière générale, la présence de germes totaux en quantité anormalement élevée, semble être indicatrice de difficultés de traitement ou d'un entretien inadéquat du réseau (LEVALLOIS, 2003). Les microorganismes qui se développent à 20°C, sont des saprophytes présents naturellement dans l'eau. Celles qui se développant à 37°C, température du corps humain, proviennent de l'homme ou d'animaux à sang chaud (FIGARELLA et LEYRAL, 2002; FIGARELLA et *al*., 2007). Même s'il ne s'agit pas forcement de germes pathogènes, ils peuvent

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

provenir d'une contamination de l'eau analysée par des produits animaux, en particulier les matières fécales. Cette distinction n'est pas très rigoureuse car de nombreux germes, considérés généralement comme saprophytes, sont capables de se développer à 37°C et au-delà comme des Bacillus, des Psedomonas, des Aeromonas, des Staphylococcus, etc. (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Typiquement, les bactéries mésophiles aérobies et anaérobies facultatives sont constituées des germes du genre comme Achromobacter, Aeromonas, Bacillus, Clostridium, Corynebacterium, Flavobacterium, Klebsiella, Legionella, Mycobacterium, Proteus, Pseudomonas, Serratia et Xanthomonas (LEVALLOIS, 2003). La numération totale des bactéries à 22°C et 37°C dans une eau de distribution publique sera un excellent moyen de mettre en évidence l'abattement global du traitement, mais surtout d'une reprolifération ultérieure de la flore initiale (MARTIN, 1985). Les germes totaux à 22°C sont des bactéries d'origine résiduaire (environnementale), alors que les germes totaux à 37°C sont des bactéries d'origine intestinale (humaine ou animale) (EL HAISSOUFI et *al*., 2011; CEAEQ, 2011).

Au niveau de forage Mekhadma 3, il y a absence de germes. Cela semble confirmer la protection de la source. Dans les milieux naturels, le plus souvent dans les eaux de bonne qualité microbiologique dont on veut éprouver la protection vis-à-vis de toute contamination, ce sont essentiellement les eaux souterraines, de nappes profondes ou alluviales, qui sont soumise à cet examen (ROBERT, 1999). Si l'eau des nappes est stérile, la seule présence de bactéries suffit à donner l'alerte. Mais dans la plupart des eaux profondes vit une flore bactérienne normale. Cette flore est cependant relativement constante (RODIER et *al*., 2005). En captage, si le nombre augmente de manière importante, en particulier après une forte pluie, cela montre que la ressource est mal protégée, se contamine par des eaux d'infiltration. Dans ce cas, il n'est pas rare de voir apparaitre des germes de pollution fécale (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Selon LADJEL (2009), la flore bactérienne normale des eaux souterraines lors de son accroissement peut traduire l'apport de bactéries étrangères qui impliquent une défaillance dans la protection des eaux.

La stagnation de l'eau dans les réservoirs du réseau de distribution, peut entrainer une augmentation spectaculaire de bactéries totales, pouvant aller de 10 à 10000 fois le chiffre initial. Ce phénomène se produit, en particulier, lorsque le résiduel de chlore libre disparait de l'eau stockée (HASLAY et LECLERC, 1993; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Au vu de la consommation notable dans la zone de Mekhadma, les 460 logements et la zone d'activité, celle-ci qui ne donne pas l'occasion au phénomène de stagnation dans le réservoir du complexe Mekhadma.

Un réseau de distribution n'est malheureusement pas un simple outil de transport de l'eau potable (CELERIER et FABY, 1998; GAUTHIER, 2002). Il se comporte comme un réacteur biologique dans lequel toutes les conditions sont réunies (LEVI, 1995; SIBILLE, 1998). Dans le réseau, se forme également un biofilm, le problème majeur avec cette forme de vie, est qu'elle confère une résistance importante à différents stress: UV, toxicité de métaux, dessiccation, déplétion en nutriments et surtout aux antibiotiques (COSTERTON et *al*., 1999). Le biofilm constitue une source inépuisable de bactéries qui peuvent être relarguées périodiquement dans le réseau, ce qui explique que la concentration en microorganismes puisse être plus élevée qu'au

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

départ de la station de traitement (MAUL et *al.*, 1989; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Dans certaines conditions dont l'augmentation de la vitesse de circulation de l'eau ou un changement du sens de l'écoulement, des parties importantes de biofilm peuvent se détacher, provoquant une augmentation importante de la concentration microbienne (MAUL et *al.*, 1989).

Il peut également apparaitre dans le réseau des nids microbiens, caractérisés par une stagnation de l'eau avec un dépôt qui va servir de refuge pour la multiplication des bactéries et autres organismes vivants (protozoaires et parfois métazoaires). La numération des micro-organismes révivifiables à l'intérieur des nids microbiens, peut atteindre 10^8 à 10^{10} UFC/ml. Lors d'une turbulence dans le réseau, la remise en suspension des nids microbiens peut entrainer une augmentation du nombre de microorganismes revivifiables dans l'eau distribuée (FIGARLLA et LEYRAL, 2002). Le biofilm peut provoquer une contamination plus générale du réseau du fait de sa mise en suspension, et ceci jusqu'au robinet de l'usager. La mise en suspension est peut être la conséquence de comportement hydraulique du réseau par les phénomènes de coupure et de retour d'eau qui peut arracher le biofilm (CELERIER et FABY, 1998).

Dans une population de bactéries, se retrouvent des bactéries blessées ou dormantes après un traitement de potabilisation, qui sont toujours vivantes mais incapables de se développer sur les milieux de culture habituellement utilisés (MAUL et *al*., 1989). Selon MAUL et *al*. (1989) et GAUTHIER (2002), à coté des germes hétérotrophes banaux isolés du genre Pseudomonas, Aeromonas, Flavobacterium ..., des coliformes potentiellement pathogènes comme les Legionella, des bactéries de la corrosion comme des Ferrobacteries, sont aussi mises en évidence. Les interventions sur le réseau, peuvent contribuer aussi à la contamination plus ou moins importante du système de distribution (MAUL et *al.,* 1989).

Les paramètres contrôlant la prolifération bactérienne des réseaux, sont nombreux et la température apparait comme l'un des paramètres clés, pour l'explication d'une prolifération estivale des bactéries du réseau (MAUL et *al*., 1989). Toutefois, c'est la matière organique biodégradable qui a fait l'objet de la plupart des recherches récentes, car la croissance des bactéries hétérotrophes ne peut avoir lieu qu'en présence de matières organiques (VAN DER KOOIJ, 1982; MAUL et *al*., 1989). La croissance des bactéries à partir de concentrations de matières organiques aussi faibles que le milligramme par litre, est tout à fait possible, et a été démontrée pour de très nombreux microorganismes comme *Escherichia coli*, *Legionnella pneumophila*, etc. (MAUL et *al*., 1989).

De même le maintien d'un résiduel de chlore dans un réseau de distribution, est souvent souhaité pour limiter la prolifération bactérienne de bactéries hétérotrophes et pour limiter les risques de post contamination dus à des accidents de distribution (MAUL et *al*., 1989). MAUL et *al*. (1989), signalent une relation négative entre la concentration en chlore résiduel et le nombre de bactéries capables de se multiplier sur gélose. Les bactéries agrégées ou fixées et véhiculées par des particules en suspension ou même des macroinvertébrés sont protégées de l'action du chlore. Pour réussir cette désinfection, il faut réellement ajuster les concentrations en chlore à des valeurs respectant, les normes de potabilité selon DESJARDIN (1990), SINGLETON (2005) et ELLIOUA (2010). Les bactéries fixées à la paroi des tuyaux de distribution, apparaissent très

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

protégées de l'action du chlore. A des doses de chlore égales, les bactéries en suspension dans l'eau, sont plus sensibles que les bactéries de biofilm (MAUL et *al*., 1989).

La présence des germes totaux à la polyclinique de Mekhadma, à la station Benfardia à la zone d'activité et la maison n° 11 des 460 logements, indique une défaillance dans le traitement à la 3ème campagne avec un taux de chlore résiduel ≤ 0.1 mg chlore libre/l. Les germes totaux sont indicateurs de l'efficacité du traitement (EL HAISSOUFI et *al*., 2011). VAN DER KOOIJ (2003), signale que le maintient d'un désinfectant résiduel est nécessaire pour prévenir la qualité de l'eau contre la détérioration de la qualité. Le taux de désinfectant nécessaire pour le contrôle de l'activité microbienne, peut dépendre de l'instabilité biologique microbienne. De même les conditions locales (composition de l'eau, le volume du réseau de distribution, la température de l'eau), ont aussi une grande influence. La température de l'eau, suivie d'autres variations et le temps de séjour, a un impact sur l'activité microbienne. Elle augmente à 100% quant la température augmente de 10°C.

Des études réalisées sur des réseaux de distribution d'eau potable d'assez grande étendue, ont permis l'observation de variations de la qualité microbiologique des eaux transportées le long du système de distribution (MATHIEU et *al*., 1998; SERVAIS et *al*., 1995). Ces variations sont dues à l'augmentation du temps de séjour de l'eau dans le réseau qui s'accompagne de celle de la densité bactérienne (sauf quand présence de postes de rechloration sur le réseau). Par exemple SERVAIS et *al*. (1995), notent une abondance bactérienne de plus que 50% de la population initiale considérée de 10^6 germes/litre après 40 heures de temps de résidence hydraulique de la sortie de station de traitement.

Si une baisse du désinfectant résiduel peut entrainer une croissance bactérienne dans le réseau, à la 3ème campagne, il apparaît que le maintien du désinfectant n'assure pas totalement la prévention d'une telle reviviscence (CELERIER et FABY, 1998). Pour SIBILLE (1998), la croissance bactérienne en réseau de distribution n'est que faiblement limitée par l'action du chlore du fait de la réaction de ce dernier avec les composés organiques et la paroi des canalisations. C'est peut être l'interprétation de la présence des germes à un taux >300 UFC/ml à 22°C seulement au niveau du siège de la protection civil à la 4ème campagne avec un taux de chlore résiduel de 0.2 mg chlore libre/l.

Une forte turbidité peut aussi protéger les micro-organismes des effets de la désinfection, et stimuler la croissance des bactéries ou déclencher une forte demande en chlore (OMS, 2004).

La détection de bactéries en ses points du réseau de distribution, est en rapport soit avec l'évolution du taux d'ammonium ou de l'orthophosphate qui sont considérés comme des indicateurs de pollution microbiologique selon SAMAKE (2002). De même la polyclinique de Mekhadma qui présente 0.394 mg/l d'ammonium et 0.231 mg/l d'orthophosphate, la maison n°11 des 460 logements avec 0.351 mg/l d'ammonium et 0.404 mg/l d'orthophosphate, la station Benfardia à la zone d'activité qui marque 0.383 mg/l d'ammonium et 0.11 mg/l d'orthophosphate (fig. 16 et 19). Pour la 4ème campagne, au niveau de siège de la protection civil révèle 0.434 mg/l d'ammonium et 0.33 mg/l d'orthophosphate (fig. 16 et 19).

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

En ce qui concerne le couplage d'apparitions des germes totaux avec l'ammonium, il peut être expliqué soit, par le phénomène d'ammonification à partir de la matière organique dans le but de produire une source d'azote directement utilisable par les organismes pour leur propres synthèse. Ce phénomène se réalise par de nombreux genres microbiennes (Enterobactéries, Pseudomonas, Bacillus, Entérocoque, etc.) et champignons. Il peut aussi se produire soit par réduction des nitrates en ammonium dans le but de produire de l'énergie et d'azote assimilable. C'est la dénitrification assimilatrice ou ammonification assimilatrice (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Les bactéries de type *Pseudomonas dénitrificans,* peuvent être à l'origine de cette transformation en aérobiose. Les bactéries du genre Nitrosomonas et Nitrococcus peuvent transformer l'ammonium en nitrites. Les bactéries du genre Nitrobacter transforment les nitrites par la nitrification en nitrates (PRESCOTT et *al*., 2003).

Il est admissible qu'il y a une pollution non spécifiée dans le réseau. Car l'eau sortant de la station de traitement qui est le réservoir du complexe Mekhadma, est de bonne qualité bactériologique d'où l'absence de genres (bactérie) pendant les 4 campagnes d'analyse. Une augmentation de la concentration bactérienne en aval de la station de pompage (forage de Mekhadma 3) ou de traitement (réservoir du complexe Mekhadma), peut être interprétée soit comme une multiplication interne de bactéries existant à l'entrée du réseau, soit comme une intrusion de l'extérieur dans celles-ci, au niveau des réservoirs ou des canalisations. Les bactéries mésophiles par augmentation de leur nombre, peuvent être indicatrices de pollution (ROBERT, 1999). Le développement d'un biofilm sur la paroi des canalisations est un phénomène inévitable. DJELLOULI et TALEB (2005), notent que l'entartrage des conduites d'eau, est la cause de la qualité d'eau dure, comme les eaux distribuées dans la cuvette de Ouargla. Il est un support favorable à la réception et à la prolifération des micro-organismes pathogènes. Ces derniers peuvent être la cause de maladies d'origine hydrique pouvant conduire à des épidémies tel que le choléra, la fièvre typhoïde, et la dysenterie pouvant entraîner la mort.

En milieu entartrant, l'action des désinfectants peut être inefficace, car les micro-organismes peuvent être protégés par les dépôts présents (RICHARD, 1996; DJELLOULI et TALEB, 2005). A la 4ème campagne, il est dénombré plus de 300 UFC/ml de germes totaux à 37°C malgré la présence d'un désinfectant résiduel dans les normes considérées (0.2 mg chlore libre/l dans le siège de la protection civile à la zone d'activité).

La très grande majorité des germes aérobies mésophiles totaux qui a été retrouve dans l'eau potable par LEVALLOIS (2003), sont non pathogènes. Cependant, certaines espèces peuvent être des pathogènes opportunistes. C'est-à-dire qu'elles peuvent causer des infections chez des individus dont le système immunitaire, est affaibli. Les études épidémiologiques qui ont tenté de démontrer un lien entre les concentrations en bactéries aérobies mésophiles totaux dans l'eau de consommation et les effets sur la santé, n'ont pas permis d'obtenir des conclusions probantes. Certains auteurs ont émis des inquiétudes en rapport le risque pour la santé publique associé à la présence éventuelle dans l'eau potable, de bactéries potentiellement pathogènes. Il est à citer à titre d'exemple *Pseudomonas aeruginosa* qui cause d'importantes infections nosocomiales (LEVALLOIS, 2003) et produit certains goûts de sulfure (OIEAU, 1999a).

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Aeromonas sp., un genre susceptible de causer de la diarrhée, ou encore *Legionella pneumophila* est responsable de la légionellose et de la fièvre de Pontiac. À la lumière de la littérature actuelle, il semble que le risque en lien direct avec l'exposition aux germes aérobies mésophiles dans l'eau potable, que ce soit par ingestion ou par inhalation, est probablement faible ou inexistant pour les personnes en bonne santé. Par ailleurs, le risque est potentiel, mais non démontré, pour les personnes immunodéprimées, ainsi que pour les très jeunes enfants et les personnes âgées (LEVALLOIS, 2003).

L'analyse de la variance montre un effet hautement significatif des germes totaux à 22°C (tab. 26) (F de Fisher=7.310; 0.001<Pr < 0,01), et un effet très hautement significatif des germes totaux à 37°C (tab. 26) (F de Fisher = 228.652; Pr < 0,0001) sur la qualité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla. La qualité hygiénique est sensiblement influencée par la présence de germes totaux.

Tableau 26.- Analyse de la variance appliquée aux germes totaux à 22°C et à 37°C sur la qualité des eaux domestiques (Ddl: degré de liberté; Pr: probabilité)

Paramètres	Source	Ddl	Somme des carrés	Carré moyen	F de Fisher	Pr > F
Germes totaux à 22°C	Modèle	2	31329.403	15664.701	7.310	0.002
	Résidus	41	87857.143	2142.857		
	Total	43	119186.545			
Germes totaux à 37°C	Modèle	2	25086.403	12543.201	228.652	< 0,0001
	Résidus	41	2249.143	54.857		
	Total	43	27335.545			

2.4.2.- Coliformes totaux

Les résultats du tableau 25, laissent apparaitre l'absence des coliformes totaux au niveau du forage Mekhadma 3, le réservoir du complexe Mekhadma, la zone de Mekhadma, regroupant le domicile de Debbache, l'école primaire de Chibani Mohamed, la polyclinique de Mekhadma, la zone des 460 logements représentée par la maison n° 11, la maison n° 202 et la maison n° 315 et la zone d'activité dans la station de Benfardia, le siège de la protection civile et celui de l'inspection du travail. La probabilité d'une contamination fécale dans la source d'alimentation (forage de Mekhadma), dans le réservoir du complexe Mekhadma et pendant le transport jusqu'au consommateur, est à écartée. Les normes algériennes exigent l'absence de coliformes totaux, sauf dans des cas exceptionnels, mais jamais dans des prélèvements consécutifs, peut être toléré un nombre inferieur à 10 UFC/100 ml dans les eaux non traitées à l'entrée du réseau ou bien prélevée dans le réseau de distribution (JORA, 2000).

Les principaux genres inclus dans le groupe sont: Enterobacter, Escherichia, Klebsiella, Serratia et Citrobacter (CHEVALIER, 2003a). Mais les données taxonomiques modernes (hybridation ADN/ARN) montrent que ce nombre est en réalité beaucoup plus élevé

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

(FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Généralement, Les coliformes totaux sont des saprophytes qui se rencontrent le plus souvent dans des eaux naturelles et des sols incultes. Ils sont incapables de se multiplier à haute température, ne font pas partie de la flore fécale des animaux à sang chaud (FIGARELLA et LEYRAL, 2002).

Les coliformes totaux sont utilisés depuis très longtemps comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau parce qu'ils peuvent être indirectement associés à une pollution d'origine fécale (CHEVALIER, 2003a). FIGARELLA et LEYRAL (2002), rapporte que la recherche et le dénombrement des coliformes à 37°C, est intéressant pour juger de l'efficacité de la désinfection d'une eau. Ils sont d'un intérêt moindre pour déceler une contamination d'origine fécale, du fait que certains de ces coliformes peuvent faire partie de la flore naturelle des eaux et des sols non pollués.

La présence de coliformes totaux dans l'eau traitée, ou le dépassement des normes réglementaires, n'impliquent pas nécessairement un risque pour la santé publique. La plupart des espèces de ce groupe se retrouvent naturellement dans le sol ou la végétation selon EDBERG et *al*. (2000). Certaines espèces qui se retrouvent rarement dans les fèces peuvent se multiplier dans l'eau de consommation comme *Serratia fonticola* (OMS, 2000). Le risque sanitaire relié directement à la présence de bactéries du groupe de coliformes totaux, est donc faible, à l'exception de certaines souches d'*E.coli* et de certaines bactéries opportunistes qui peuvent causer de graves maladies chez les patients débilités (CHEVALIER, 2003a; EL HAISSOUFI et *al*., 2011).

De façon générale, la présence de coliformes totaux dans l'eau potable est un indicateur de risque très imprécis. Ces bactéries peuvent croître dans un réseau d'aqueduc étanche dont l'usine de traitement est parfaitement fonctionnelle. Cette croissance se produit habituellement à partir du biofilm microbien qui se forme sur la paroi des canalisations, particulièrement en cas de faible chlore résiduel (CHEVALIER, 2003a). Selon BARWICK et *al*. (2000), il existe des cas où il est mis en évidence une association entre la détection de coliformes totaux et l'apparition d'épidémies d'origine hydrique. Bien qu'une eau sans coliformes puisse aussi être à l'origine de problèmes de nature gastro-entérique. Les coliformes totaux ne sont donc pas, sauf exception, de bons indicateurs de la présence d'agents pathogènes dans l'eau de consommation. Ils sont cependant très utiles comme indicateurs de l'efficacité du traitement, de l'intégrité du réseau de distribution ainsi que comme indicateurs de la recroissance bactérienne après traitement (CHEVALIER, 2003a).

2.4.3.- Coliformes fécaux

Les coliformes fécaux sont absents dans tous les échantillons d'eau prélevés dans la cuvette de Ouargla, du point de captage (Forage Mekhadma 3), de la production (complexe Mekhadma) et de la distribution jusqu'au robinet du consommateur (tab. 25). Les coliformes fécaux doivent être absents dans les eaux transportées sous canalisation (JORA, 2000).

Coliformes fécaux ou coliformes thermotolérants, forment un sous-groupe de coliformes totaux. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et, dans

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

une moindre mesure, certaines espèces des genres Citrobacter, Enterobacter et Klebsiella. *E. coli* représente toutefois 80 à 90% des coliformes thermotolérants détectés (CHEVALIER, 2003b). Il se rencontre dans les matières fécales humaines ou animales, les eaux usées, les eaux de surface polluées (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). La présence de coliformes thermotolérants, signe l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau. *E. coli* est l'espèce la plus représentée dans la flore intestinale de l'homme et des animaux (RICHARD, 1996; FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER et *al*., 2005; EL HAISSOUFI et *al*., 2011). L'OMS (2004), énonce que la présence d'*E. coli,* apporte la preuve incontestable d'une pollution fécale récente. Ils sont sensibles au traitement de désinfection et ce micro-organisme doit être totalement absent de l'eau de boisson.

Pour CHEVALIER (2003b), la présence de coliformes fécaux peut être une indication de la présence de micro-organismes entéropathogènes, comme les salmonelles et le virus de Norwalk. Leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et leur densité, est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales. De même puisque les coliformes fécaux ne prolifèrent habituellement pas dans un réseau de distribution, ils sont utiles pour vérifier son étanchéité, permettant de détecter une contamination fécale découlant par exemple d'infiltrations d'eau polluée dans les canalisations. Ils sont de bons indicateurs de l'efficacité du traitement d'une eau, mais comme leur nombre est moins élevé que celui des coliformes totaux, ces derniers leur sont préférables pour cette fonction (ROBERTSON, 1995).

L'absence des indicateurs de contamination, dans les eaux distribuées dans la cuvette de Ouargla implique l'absence des germes pathogènes. Certes, pour LADJEL (2009), quand il n'y est pas de protection, l'eau naturelle est sujette à la pollution. Elle peut être porteuse d'une masse importante de contamination fécale d'origine de rejets domestiques. Cette contamination est caractérisée par une charge microbienne importante. Ce sont surtout des bactéries vivant normalement dans l'intestin de l'homme et des animaux. Toute présence de ces microorganismes impliquerait dans certains cas la présence de germes pathogènes dangereux et mortels dans certains cas comme les Salmonelles et les Vibrions. Mais l'OMS (2004), note que l'absence d'*E.coli* n'indique pas nécessairement que l'eau est exempte de ces organismes.

Il importe de noter que certaines espèces de coliformes, comme *Klebsiella pneumoniae*, sont souvent reconnues comme étant des micro-organismes pathogènes en milieu hospitalier (EDBERG et *al*., 2000). Les souches retrouvées en milieu naturel ne sont habituellement pas les mêmes et n'ont pas un pouvoir pathogène aussi important. En période estivale, en particulier lorsque la température de l'eau dépasse 15°C, la prolifération de bactéries, est parfois observée de manière récurrente dans certains réseaux de distribution. Il est alors possible que l'énumération révèle des coliformes fécaux qui n'ont pas une origine fécale. C'est pourquoi, il peut devenir nécessaire de procéder à l'étape de confirmation pour détecter la présence d'*E. coli* (CHEVALIER, 2003b).

Bien que les *E. coli* ne sont pas tous pathogènes. Quatre principaux groupes de souches pathogènes d'*E.coli* ont été mis en évidence. Le groupe entéropathogène (EPEC), habituellement

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

responsable de diarrhées néonatales, est associé à une fréquence élevée de mortalité chez les jeunes enfants. Le groupe entérotoxigénique (ETEC) comprend des souches qui affectent particulièrement les personnes qui voyagent qui boivent de l'eau non traitée. Les souches du groupe entéroinvasif (EIEC), induisent une infection similaire à la dysenterie bactérienne (*Shigella dysenteriae*). Le groupe entérohémorragique (EHEC), comprend notamment le sérotype O157:H7, se caractérisant par une diarrhée sanguinolente, pouvant entraîner le syndrome hémolytique et urémique (SHU; défaillance rénale aiguë qui se développe chez environ 5% des patients infectés), principale cause d'insuffisance rénale chez l'enfant et responsable d'un taux de mortalité variant de 0,6 à 5 % chez les personnes atteintes de ce syndrome (AVRIL et FAUCHERE, 2002; PRESCOTT et *al*., 2003).

2.4.4.- Streptocoques fécaux

Les résultats des analyses des eaux recueillis durant les 4 campagnes dans quelques localités de la cuvette de Ouargla (tab. 25), montre l'absence de germes du genre Streptocoques fécaux. La réglementation algérienne impose l'absence de Streptocoques fécaux dans 100 ml d'eau prélevés (JORA, 2000).

Selon FIGARELLA et LEYRAL (2002), RODIER et *al*. (2005), la présence de Streptocoques fécaux doit s'accompagner de la présence de coliformes fécaux pour être certain d'une contamination fécale d'une eau d'alimentation. Par exemple, les espèces *E. casselifavus* et *E. mundtii*, sont communément rencontrées sur les végétaux et dans les sols incultes (HASLAY et LECLERC, 1993; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). La persistance des entérocoques dans divers types d'eau peut être supérieure à celle des autres organismes indicateurs (OMS, 2000), notamment à cause de leur résistance notoire aux agents désinfectants (HASLAY et LECLERC, 1993), ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (OMS, 2000). De plus, leur grande résistance à la dessiccation fait des entérocoques des indicateurs pour le contrôle lors des réparations du réseau de distribution nécessitant un assèchement (CHEVALIER, 2002). L'apport d'éntrerocoques par rapport aux coliformes consiste en leur plus grande résistance dans les eaux naturelles. Leur présence serait donc le signe d'une contamination fécale de l'eau plus ancienne. La résistance aux agents désinfectants, est également plus importante, probablement du fait de leur mode de groupement en chainettes. Ils sont comparables à la celles des entérovirus. Cette propriété pourrait permettre aux enterocoques de mieux représenter la contamination virale d'une eau (ROBERT, 1999; FIGARELLA et LEYRAL, 2002). Par ailleurs, puisqu'il n'y a généralement pas de croissance des entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente (CHEVALIER, 2002; LADJEL, 2009; EL HAISSOUFI et *al*., 2011). Dans ce contexte, on a récemment reconnu le rôle des entérocoques à titre d'indicateur de contamination fécale dans les aquifères (nappes d'eau souterraine) (OMS, 2000). La détection d'entérocoques dans une nappe d'eau souterraine doit faire penser à une contamination d'origine fécale et la présence de micro-organismes entéropathogènes (CHEVALIER, 2002; LADJEL, 2009). De manière plus probante, CHARRIERE et *al*. (1994) rapportent que la détection d'entérocoques est fortement associée à la présence d'*E.coli* dans des réseaux de distribution approvisionnés par des eaux souterraines.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

ZMIROU et *al*. (1987) ont mis en évidence un risque accru de développer une gastro-entérite avec un nombre relativement restreint de streptocoques fécaux (3 à 10 bactéries/100 ml). Les personnes les plus à risque d'être infectées par un entérocoque résistant à la vancomycine sont habituellement celles ayant un état de santé débilité ou qui subissent des traitements médicaux (CHEVALIER, 2002).

2.4.5.- Clostridium Sulfito-Réducteurs

La recherche des spores de bactéries Anaerobies Sulfito-Réducteurs (ASR) et les Clostridium Sulfito-Réducteurs, laisse apparaître que les échantillons d'eau étudiées pour les 4 campagnes, ne présentent pas de micro-organismes anaérobies Sulfito-Réducteurs (ASR). Ils sont totalement absents (tab. 25). Les normes algériennes tolèrent 1 spore d'anaérobie Sulfito-Réducteur (ASR) dans 20 ml d'échantillon analysée (JORA, 2000). Ces germes réduisent le sulfite de sodium en sulfure, selon la réaction suivante:

$$SO_3^{2-} + 6H^+ + 6e^- \rightarrow S^{2-} + 3H_20$$

Les spores de Clostridium Sulfito-Réducteurs renferment une grande variété de Clostridium comme *C. perfringens, C. sporogenes, C. fallax, C. septicum, C. bifermentans, C. roseum*, etc. (FIGARELLA et LEYRAL, 2002). EL HAISSOUFI et *al*. (2011), rapporte qu'il faut signaler que les bactéries Anaérobies Sulfito-réductrices sont souvent considérées comme des témoins de pollution fécale.

Les spores de bactéries Anaerobies Sulfito-Réducteurices (ASR), sont largement rependues dans l'environnement. Elles font partie de la flore tellurique naturelle, aussi bien que dans les matières fécales humaines et animales. C'est pourquoi, leur utilisation en tant qu'indicateurs de contamination fécale d'une eau n'est pas très spécifique. La spécificité plus grande de *C. perfringens* en tant qu'indicateur de contamination fécale, est très controversée car sa présence effective dans les matières fécales accompagne d'une présence dans le sol, les vases, les eaux superficielles, malgré, qu'elle reste la plus spécifique (FIGARELLA, 2002; RODIER, 2005). Par contre les spores des ASR et celles de *C. perfringens* peuvent être intéressantes en tant qu'indicateurs de traitement (FIGARELLA et LEYRAL, 2002; RODIER et *al*., 2005; BAUDIN et *al*., 2007). LADJEL (2009), rapport que les ASR représentent l'indice d'une contamination fécale ancienne, du fait des formes plus résistantes aux chlorations.

La corrosion de certaines matériaux par les eaux agressives, ou moyennement à faiblement minéralisées, conduit à l'émission d'ions métalliques dans l'eau. Ces ions métalliques peuvent alors être utilisés par des bactéries dont le métabolisme est dépendant. Ces bactéries se développent et colonisent les parties du réseau qui se corrodent. Elles peuvent alors accentuer les phénomènes de corrosion. Les termes de biocorrosion sont alors employés. Les mécanismes impliqués dans les phénomènes de corrosion sont souvent une combinaison complexe de procédés physiques, chimiques, mais également biologiques. Ainsi, plusieurs types bactériens peuvent être responsables de biocorrosion, telles que les bactéries anaérobies sulfatoréductrices.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Ces bactéries sont présentes au niveau de la sous-couche du biofilm, en contact avec le métal. La réduction des sulfates entraîne la formation d'hydrogène sulfuré qui se combine avec les sels ferreux pour donner du sulfure de fer (GAUTHIER, 2002). De même, certains goûts et odeurs de sulfures sont produits après la réaction de réduction (OIEAU, 1999a).

D'après VAN DER KOOIJ (2003), l'absence des indicateurs de pollution ne garantie pas toujours la bonne qualité hygiénique. La méthode de recherche d'indicateurs, présente des limites, ce qui nécessite l'utilisation et le développement des méthodes de biologie moléculaire pour créer des méthodes spécifiques et rapides à la détection d'une large variété de bactéries, virus, et parasites (séquençage)**.**

Au niveau des examens bactériologiques, il faut noter que la présence de microorganisme d'origine et d'appartenance taxonomique très variées n'entraine pas obligatoirement la manifestation clinique de maladies redoutées. Comme pour les substances chimiques, intervient la notion de dose. De nombreuses expériences ont montré qu'il faut en général absorber un grand nombre de microorganismes pour que la maladie se manifeste, mais il n'a pas été possible d'établir une dose minimale infectante précise (RODIER et *al*., 2005).

2.5.-Analyse en composantes principales (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP), permet de connaitre à partir des cercles de corrélation, les variables les plus contributives. Les variables plus contributives se trouvent à proximité du cercle. Celles ayant une faible contribution se trouvent proches au centre. Dans cette étude, toutes les variables qualitatives analysées sont prises en considération. Les variables qualitatives ne sont pas prises en considération. Ils sont stables durant les 4 campagnes d'analyse du fait que les eaux analysées ne présentent pas de couleurs, d'odeurs, et de goûts caractéristiques pouvant altérer leurs qualités organoleptiques, hors mise la saveur qui est légèrement salée.

La corrélation entre les axes principaux et les variables qu'il soit contributive à un axe, exige une valeur de corrélation, et corrélation au carré, élevée. Il a été pris en considération de la valeur alpha = 0,05 au plus (seuil de signification). Les variables qui constituent l'axe 1et 2, sont mentionnées dans les tableaux (annexe n° 1).

La figure 22 montre que le pH, le magnésium, le potassium, l'hydrogénocarbonate, l'alcalinité totale, les nitrates, sont proches de la proximité du cercle et de l'axe 1. Ils présentent à cet effet, une forte contribution sur l'axe 1. Parallèlement, la conductivité électrique, le TDS, la salinité, le résidu sec, et le CO_2 libre, sont très proches de l'axe 2 et de la proximité du cercle. Ils sont contributifs à l'explication de la variabilité de l'axe 2. Le chlore résiduel libre, la température, la turbidité, le calcium, chlorure, sulfate, la dureté, l'orthophosphate, l'ammonium, les nitrites, les germes taux à 22°C et à 37°C, se rapprochent du centre du cercle, d'où leur faible contribution à l'explication de la variabilité.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Sur la figure 22, il apparaît plusieurs corrélations entre les variables, qui ont des valeurs élevées présentes au tableau de corrélation (annexe n° 4).

La corrélation positive entre la conductivité éclectique, le taux des sels dissous (TDS), la salinité, et le résidu sec semble s'expliquer par le faite que les sels solubles définissent la salinité, et augmentent la conductivité électrique et le résidu sec. Ces deux derniers donnent une lecture sur la minéralisation globale des eaux. La corrélation entre le potassium, le taux des sels dissous (TDS), la salinité, et le sodium, montre que la salinité est induite par dissociation des sels tels que les chlorures de potassium, et de sodium. La corrélation entre les chlorures et le chlore résiduel libre, indique que le chlore provient de traitement par ajout d'une certaine quantité de chlorures aux eaux. La corrélation entre le titre alcalimétrique et l'hydrogénocarbonate, traduit que l'alcalinité des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, est strictement bicarbonatée.

La figure 23 montre la répartition des 11 points d'eau domestique de la cuvette de Ouargla, prélevés au niveau du forage, le réservoir, et le réseau de distribution. Le groupe 1 rassemble les individus de forage Mekhadma dans toute les campagnes, se trouve dans le coté négatif de l'axe 2. Le groupe 2 rassemble, les individus de la 1^{ére} et 2ème campagne, à part domicile de Debbache et l'école primaire Chibani de la zone de Mekhadma, la maison n° 315 des 460 logements et la station de Benfardia de la zone d'activité à la 1ère campagne, sont proches de l'axe positif de 1. Dans le groupe 3, se trouve les individus de la 3ème campagne, sauf la protection civile de la zone d'activité. Ils sont localisés du coté positif de l'axe 2 et coté négatif de l'axe 1. Le groupe 4 représente les individus de la 4ème campagne, à l'exception de la station Benfardia dans la zone d'activité. Ce groupe se localisé au coté négatif de l'axe 1 et 2. Au centre du cercle, se trouve le groupe 5 renfermant les individus de la station Benfardia de la zone d'activité, la maison de Debbache et l'école primaire chibani de la zone de Mekhadma, la maison n° 315 des 460 logements à la 1ère campagne, la protection civil de la zone d'activité à la 3ème campagne, la station Benfardia de la zone d'activité à la 4ème campagne.

La représentation graphique des individus et des variables dans la figure 24, montre que les individus de groupe 1, se caractérisent par des teneurs réduites en potassium, sodium, résidu sec, conductivité électrique, TDS, salinité. Le groupe 2, est caractérisé par la turbidité, le pH, le chlore résiduel libre, le magnésium, la dureté totale, les sulfates, l'ammonium, l'orthophosphate qui montre une évolution par rapport à la source d'alimentation (forage Mekhadma 3), avec des taux atteignant 0,710 mg NH_4^+/l et 0.367 mg de PO_4^{3-}/l. Le groupe 3, est caractérisé par la salinité, le résidu sec, le taux des sels dissous (TDS), la conductivité, le sodium, le potassium, le chlorure, le nitrite, les germes totaux à 37°C et 22°C qui altèrent la qualité des eaux de la polyclinique de Mekhadma, au niveau de la station Benfardia à la zone d'activité et la maison n° 11 des 460 logements. Le groupe 4 est caractérisé par le CO_2 libre, le titre alcalimétrique total, l'hydrogénocarbonate, les nitrates et la température allant de 26.3°C à 28,7°C en mois de Mai. Le groupe 5 ne présente pas des caractéristiques bien déterminées. Il partage presque tous ses caractères avec les autres groupes, il se localise prés du centre.

Les eaux domestiques de la cuvette de Ouargla se regroupent en 5 catégories de qualité variable. Le groupe 1 présente une eau de faible salinité. Le groupe 2, est une eau dure, présente

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 22 et 23

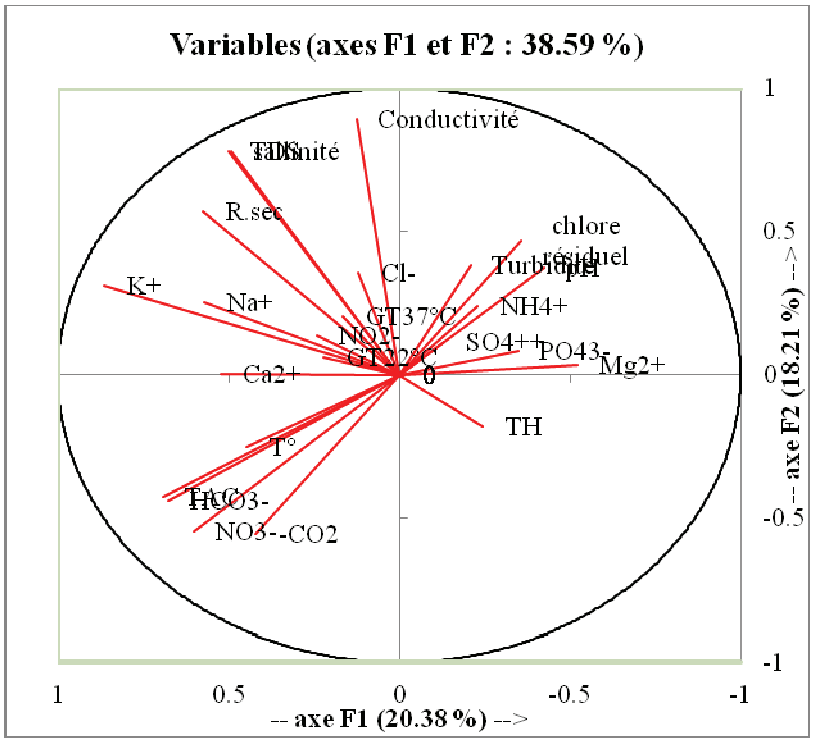

Figure 22.- Projection des variables

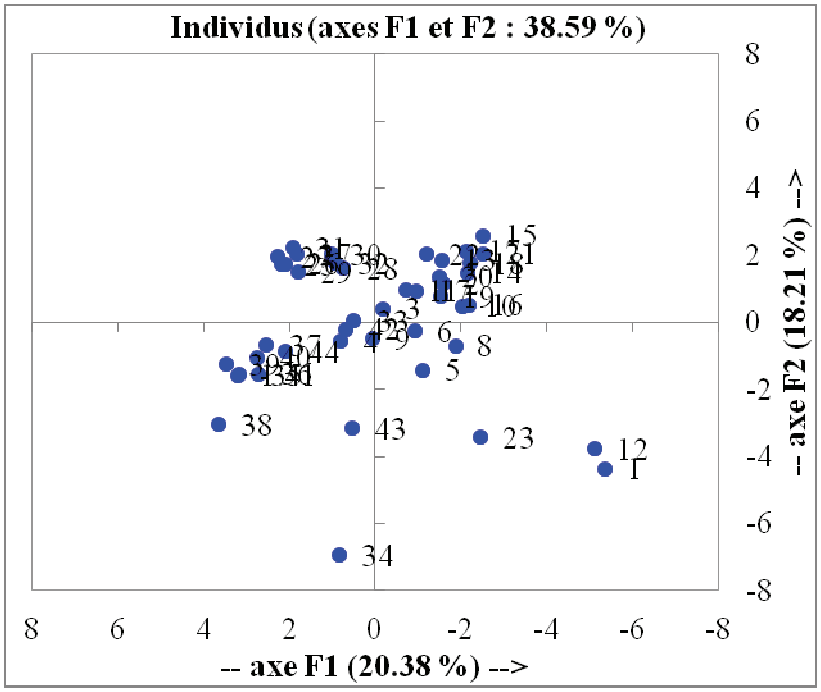

Figure 23.- Projection des individus

[(1,12,23,34) Forage Mekhadma 3; (2,13,24,35) Complexe Mekhadma; (3,14,25,36) Domicile de Debache; (4,15,26,37) Primaire Chibani; (5,16,27,38) Polyclinique Mekhadma; (6,17,28,39) Maison n° 11; (7,18,29,40) Maison n° 202; (8,19,30,41) Maison n° 315; (9,20,31,42) Station Benfardia; (10,21,32,43) Inspection travail; (11,22,33,44) Protection civile)]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Fig. 24

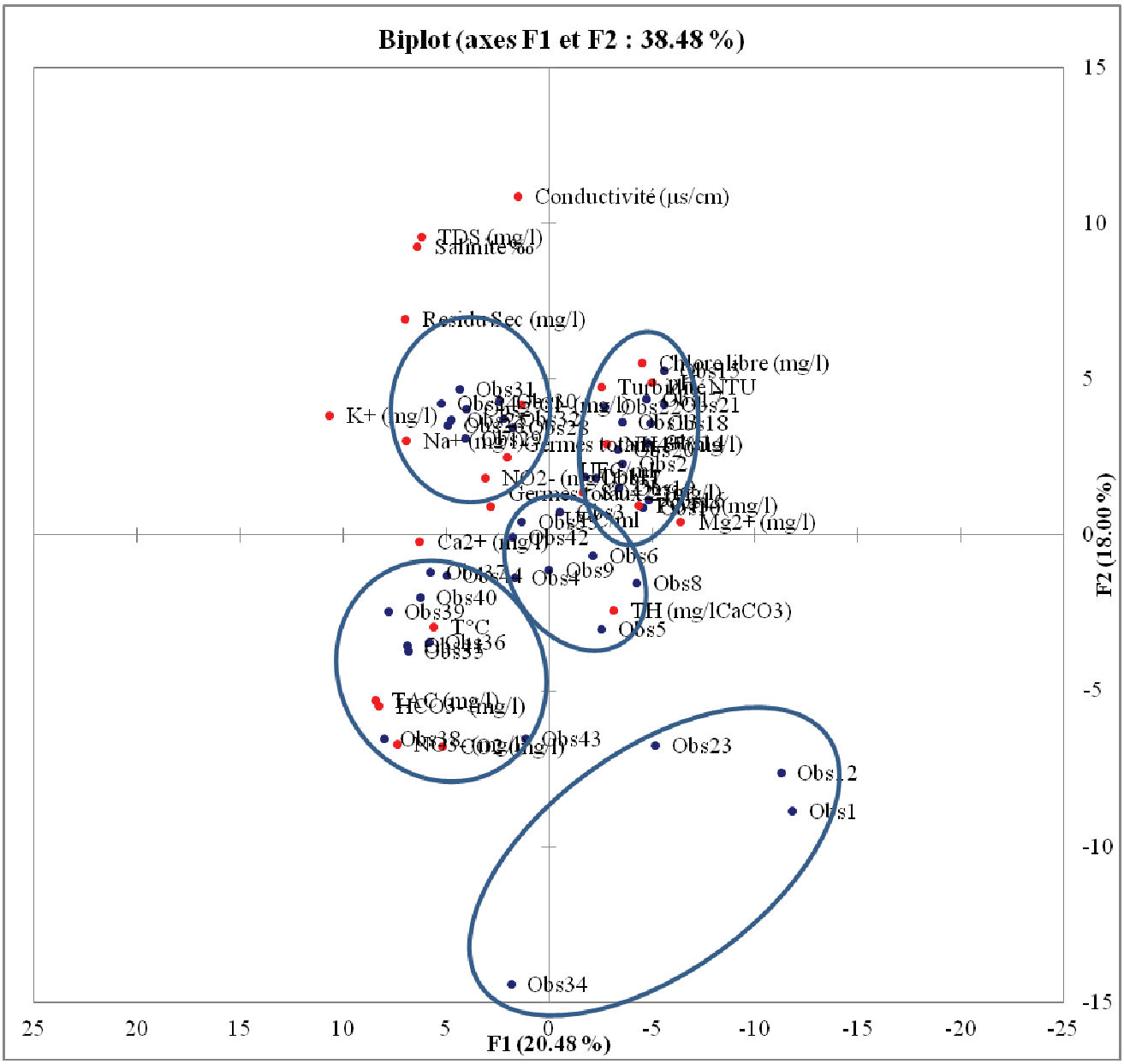

Figure 24.- Tendances globales des différents échantillons d'eau étudiés selon les zones de prélèvements de la cuvette de Ouargla

[(1,12,23,34) Forage Mekhadma 3; (2,13,24,35) Complexe Mekhadma; (3,14,25,36) Domicile de Debache; (4,15,26,37) Primaire Chibani; (5,16,27,38) Polyclinique Mekhadma; (6,17,28,39) Maison n° 11; (7,18,29,40) Maison n° 202; (8,19,30,41) Maison n° 315; (9,20,31,42) Station Benfardia; (10,21,32,43) Inspection travail; (11,22,33,44) Protection civile)]

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

des paramètres biochimiques importants. Le groupe 3, est une eau salée après dissociation de sels de chlorure de sodium et de potassium, ayant une mauvaise qualité hygiénique. Il est noté la présence de germes totaux à la polyclinique de Mekhadma, au niveau de la station Benfardia à la zone d'activité et la maison n° 11 des 460 logements. Les valeurs enregistrées dépassent les normes de potabilité algérienne (JORA, 2000). Le groupe 4 est alcalin, avec présence du CO_2 participant à l'équilibre calco-carbonique.

Les eaux de la présente étude, sont caractérisées par leur composition physico-chimique et hygiénique, influencée par quelques paramètres saisonniers et hydrauliques. A partir de l'ACP, la source d'alimentation; le forage Mekhadma 3, est caractérisé par une minéralisation réduite par rapport au réservoir et au réseau de distribution, avec une bonne qualité hygiénique d'où l'absence de bactéries test témoigne de contamination. Les trois zones du réseau d'alimentation en eau potable se ressemblent au réservoir d'alimentation et la répartition se faite selon les variations entre les campagnes. La 1ère et la 2ème campagne se caractérisent par un taux important de chlore résiduel libre, de pH, de turbidité, de sulfate, de la dureté qui induite par le magnésium, de l'ammonium et de l'orthophosphate. La 3ème campagne comporte une salinité induite par les sels des chlorures de sodium (NaCl), chlorure de potassium (KCl), une minéralisation importante à partir de la conductivité électrique et le résidu sec, certaines qualités hygiéniques au niveau de la polyclinique de Mekhadma, de la station Benfardia à la zone d'activité et la maison n° 11 des 460 logements, non conformes aux normes de potabilité par la présence des germes totaux à 22°C et à 37°C et les nitrites. La 4ème campagne comporte des températures importantes, une alcalinité importante qui est bicarbonatée, des nitrates et CO_2.

Cette répartition s'explique par l'effet de la température du milieu extérieur sur la qualité des eaux pouvant provoquer une évaporation et une dissolution des sels et des gaz d'où l'augmentation de la minéralisation, de la conductivité électrique et du CO_2 pendant le stockage et la distribution (BOEGLIN, 2000). Elle accélère la plupart des réactions physico-chimiques et biologiques dans le réseau. Elle influence la croissance bactérienne et dissipe l'effet du désinfectant résiduel (CELERIER et FABY, 1998). En plus de la température, les paramètres hydrauliques du réseau, semble participer à la variation de la minéralisation, la dégradation ou le maintien de la qualité physico-chimique et hygiénique. La conservation de la qualité de l'eau, est facilitée par la réduction du temps de séjour dans le réseau (CELERIER et FABY, 1998). Pour SQUINAZI (2004), il faut éviter la stagnation et assurer une bonne circulation de l'eau, lutter contre l'entartrage et la corrosion, par une conception et un entretien adapté à la qualité de l'eau. Dans les réservoirs, le temps de séjour de l'eau peut augmenter en fonction de contraintes d'exploitation, ou même résulter d'erreurs de conception pour la conception de points singuliers sur le réseau. Le temps de séjour moyen dans le réseau peut être de l'ordre de quelques jours. Certains volumes d'eau peuvent stagner plus d'une dizaine de jours dans des zones du réseau où l'écoulement est faible ou bien la demande en eau quasiment nulle (en périodes de vacances par exemple) (CELERIER et FABY, 1998). Plusieurs facteurs participent à la dégradation de la qualité de l'eau dans les réseaux intérieurs de distribution; eaux stagnantes ou vitesse de circulation insuffisante, bras morts ou boucles, température entre 25°C et 50°C, dépôts et concentrations de tartre, vieillissement des installations, entretien insuffisant... (SQUINAZI, 2004). Certaines études rapportent que les problèmes de stagnation favorisent la corrosion et les

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

dépôts apparaissent dès que la vitesse de l'eau, est inférieure à 0.01 m/s et disparaissent au-delà de 0.1 m/s. Lors de la conception de réseaux, le diamètre de canalisation, est calculé à partir des débits de pointes horaires. Il est conseillé des valeurs guides d'écoulement entre 0,5 et 1,5 m/s. Il est admit que l'écoulement de l'eau limite la croissance bactérienne par un effet d'arrachage du biofilm. Ainsi, la qualité microbiologique de l'eau peut se dégrader avec une augmentation de la vitesse d'écoulement, surtout lorsque celle-ci est brusque. Une demande élevée de l'eau en été (arrosage, piscines, etc.) peut aussi entraîner une dégradation de la qualité de l'eau pour la même raison (CELERIER et FABY, 1998).

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Conclusion

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

L'étude de la qualité hygiénique et les caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla, débutant par un diagnostic de quelques ouvrages hydrauliques du réseau d'adduction en eau potable (AEP), laisse apparaître un risque de pollution au niveau du complexe de Mekhadma et son réseau de distribution.

Les échantillons d'eau prélevés au niveau de 11 points, allant de la source à la consommation, révèlent que les caractéristiques organoleptiques des eaux d'adduction de cette localité du Sahara septentrional Est algérien, sont incolores, sans odeur, avec un goût légèrement salé.

Les taux de chlore allant de la station de traitement (Complexe de Mekhadma) au robinet des consommateurs dont le domicile de Debbache, l'école primaire Chibani Mohamed et la polyclinique se situant à la zone de Mekhadma; la maison n° 11, la maison n° 202, la maison n° 315 de la zone des 460 logements et la station Benfardia, le siège de la protection civile et celui de l'inspection du travail pour la zone d'activité, varient entre 0.6 mg/l et 0.1 mg/l, voire même parfois à l'état de traces dans certains cas. Le pH se situe entre 7.11 et 7.95. Il est proche de la neutralité avec un caractère alcalin bicarbonaté. La conductivité électrique va de 2122.05µs/cm au forage de Mekhadma 3 à 3617.28µs/cm à la maison n°11 dans la zone des 460 logements. Les taux de sels dissous et de salinité sont respectivement de 1075 mg/l et 1.07 ‰ de la source (forage de Mekhadma 3) et, 1771 mg/l et 1.77 ‰ à l'école primaire Chibani à la zone de Mekhadma. Les résidus secs sont apparus non conformes aux normes de potabilité algériennes et contribuent à une forte minéralisation de ces eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, avec une mauvaise potabilité à part la source d'alimentation le forage de Mekhadma 3 ayant une potabilité estimée médiocre. Toutefois, les turbidités respectent les normes algériennes.

Les eaux de la source du forage de Mekhadma 3, sont thermiquement stables, mais subissent des variations dans le réservoir du complexe de Mekhadma et le réseau de distribution pouvant atteindre 16.4°C durant les périodes hivernales et 28.7°C durant les périodes tempérées.

Les faibles teneurs en anhydride carbonique dans certains échantillons d'eau, donnent un aspect entartrant aux eaux distribuées dans la cuvette de Ouargla. Le titre alcalimétrique complet bicarbonaté ne dépasse pas 256 mg/l. La dureté totale note des valeurs entre 990 mg $CaCO_3$/l au siège de la protection civile à 1310 mg $CaCO_3$/l, dans le forage de Mekhadma 3, donnant ainsi un caractère dure aux eaux de cette cuvette.

Les chlorures (Cl^-) sont les anions dominants le plus souvent. Il semble au cours de la présente étude que les ions ont comme origine la dissociation de la roche, mais certains peuvent s'introduire par intrusion à partir de l'extérieur. L'ammonium est absent ou négligeable. Les nitrites sont presque absents dans les eaux de la cuvette de Ouargla. Les nitrates ne dépassent guèrent les normes de potabilité Algériennes malgré ces valeurs importantes à la 4ème campagne, allant à 7.6 mg NO_3^-/l dans l'échantillon d'eau de la maison n° 315 à la zone des 460 logements. L'orthophosphate révèle un taux plus élevé par rapport à la source d'alimentation le forage Mekhadma 3 à la 3ème campagne.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Les paramètres biochimiques indiquent une certaine suspection de contamination. Les analyses hygiéniques, laissent remarquer la présence de germes totaux à la polyclinique Mekhadma, à la station Benfardia, à la maison n° 11 des 460 logements au cours de la 3ème campagne, et aussi au siège de la protection civile en 4ème campagne. La présence de germes totaux peut émaner, soit de l'insuffisance ou inefficacité du traitement, soit d'une contamination du réseau de distribution par le biofilm existant, soit au vu de l'hydraulique instable du réseau de distribution par intrusion de l'extérieur. L'absence de streptocoques fécaux, de coliformes totaux et fécaux, et de clostridium sulfito-réducteur, montre qu'il n'y a pas présence d'agents fécaux pouvant altérer la qualité hygiénique de ces eaux de la cuvette de Ouargla.

L'analyse en composantes principales (ACP), laisse apparaitre que les trois zones d'études, la source d'alimentation (le forage Mekhadma 3) et le stockage (le réservoir du complexe hydraulique de Mekhadma) des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla font remarquer une hétérogénéité des eaux d'adduction entre les différents points de prélèvement et même entre les différentes campagnes, consignant ces eaux en cinq groupes distincts. Le premier groupe présente une eau à teneur réduite en sel et de bonne qualité hygiénique. Le second se caractérise par une eau dure, entartrante avec quelques paramètres biochimiques dominants. Le troisième groupe est une eau très minéralisée, salée, de mauvaise qualité hygiénique. Le quatrième groupe est une eau alcaline bicarbonatée, tempérée. Les eaux du cinquième groupe ne présentent pas de caractéristiques bien déterminées, et partagent ses caractères avec les autres groupes.

La nature et l'origine des eaux, les variations saisonnières du milieu saharien et l'hydraulique du réseau de distribution, influent sur les caractéristiques physico-chimiques et hygiéniques des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla.

Perspectives

Pour une caractérisation complète des eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, des études complémentaires, portant sur les localités de Sokra et de Ziaina, présentant certains risques de pollution, sont à entreprendre. Certains paramètres de pollution chimique comme les métaux lourds et hygiéniques tel que les parasites et les virus, doivent être étudiés. Il est à noter aussi que les biofilm qui colonisent les conduites d'alimentation en eau potable, méritent une attention particulière.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Qualité hygiénique et caractéristiques physico-chimiques des eaux domestiques de quelques localités de la cuvette de Ouargla

Résumé- La qualité hygiénique et les caractéristiques physico-chimiques des échantillons de quelques points d'eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, sont étudiées durant quatre campagnes s'étalant sur les mois de Février, Mars, Avril et Mai 2011. Les caractéristiques organoleptiques laissent apparaître une eau d'adduction de bonne qualité organoleptique, hormis le goût salé. Le chlore résiduel libre variant de 0.1 mg/l à 0.6 mg/l, est parfois non conforme aux normes surtout à la 3ème campagne. Les valeurs de pH sont neutres ou légèrement basiques. Les quantités de CO_2 dissous, sont faibles. La température des eaux de la source se situant entre 25°C et 26.7°C, dans le réseau de distribution, elle change selon la variation climatique. Elle atteint 16.4°C en hiver et 28.7°C en printemps. Les eaux domestiques de la cuvette de Ouargla, ne sont pas turbides. La conductivité électrique à 25°C est de 2122.05 µS/cm à 3617.28 µS/cm, avec un taux de sels dissous variant entre 1075 mg/l et 1771 mg/l. Avec des résidus secs compris entre 2058 mg/l et 2888 mg/l, laissent apparaitre une forte minéralisation des eaux distribuées, ayant une potabilité médiocre à la source, et une mauvaise potabilité au niveau des autres points de prélèvement. L'alcalinité de cette eau est entièrement due aux bicarbonates, variant de 66.67 mg/l à 256 mg/l. La dureté totale mesurée va de 990 mg de $CaCO_3$/l à 1310 mg de $CaCO_3$/l. Les eaux de la présente étude sont qualifiées d'eau dure, chlorurée, sulfatée, sodique et calcique. Les paramètres biochimiques montrent une présence d'ammonium dépassant les normes algériennes à certains points. Les nitrites sont presque absents ou négligeables. Les nitrates sont présents à des taux parfois près de 7.9 mg de NO_3^-/l. Les orthophosphates respectent les normes, avec des valeurs de 0.01 mg de PO_4^{3-}/l à 0.371 mg de PO_4^{3-}/l. Les caractéristiques hygiéniques des échantillons d'eau étudiés, révèlent l'existence de germes totaux à 22°C et 37°C dans le réseau de distribution. Mais, il est à noter l'absence de coliformes totaux et fécaux, de streptocoques fécaux et de clostridium sulfito-reducteurs. L'analyse en composant principal, montre une différence entre quelques paramètres physico-chimiques et hygiéniques des eaux du forage Mekhama 3 et celles du réseau de distribution, surtout selon les campagnes.

Mots clés: Eau domestique, hygiène, microorganismes, physico-chimique, pollution, Ouargla.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Hygienic quality and physic-chemical characteristics of domestic water of some localities of the basin of Ouargla

Summary- The hygienic quality and physic-chemical characteristics of samples of some points of domestic water of the basin of Ouargla are studied during four campaigns spanning the months of February, March, April and May 2011. Organoleptic characteristics reveal a water supply of good Organoleptic quality, set out the salty taste. The free residual chlorine ranged from 0.1 mg/l to 0.6 mg/l, may not meet standards especially in the third campaign. The pH values were neutral or slightly basic. The quantities of dissolved CO_2, are low. Water temperatures of the source between 25°C and 26.7°C, in the distribution network, it changes according to climatic variation. It reached 16.4°C in winter and 28.7°C during spring. Sanitary sewage from the basin of Ouargla, are not turbid. The electrical conductivity at 25°C is 2122.05 µS/cm to 3617.28 µS/cm, with a rate of dissolved salts ranging from 1075 mg/l to 1771 mg/l. With dry residues between 2058 mg/l and 2888 mg/l, show a strong mineralization of the water supplied with potable mediocre at source, and poor drinkability at other sampling points. The alkalinity of the water is entirely due to bicarbonates, ranging from 66.67 mg /l to 256 mg /l. Hardness is measured at 990 mg of $CaCO_3$/l to 1310 mg of $CaCO_3$/l. The waters of this study are classified as hard water, with chloride, sulfate, sodium and calcium. The biochemical parameters show a presence of ammonium outlying Algerian certain points. Nitrites are almost absent or negligible. Nitrates are present at levels near some of 7.9 mg (NO_3^-)/l. Orthophosphates meet the standards, with values of 0.01 mg (PO_4^{3-})/l to 0.371 mg (PO_4^{3-})/l. The hygienic characteristics of water samples studied, reveal the existence of total microbes at 22 ° C and 37° C in the distribution network. But it is worth noting the absence of total and fecal coliforms, fecal streptococci and sulfite-reducing clostridia. The principal component analysis shows a difference between some physico-chemical and hygienic water drilling Mekhama 3 and those of the distribution network, particularly as the countryside.

Keywords: Domestic water, sanitation, micro-organisms, physico-chemical, pollution, Ouargla

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

الجودة الصحية والخصائص الفيزيوكيميائية للمياه المنزلية لبعض المناطق من حوض ورقلة

ملخـــــــــص- الجودة الصحية والخصائص الفيزيوكيميائية لعينات بعض النقاط من المياه المنزلية لحوض ورقلة ، درست خلال أربع حملات تمتد على أشهر فبراير ومارس وابريل ومايو 2011. الخصائص الحسية سمحت بإظهار وجود إمدادات مياه ذات نوعية حسية جيدة، باستثناء الطعم المالح. تراوحت نسب الكلور الحر المتبقي في الماء من 0.1 ملغم/لتر إلى 0.6 ملغم/لتر، قد لا تفي بالمعايير خصوصا في الحملة الثالثة. كانت القيم الأساسية للرقم الهيدروجيني معتدلة أو قاعدية قليلا. كميات CO_2 المذاب، منخفضة. درجات حرارة المياه من المصدر تتراوح ما بين 25 درجة مئوية و 26.7 درجة مئوية. في شبكة التوزيع، الاختلاف يكون وفقا للتغيرات المناخية. حيث بلغت 16.4 درجة مئوية في الشتاء و 28.7 درجة مئوية خلال الربيع. المياه الموجهة للاستهلاك المنزلي في حوض ورقلة ،غير عكرة. الموصلية الكهربائية عند 25 درجة مئوية هي من 2122.05 µS / سم إلى 3617.28 µS / سم ، مع نسبة الأملاح الذائبة تتراوح من 1075 ملغم / لتر إلى 1771 ملغم / لتر. مع البقايا الجافة المتراوحة بين 2058 ملغم / لتر و 2888 ملغم / لتر ، تظهر تمعدن قوي لمياه الشرب الموزعة، مع صلاحية متوسطة في المصدر، وسيئة في عدة نقاط أخرى للعينات المأخوذة. وقلوية الماء ترجع كليا للبيكاربونات، تتراوح بين 66.67 ملغم/لتر إلى 256 ملغم / لتر. القساوة المقاسة تتراوح بين 990 ملغم من $CaCO_3$/ لتر و 1310 ملغم من $CaCO_3$/ لتر. وتصنف مياه هذه الدراسة ضمن المياه القاسية جدا ، مع كونها كلوريرية، صوديومية، سولفاتية و كالسيومية. العناصر البيوكيميائية تبين وجود الأمونيوم في نقاط معينة تتجاوز المعايير الجزائرية. النتريت هي شبه غائبة أو مهملة. النترات أحيانا موجودة على مستويات بالقرب من 7.9 (NO_3^-) ملغم / لتر. الأورتو فوسفات تلبي المعايير ، مع قيم تتراوح بين 0.01 (PO_4^{3-}) ملغ / لتر و 0.371 (PO_4^{3-}) ملغ / لتر.الخصائص الصحية لعينات المياه التي تمت دراستها ، تكشف عن وجود الجراثيم العامة في 22 درجة مئوية و 37 درجة مئوية في شبكة التوزيع. ولكن تجدر الإشارة إلى عدم وجود بكتيريا القولون الكلية والبرازية ، بكتيريا الستربتوكوك البرازية والكلوستريديات السولفيتية الإرجاعية. تحاليل العناصر الرئيسية (ACP) يظهر الفرق بين بعض الخصائص الفيزيوكيميائية و الصحية لمياه بئرالمخادمة 3 و بين شبكة التوزيع ، وخاصة فيما بين الحملات.

الكلمات المفتاحية : المياه المنزلية، الصحة، الكائنات الحية الدقيقة، الفيزيوكيميائية، التلوث، ورقلة

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Références bibliographiques

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

ACHOUR S., 1990. La qualité des eaux du Sahara Septentrional en Algérie. Etude de l'excès en fluor. Tribune de l'eau, Cebedeau, 42 (542): 53-57.

ADE, 2010. Donnés de l'établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Ouargla, 98 p.

ADE, 2011. Donnés de l'établissement public Algérien des eaux, direction d'unité de Ouargla. 30 p.

AMMOUR F. et TOUIL Y., 2007. Etudes des possibilités de la réutilisation des eaux de drainage dans la cuvette d`Ouargla. Journées Scientifiques de Traitement et Réutilisation des Eaux. 3 avril 2007, MVRE/ENSH, 35 p.

AVRIL J. L., FAUCHERE J. L., 2002. Bactériologie générale et médicale. Ed. Ellipses, Paris: 218-325.

BARWICK R. S., LEVY D. A., CRAUN G. F, BEACH M. J., CALDERON R. L., 2000. Surveillance for waterborne-disease outbreaks- United States, 1997-1998. Mortality and Morbidity Weekly Review Surveillance Summaries, 49(SS04), 26 mai: 1-35.

BAUDIN I., JOUSSET M., MARCHAND C., 2007. Les organismes dans les filières de production d'eau potable. Recueil des résultats d'études financées par l'Agence de l'eau Seine-Normandie, 46 p.

BENAMAR N., MOUADIH N., BENAMAR A., 2011. Étude de la biodiversité et de la pollution dans les canaux de l'Ouest algérien: le cas de l'oued Cheliff. Colloque international. Usages écologiques, économiques et sociaux de l'eau agricole en méditerranée: quels enjeux pour quels services ? Université de Provence, Marseille, 20-21 janvier 2011, 6 p.

BLATT H., TRACY R. J., 1996. Petrology Igneous, Sedimentary, and Metamorphic. 2nd Edition, Basingstoke: W. H. Freeman & Co, New York, 529 p.

BOEGLIN J.C., 2000. Contrôle des eaux douces et de consommation humaine. Ed. Techniques de l'ingénieur, 24 p.

BOUZIANI M., 2000. L'eau de la pénurie aux maladies. Ed. Iben Khaldoun, Oran: 4-133

BOUZID N., SETTOU N., LANEZ T., DJELLOUL A., BEBBA A. A., CHELGHAM F., 2009. Rôle des transferts thermiques sur la corrosion des concentriques utilisés dans les puits producteurs d'eau albienne. Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 22, N° 3: 397-406.

CEAEQ, 2011. Recherche et dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives: méthode par incorporation à la gélose, MA.700-BHA35 1.0, Rév. 3, Centre

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

d'expertise en analyse environnementale du Québec, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 15 p.

CELERIER J.L., FABY J.A., 1998. La dégradation de la qualité de l'eau potable dans les réseaux. Document technique FNDAE, Office International de l'Eau SNIDE, Paris, 98 p.

CHARRIERE G., MOSSEL D.A.A., BEAUDEAU P., LECLERC H., 1994. Assessment of the marker value of various components of the coli-aerogenes group of Enterobacteriaceae and of a selection of Enterococcus spp. for the official monitoring of drinking water supplies. Journal of Applied Bacteriology, n° 76: 336-344.

CHAUSSE K., PHANEUF D., LEVALLOIS P., GSSE, 2003. Nitrates/Nitrites-Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 12 p.

CHEVALIER 2002. Entérocoques et streptocoques fécaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 5 p.

CHEVALIER P., 2003a. Coliformes totaux. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 4 p

CHEVALIER P., 2003b. Coliformes fécaux. Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.

COSTERTON J. W., STEWART P. S., GREENBERG E. P., 1999. Bacterial biofilms: A common cause of persistent infections. Science Journal 21 May 1999: Vol. 284 N° 5418 : 1318-1322.

DAGNELIE P., 1975. Analyse statistique à plusieurs variables. Ed. Imprimerie J. Duculot, Gembloux, 362 p.

DAKOURE D., 2003. Etude hydrogéologique et géochimique de la bordure Sud-Est du bassin sédimentaire de Taoudéni (Burkina Faso - Mali)- Essai de modélisation. Thèse de doctorat, sciences de la Terre, Géosciences et Ressources Naturelles, Université Paris VI - Pierre et Marie Curie, 255 p.

DESJARDIN R., 1990. Le traitement des eaux. 2ème édition revue, Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 304 p.

DIB I., 2009. L'impact de l'activité agricole et urbaine sur la qualité des eaux souterraines de la plaine de Gadaine- Ain Yaghout (Est Algérien). Mémoire de magister en hydraulique, construction hydro-technique et environnement, faculté des sciences de l'ingénieur, département d'hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, 127 p.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

DJELLOULI H. M., TALEB S., 2005. Qualité chimique et bactériologique des eaux de consommation du Sud Algérien. Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS), 12 et 13 décembre 2005, Ouargla, Algérie, 26 p.

DPAT, 2006. Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire: 8-12

DPAT, 2007. Annuaire statistique de la wilaya de Ouargla. Direction de la planification et de l'aménagement du territoire, 14 p.

EDBERG S. C., RICE E. W., KARLIN R. J., ALLEN M. J., 2000. *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, n°88: 106-116.

EL HAISSOUFI H., BERRADA S., MERZOUKI M., AABOUCH M., BENNANI L., BENLEMLIH M., IDIR M., ZANIBOU A., BENNIS Y., EL OUALI LALAMI A., 2011. Pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fès, Maroc. Rev. Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 5, N°1: 37-68.

ELLIOUA M., 2010. Etude de l'évolution spatio-temporelle de certains paramètres de qualité dans le réseau d'eau potable de la RADEEMA. Master Spécialisé en Management et Ingénierie des Services d'Eau et d'Assainissement, Spécialité: AEP ressource/besoin, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, 78 p.

FALL C., 2008. Etude de la qualité de l'eau de robinet et de celle de la nappe phréatique dans les différentes Communes d'Arrondissement du département de Guédiawaye, Dakar, Sénégal. Mémoire de maitrise, Université Cheikh Anta Diop Dakar**,** Faculté des lettres et sciences humaines, Département de Géographie, 81 p.

FEHDI C., BOUDOUKHA A., ROUABHIA A., SALAMEH E., 2009. Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du complexe aquifère Morsott-Laouinet (Région Nord de Tébessa, Sud-Est algérien). Afrique Sciences 05 (2) (2009) : 5-12.

FIGARELLA J., LEYRAL G., 2002. Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris, 360 p.

FIGARELLA J., LEYRAL G., TERRET M., 2007. Microbiologie générale et appliquée. Ed. Delagrave, Paris, 217 p.

FINBERG L., KILEY J., LUTTREL C.N., 1963. Mass accidental poisoning in infancy. Journal of American Medicine Association: 184-187.

GAUTHIER F., 2002. Biofilms et qualité biologique de l'eau potable au cours de sa distribution.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Mémoire de DESS, Qualité et Gestion de l'Eau. Université de Picardie, Amiens, 69 p.

GODART H., 2000. Eau de distribution, traitements unitaires. Ed. Techniques de l'ingénieur, Paris, 20 p.

GUERGAZI S., ACHOUR S., 2005. Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra, pratique de la chloration. Lahryss Journal :119-127.

HAKMI A., 2006. Traitement de l'eau de source Bousfer Oran. Mémoire de licence traitement des eaux, Université des Sciences et de la Technologie Oran, 48 p.

HANNACHI S., KHITRI D., 1991. Inventaire et identification des cultivars de dattier de la cuvette de Ouargla: Organisation de la variété. Mémoire d'ingénieur d'état Agr. Sah., INFS/AS, Ouargla : 58-60 p.

HARKABUS N., 2006. Etude de la mise à l'équilibre de l'eau avec diminution du potentiel de dissolution du plomb et Choix d'une décarbonation pour la ville de Dijon. Mémoire de Mastère Spécialisé EPA, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg, 95 p.

HASLAY C., LECLERC H., 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris: 70-72.

IDDER M. T., 2005. Contribution à l'étude des principaux facteurs de dégradation de l'oasis du ksar de Ouargla. Mémoire d'ingénieur d'état Agr. Sah., Département d'Agronomie Saharienne, Ouargla, 17 p.

ISO, 1990. Qualité de l'eau. Dosage du sodium et du potassium. Méthode par spectromètre d'émission à flamme. NA 1653, ISO 9964-3. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.

ISO, 1994. Qualité de l'eau. Dosage du phosphore. Dosage par méthode spectrométrique à l'aide du molybdate d'ammonium. NA 2364, ISO 6878/1. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 20 p.

ISO, 1994. Qualité de l'eau. Dosage des nitrites. Méthode par spectrométrie d'absorption moléculaire. NA 1657, ISO 6777. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.

ISO, 1994. Qualité de l'eau. Dosage des nitrates. Méthode spectrométrique avec l'acide sulfosalicylique. NA 1656, ISO 7890/3, Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.

ISO, 1989. Qualité de l'eau. Dosage de la somme du Calcium et du magnésium. Méthode titrimétrique à la l'EDTA. NA752, ISO 6059. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 5 p.

ISO, 1990. Qualité de l'eau. Dosage de l'ammonium. Méthode par distillation et titrimétrie. NA 1848, ISO 5664. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 3 p.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

ISO, 1990. Qualité de l'eau. Dénombrement des micro-organismes revivifiables. Comptage des colonies par inoculation dans ou sur un milieu de culture nutritif gélosé. NA 763, ISO 6222. Ed. INAPI. Edition et diffusion, Alger, 4 p.

IZRI N., SKANDER K. S., 2005. Cratère d'effondrement du puits OKN32 à Haoud Berkaoui. Colloque International sur les Ressources en Eau Souterraines dans le Sahara (CIRESS), 12 et 13 Décembre 2005, Ouargla, 32 p.

JORA, 2000. Les normes de potabilité d'une eau de consommation. Journal officiel de la République algérienne N°51, 20 août 2000, Alger, 4 p.

JORA, 2005. Loi nº 05-12 relative à l'eau. Journal officiel de la République Algérienne Nº 60, 4 septembre 2005, Alger : 3-8.

JORA, 2009. Le décret exécutif n° 09-414. Journal Officiel de la République Algérienne N°75, 20 décembre 2009, Alger : 10-15.

JUERY C., 2004. Définition des caractéristiques techniques de fonctionnement et domaine d'emploi des appareils de désinfection. Document technique FNDAE n°2, office internationale de l'eau, SNIDE : 7-14

KETTAB A., 1992. Traitement des eaux, les eaux potables. Ed. Office des publications universitaires, Alger : 7-29

LADJEL S., 2009. Contrôle des paramètres physico-chimiques et bactériologiques d'une eau de consommation. Les cahiers techniques du stage T 7. Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.

LARPENT J. P., 1997. Microbiologie alimentaire: Technique de laboratoire. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris, 1073 p.

LEBRES E. A., MOUFFOK F., 2008. Le cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Laboratoires bactériologiques alimentaires et des eaux. Institut Pasteur d'Algérie, Alger, 53 p.

LEVALLOIS P., 2003. Bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultatives. Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Groupe scientifique sur l'eau, Institut national de santé publique du Québec, 3 p.

LEVI Y., 1995. Les paramètres influençant le développement des germes dans les réseaux d'eau potable. Ed. Technique Science et Méthode, N°3 : 240-245.

MAUL A., VAGOST D., BLOCK J.C., 1989. Stratégie d'échantillonnage pour analyse microbiologique sur réseau de distribution d'eau, méthodes et programmes informatiques, Ed.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Technique et documentation-Lavoisier, Paris : 1-9.

MARTIN G., 1985. Point sur l'épuration et le traitement des effluents (eau, air) volume 2.1: bactériologie des milieux aquatiques, aspects écologiques et sanitaires. Ed. Technique et documentation-Lavoisier, Paris : 54-85.

MATHIEU L., PAUIN J. L., BLOCK J. C., RANDON G., MAILLARD J., REASONER D., 1992, Paramètres gouvernant la prolifération bactérienne dans les réseaux de distribution, Science Eau, N° **5 :** 91-112.

MATHIEU L., OGER M. L., BLOCK J. C., 1998. Stabilité biologique des eaux distribuées dans un réseau soumis à des variations saisonnières de consommation. Ed. Techniques, sciences et méthodes, N° 2 : 46-54

MEGDOUD D., 2003. Qualité des eaux du Sahara Septentrional. Journées Techniques et Scientifiques sur la qualité des eaux du Sud: Un combat pour la qualité, 19 et 20 mai 2003, El Oued, 45.

MONTIEL A., 1999. Contrôle de la pollution de l'eau. Ed. Techniques de l'ingénieur, 12 p.

NEZLI I.D., ACHOUR S., HAMDI-AISSA B., 2009. Approche hydrogéochimique à l'étude de la fluoration des eaux de la nappe du complexe terminal de la basse vallée de l'Oued M'ya (Ouargla). Courrier de savoir, 9 : 57-62.

OIEAU, 1999a. Les causes de dégradation de la qualité de l'eau pendant son transport. Office international de l'eau, centre national de formation aux métiers de l'eau, 8 p.

OIEAU, 1999b. Le maintien de la qualité de l'eau lors de sa distribution. Office international de l'eau, centre national de formation aux métiers de l'eau, 9 p.

OMS, 1965. Normes internationales pour l'eau de boisson. 2ème édition. Ed. Organisation mondiale de la santé, Genève, 31 p.

OMS, 1972. Normes internationales applicables à l'eau de boisson. 3ème édition. Ed. Organisation mondiale de la santé, Genève, 74 p.

OMS, 1993. Directives de l'OMS pour la qualité de l'eau de boisson. Recommendations. Organisation mondiale de la Santé, Genève: 49-50

OMS, 1995. Évaluation de certains additifs alimentaires et contaminants : quarante quatrième rapport du comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires. Organisation mondiale de la Santé, Genève: 32-46.

OMS, 2000. Directives de qualité pour l'eau de boisson; volume 2 – critères d'hygiène et

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 1050 p.

OMS, 2004. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.

OMS, 2006. Directives de qualité pour l'eau de boisson, troisième édition. Recommandations. Organisation mondiale de la Santé, Genève, 78 p.

OMS, 2007. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Recommandations. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 144 p.

ONA, 2003. Donnes de l'office national d'assainissement. Ouargla, 51 p.

OSS, 2003. Système Aquifère du Sahara Septentrional. Volume 4: Modèle Mathématique. Projet, SASS ; Rapport interne. Annexes. Tunis, 229 p.

OULD BABA SY M., 2005. Recharge et paléo-recharge du système aquifère du Sahara Septentrional, Thèse Doctorat, Université El Manar de Tunis, 261 p.

PHILIPPEAU G., 1986- Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. ITCF, Paris, 63 p.

PRESCOTT M., HARLEY J. P., KLEIN D. A., 2003. Microbiologie. Ed. De Boeck Larcier, Paris, 1137 p.

RENARD F., 2002. Cours d'hydrologie. Master professionnel- DESS, Paris, 54 p.

REMINI B., 2005. La problématique de l'eau en Algérie. Ed. Office des publications universitaires, Alger, 162 p.

RICHARD C., 1996. Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux. Ed. Edition Scientifiques et Médicales Elservier, Paris, 115 p.

RIBONI E., ROBERT M., 2000. Les méthodes de désinfection de l'eau, avantages et inconvénients respectifs entre chlore, U.V., ozone, microfiltration. Ozonech Sàrl, Boudry, Switzerland, 5 p.

ROBERTSON W., 1995. Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Ed. Presses de l'Université Laval : 179-193.

ROBERT H., 1999. Qualité microbiologique des eaux brutes distribuées par BRL: exigences et conception d'un suivi adapte. Mémoire d'ingénieur en génie sanitaire, Ecole nationale de la santé publique, Languedoc-Roussillon, Rhône-Catalogne, 80 p.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

RODIER J., BAZIN C., BROUTIN J. P., CHAMBON P., CHAMPSAUR H., RODI L., 2005. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

ROUVILLOI-BRIGOL M., 1975. Le pays de Ouargla (Sahara Algérien), valorisation et organisation d'un espace rural en milieu désertique. Département de géographie de l'université de paris-Sorbonne, Paris : 3-208.

SAMAKE H., 2002. Analyse physico-chimique et bactériologique au L.N.S. des eaux de consommation de la ville de Bamako durant la période 2000 et 2001. Thèse de Doctorat d'état en pharmacie. Université de Bamako, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto Stomatologie Bamako, 73 p.

SCHOELLER H., 1962. Les eaux souterraines. Ed. Masson et Cie, Paris, 642 p.

SEBY P., 2006. Etude de la chloration sur le réseau d'eau potable du syndicat d'Annonay-Serrières (07). Mémoire de licence professionnelle, protection de l'environnement, gestion des eaux urbaines et rurales. Université Louis Pasteur, Strasbourg, 48 p.

SERVAIS P., LAURENT P., RANDON G, 1995. Comparison of the bacterial dynamics in various French distribution systems. Ed. Journal Water SRT-Aqua, N°44, (1) : 10-17.

SIBILLE I., 1998. Stabilité biologique des réseaux de distribution d'eau potable. Année biologique, n°78 : 117-161

SINGLETON P., 2005. Bactériologie: pour la médecine, la biologie et les biotechnologies. Ed. Dunod, Paris, 542 p.

SQUINAZI F., 2004. Biofilm et matériaux des canalisations des réseaux de distribution d'eau. Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, 52 p.

SQUINAZI F., 2006. Analyse en microbiologique: Environnement microbien (air, surfaces, eau). Ed. Techniques de l'ingénieur, Paris, 12 p.

TABOUCHE N., ACHOUR S., 2004. Etude de la qualité des eaux souterraines de la région orientale du Sahara septentrional Algérien. Lahryss journal : 99-113.

TERKMANI A., 2009. Maintien de la qualité de l'eau dans les réseaux de distribution et lutte contre les pollutions accidentelles. Les cahiers techniques du stage T 24. Centre de formation en métiers de l'eau, Tizi Ouzou, 101 p.

UNESCO, 1972. Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional, Rapport sur les résultats du Projet REG-100, Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Paris, 109 p.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

VAN DER KOOIJ D., 1982. Determining the concentration of easily assimilable organic carbon in drinking water, J. Am. Water Works Assoc., n°74, (10): 540-545.

VAN DER KOOIJ D., 2003. Heterotrophic Plate Count and Drinking water safety. Ed. World Health Organization, IWA Publishing, London : 117-161.

VILAIN M., 1999. Méthodes expérimentales en agronomie pratique et analyse. Ed. Lavoisier, Paris, 337 p.

WHO, 2008. Guidelines for Drinking Water Quality. Third Edition Incorporating the First and Second Addenda, World Health Organization. Volume 1 : Recommendations, Geneva, 515 p.

YOUCEF L., ACHOUR S., 2001. Défluoruration des eaux souterraines du Sud Algérien par la chaux et le sulfate d'aluminium. Courrier du Savoir: 65-71.

ZELLA L., SMADHI D., 2006. L'eau la gouvernance et l'éthique. Ed. Office des publications universitaires, Alger, 131 p.

ZELLA L., 2007. L'eau pénurie ou incurie. Ed. Office des publications universitaires, Alger, 144 p.

ZMIROU D., KELLEY J. P., COLLIN J. F., CHARREL M., BERLIN J., 1987. A follow-up study of gastro-intestinal diseases related to bacteriologically substandard drinking water. American Journal of Public Health, n°77: 582-584.

مدلل.سعد الدين.، 2006. مصادر المياه في الوطن العربي.دار الفكر العربي، بيروت، 126 صفحة.

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Annexes

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Annexe 1.- Caractéristiques des axes

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24
aleur ropre	4.892	4.370	2.946	2.291	1.644	1.605	1.253	0.999	0.753	0.637	0.524	0.430	0.393	0.310	0.250	0.223	0.198	0.106	0.066	0.061	0.039	0.009	0.003	0.000
% iance	20.385	18.209	12.273	9.544	6.852	6.687	5.222	4.162	3.137	2.653	2.182	1.790	1.637	1.292	1.041	0.929	0.824	0.440	0.275	0.253	0.163	0.039	0.012	0.001
% mulé	20.385	38.593	50.866	60.410	67.262	73.949	79.170	83.333	86.470	89.123	91.305	93.095	94.731	96.023	97.064	97.993	98.817	99.257	99.533	99.786	99.949	99.987	99.999	100.000

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Annexe 2.- Cosinus carrés des variables

	F1	F2
Chlore résiduel	0.127	0.219
pH	0.180	0.141
Conductivité	0.015	0.798
T°	0.200	0.064
Turbidité	0.045	0.148
TDS	0.250	0.608
Salinité	0.243	0.613
CO2	0.177	0.310
Residu Sec	0.331	0.328
Ca2+	0.275	0.000
Mg2+	0.273	0.001
Na+	0.325	0.064
K+	0.748	0.096
Cl-	0.014	0.128
SO42-	0.018	0.013
HCO3-	0.459	0.194
TH	0.060	0.032
TAC	0.480	0.182
NH4+	0.053	0.058
NO2-	0.059	0.019
NO3-	0.363	0.299
PO43-	0.122	0.007
G T 22°C	0.049	0.004
G T 37°C	0.027	0.042

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Annexe 3.- Contributions des variables (%)

	F1	F2
Chlore residual	2.591	5.005
pH	3.679	3.223
Conductivité	0.314	18.271
T°	4.090	1.466
Turbidité	0.912	3.390
TDS	5.119	13.908
Salinité	4.957	14.032
CO2	3.616	7.103
Residu Sec	6.756	7.510
Ca2+	5.617	0.000
Mg2+	5.587	0.030
Na+	6.637	1.465
K+	15.294	2.202
Cl-	0.295	2.938
SO42-	0.361	0.307
HCO3-	9.378	4.441
TH	1.232	0.734
TAC	9.807	4.157
NH4+	1.077	1.335
NO2-	1.202	0.425
NO3-	7.429	6.842
PO43-	2.492	0.167
G T 22°C	0.996	0.086
G T 37°C	0.560	0.964

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Annexe 4.- Matrice de corrélation

	Ch résiduel	pH	Cond	T°	Turbidité	TDS	Salinité	CO2	R. Sec	Ca2+	Mg2+	Na+	K+	Cl-	SO42-	HCO3-	TH	TAC	NH4+	NO2-	NO3-	PO43-	G T 22°C	G T 37°C
Ch résiduel	1	0.211	**0.402**	**-0.417**	0.283	0.063	0.061	-0.283	-0.006	0.029	**0.346**	0.241	0.196	**0.689**	-0.027	**-0.338**	0.233	**-0.353**	**0.386**	0.188	-0.232	0.161	-0.153	-0.200
pH	0.211	1	0.166	0.010	**0.326**	0.159	0.165	-0.224	-0.206	**-0.562**	-0.237	-0.127	-0.181	-0.088	-0.132	**-0.541**	0.255	**-0.537**	0.186	0.067	**-0.337**	-0.082	0.132	0.051
Cond	**0.402**	0.166	1	**-0.451**	**0.309**	**0.715**	**0.717**	**-0.463**	**-0.603**	-0.201	-0.158	-0.221	**-0.308**	-0.282	-0.014	-0.169	-0.251	-0.157	-0.145	-0.091	**-0.502**	-0.182	-0.006	-0.156
T°	**-0.417**	0.010	**-0.451**	1	-0.014	0.233	0.229	**-0.321**	-0.049	-0.191	-0.085	-0.077	**-0.407**	-0.207	-0.052	-0.247	-0.052	-0.258	-0.177	-0.214	**-0.529**	**-0.580**	-0.156	-0.103
Turbidité	0.283	**0.326**	**0.309**	-0.014	1	0.250	0.259	-0.177	-0.040	-0.231	**-0.405**	-0.053	-0.019	-0.045	-0.132	-0.151	-0.103	-0.144	-0.297	-0.157	-0.209	-0.007	-0.066	-0.017
TDS	0.063	0.159	**0.715**	0.233	0.250	1	**1.000**	-0.212	**-0.669**	-0.081	-0.138	**-0.325**	**-0.677**	-0.149	-0.054	-0.006	**-0.357**	-0.016	-0.030	-0.284	-0.166	-0.196	-0.134	-0.270
Salinité	0.061	0.165	**0.717**	0.229	0.259	**1.000**	1	-0.216	**-0.669**	-0.077	-0.127	**-0.321**	**-0.671**	-0.143	-0.059	-0.012	**-0.352**	-0.011	-0.036	-0.282	-0.176	-0.198	-0.130	-0.270
CO2	-0.283	-0.224	**-0.463**	**0.321**	-0.177	0.212	-0.216	1	-0.117	-0.087	-0.142	**-0.322**	-0.224	-0.123	-0.266	**0.438**	-0.102	**0.448**	-0.153	-0.070	**-0.606**	-0.121	-0.190	-0.124
R. Sec	-0.006	-0.206	**0.603**	0.049	-0.040	**0.669**	**0.669**	-0.117	1	**-0.450**	**-0.324**	**-0.405**	**-0.583**	**-0.299**	-0.145	-0.117	-0.069	-0.142	-0.154	-0.096	-0.127	-0.091	-0.118	-0.227
Ca2+	0.029	**-0.562**	0.201	-0.191	-0.231	0.081	0.077	-0.087	**-0.450**	1	**-0.590**	**-0.420**	**-0.355**	**-0.395**	-0.096	**-0.378**	-0.275	**-0.372**	-0.094	-0.106	**-0.325**	-0.076	-0.162	-0.096
Mg2+	**0.346**	-0.237	-0.158	0.085	**0.405**	-0.138	-0.127	-0.142	**-0.324**	**-0.590**	1	-0.142	**-0.332**	-0.046	-0.053	-0.270	**-0.404**	-0.276	**-0.339**	-0.190	-0.189	-0.003	-0.067	-0.021
Na+	-0.241	-0.127	-0.221	-0.077	-0.053	**-0.325**	**-0.321**	**-0.322**	**-0.405**	**-0.420**	-0.142	1	**-0.719**	**-0.573**	-0.076	-0.131	-0.071	-0.134	-0.037	-0.032	**-0.471**	-0.123	-0.150	-0.053
K+	-0.196	-0.181	**-0.308**	**-0.407**	-0.019	**-0.677**	**-0.671**	-0.224	**-0.583**	**-0.355**	**-0.332**	**-0.719**	1	-0.227	-0.024	**-0.351**	-0.222	**-0.370**	-0.086	**-0.301**	**-0.443**	**-0.309**	-0.243	-0.168
Cl-	**-0.689**	-0.088	-0.282	-0.207	-0.045	-0.149	-0.143	-0.123	**-0.299**	**-0.395**	-0.046	**-0.573**	-0.227	1	-0.089	-0.061	**-0.364**	-0.073	-0.274	-0.194	-0.171	-0.001	-0.019	-0.195
SO42-	-0.027	-0.132	-0.014	-0.052	-0.132	-0.054	-0.059	-0.266	-0.145	-0.096	-0.053	-0.076	-0.024	-0.089	1	**-0.301**	-0.216	**-0.312**	-0.059	-0.078	-0.174	-0.027	-0.091	-0.149
HCO3-	**-0.338**	**-0.541**	-0.169	-0.247	-0.151	-0.006	-0.012	**-0.438**	-0.117	**-0.378**	-0.270	-0.131	**-0.351**	-0.061	**-0.301**	1	-0.062	**-0.995**	-0.118	-0.036	**-0.579**	-0.130	-0.090	-0.106
TH	-0.233	-0.255	-0.251	-0.052	-0.103	**-0.357**	**-0.352**	-0.102	-0.069	-0.275	**-0.404**	-0.071	-0.222	**-0.364**	-0.216	-0.062	1	-0.076	-0.148	**-0.368**	-0.089	-0.147	-0.128	-0.147
TAC	**-0.353**	**-0.537**	-0.157	-0.258	-0.144	-0.016	-0.011	**-0.448**	-0.142	**-0.372**	-0.276	-0.134	**-0.370**	-0.073	**-0.312**	**0.995**	-0.076	1	-0.109	-0.028	**-0.572**	-0.137	-0.117	-0.133
NH4+	**0.386**	-0.186	-0.145	-0.177	-0.297	-0.030	-0.036	-0.153	-0.154	-0.094	**-0.339**	-0.037	-0.086	-0.274	-0.059	-0.118	-0.148	-0.109	1	-0.043	-0.012	-0.200	-0.192	-0.135
NO2-	-0.188	-0.067	-0.091	-0.214	-0.157	-0.284	-0.282	-0.070	-0.096	-0.106	-0.190	-0.032	**-0.301**	-0.194	-0.078	-0.036	**-0.368**	-0.028	-0.043	1	-0.054	-0.022	-0.027	-0.057
NO3-	-0.232	**-0.337**	**-0.502**	**0.529**	-0.209	-0.166	-0.176	**-0.606**	-0.127	**-0.325**	-0.189	**-0.471**	**-0.443**	-0.171	-0.174	**-0.579**	-0.089	**-0.572**	-0.012	-0.054	1	**-0.379**	-0.141	-0.121
PO43-	-0.161	-0.082	-0.182	**-0.580**	-0.007	-0.196	-0.198	-0.121	-0.091	-0.076	-0.003	-0.123	**-0.309**	-0.001	-0.027	-0.130	-0.147	-0.137	-0.200	-0.022	**-0.379**	1	-0.127	-0.122
G T 22°C	-0.153	0.132	0.006	0.156	-0.066	0.134	0.130	-0.190	-0.118	-0.162	-0.067	-0.150	-0.243	-0.019	-0.091	-0.090	-0.128	-0.117	-0.192	-0.027	-0.141	-0.127	1	**0.483**
G T 37°C	-0.200	0.051	0.156	0.103	-0.017	0.270	0.270	-0.124	-0.227	-0.096	-0.021	-0.053	-0.168	-0.195	-0.149	-0.106	-0.147	-0.133	-0.135	-0.057	-0.121	-0.122	**0.483**	1

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

Tableau 25.- Quelques caractéristiques hygiéniques des eaux d'adduction de la cuvette de Ouargla pour les 4 compagnes

Campagnes	Localité		Germes totaux 22°C UFC/ml	Germes totaux 37°C UFC/ml	Coliformes totaux UFC/100 ml	Coliformes fécaux UFC/100 ml	Streptocoques fécaux UFC/100 ml	Clostridium sulfito-reducteurs spores/20 ml
1ère compagne	Forage	Mekhadma 3	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	Complexe Mekhadma	00	00	00	00	00	00
	Zone de Mekhadma	Domicile de Debbache	00	00	00	00	00	00
		Primaire Chibani	00	00	00	00	00	00
		Polyclinique de Mekhadma	00	00	00	00	00	00
	Zone de 460 logements	Maison n°11	00	00	00	00	00	00
		Maison n° 202	00	00	00	00	00	00
		Maison n° 315	00	00	00	00	00	00
	Zone d'activité	Station Benfardia	00	00	00	00	00	00
		Inspection du travail	00	00	00	00	00	00
		Protection civile	00	00	00	00	00	00
2ème compagne	Forage	Mekhadma 3	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	Complexe Mekhadma	00	00	00	00	00	00
	Zone de Mekhadma	Domicile de Debbache	00	00	00	00	00	00
		Primaire Chibani	00	00	00	00	00	00
		Polyclinique de Mekhadma	00	00	00	00	00	00
	Zone de 460 logements	Maison n°11	00	00	00	00	00	00
		Maison n° 202	00	00	00	00	00	00
		Maison n° 315	00	00	00	00	00	00
	Zone d'activité	Station Benfardia	00	00	00	00	00	00
		Inspection du travail	00	00	00	00	00	00
		Protection civile	00	00	00	00	00	00

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

3ème compagne	Forage	Mekhadma 3	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	Complexe Mekhadma	00	00	00	00	00	00
	Zone de Mekhadma	Domicile de Debbache	00	00	00	00	00	00
		Primaire Chibani	00	00	00	00	00	00
		Polyclinique de Mekhadma	160	160	00	00	00	00
	Zone de 460 logements	Maison n°11	00	26	00	00	00	00
		Maison n° 202	00	00	00	00	00	00
		Maison n° 315	00	00	00	00	00	00
	Zone d'activité	Station Benfardia	104	48	00	00	00	00
		Inspection du travail	00	00	00	00	00	00
		Protection civile	00	00	00	00	00	00
4ème compagne	Forage	Mekhadma 3	00	00	00	00	00	00
	Réservoir	Complexe Mekhadma	00	00	00	00	00	00
	Zone de Mekhadma	Domicile de Debbache	00	00	00	00	00	00
		Primaire Chibani	00	00	00	00	00	00
		Polyclinique de Mekhadma	00	00	00	00	00	00
	Zone de 460 logements	Maison n°11	00	00	00	00	00	00
		Maison n° 202	00	00	00	00	00	00
		Maison n° 315	00	00	00	00	00	00
	Zone d'activité	Station Benfardia	00	00	00	00	00	00
		Inspection du travail	00	00	00	00	00	00
		Protection civile	>300	00	00	00	00	00

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com