



**ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE ET
BACTERIOLOGIQUE DES EAUX SOUTERRAINES DE LA
NAPPE PLIO-QUATERNAIRE DANS LA RÉGION DE MEKNÈS
(MAROC)**

***BELGHITI M.L.¹, CHAHLAOUI A.¹, BENGOUNI D.²,
EL MOUSTAINE R.¹***

¹Equipe Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles, Laboratoire de
Environnement et Santé. Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université
Moulay ismail, BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc.

²Cabinet Vétérinaire D. Bengoumi, Appt : 2 et 3- Imm. 481-Rue 42- Hay Al Amane III-
Meknès.

belghitilafdil@yahoo.fr

RESUME

Deux campagnes de prélèvement des eaux souterraines ont été effectuée durant la période Mars2009/ Juin 2009 au niveau des puits situés en milieu rural, ces prélèvements ont fait l'objet d'analyse selon les techniques d'évaluation de qualité de l'eau décrites par Rodier (1978, 2009) et aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (OMS). L'analyse physico-chimique a montrée que les puits étudiés présentent des concentrations inférieures aux normes recommandées par l'OMS (1994) et par le Maroc (NORME MAROCAINE., 1991). De point de vue bactériologique, les puits étudiés présentent une forte pollution bactériologique dans tous les puits étudiés sans exception. La présence très élevée des germes microbiens dans l'eau pourrait constituer un risque sanitaire important pour les habitants qui prennent de l'eau nécessaire de leurs besoins à partir de l'eau de ces puits.

Mots clés : Eau souterraine, Qualité, Puits, Physico-chimie, bactériologie.

ABSTRACT

Two partners of takings of the underground waters were made during period March 2009/in June, 2009 at the level of wells situated in rural areas, these

withdrawals were the object of analysis according to the techniques of quality evaluation of the water described by Rodier 1978, 2009 and the recommendations of world health organization WHO . The physico-chemical analysis showed that the studied wells have concentrations below the standards recommended by the WHO (1994) and Morocco (NORMALIZED MOROCCAN, on 1991). From bacteriological point of view, the wells studied have a high bacterial pollution in all wells studied without exception. The very high presence of the microbial germs in the water could establish a sanitary risk mattering for the inhabitants who take some necessary water of their needs from the water of these wells.

Keywords: groundwater, quality, wells, physico-chemical, bacteriology.

INTRODUCTION

L'eau est un élément indispensable pour la vie et pour le développement socio-économique réel et durable d'un pays, il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eau existantes surtout les informations concernant:

- La vulnérabilité des ressources à un éventuel facteur,
- Les mesures nécessaires pour développer, gérer et protéger les ressources.

Au Maroc les eaux souterraines constituent une part importante du patrimoine hydraulique du pays (Matee, 2001), du fait de son exploitation relativement facile. Les eaux souterraines sont traditionnellement les ressources en eau privilégiées pour l'eau potable, car plus à l'abri des polluants que les eaux de surface (Guergazi et al., 2005). La région de Meknès objet de notre travail de recherche est une zone à vocation de grande culture et élevage, elle joue un rôle socio-économique assez important au Maroc. Dans la région ciblée, les eaux souterraines ont toujours été une source importante d'approvisionnement en eau potable pour les populations locales, pour l'abreuvement des animaux et pour l'irrigation. Cependant la qualité alimentaire de l'eau représente une préoccupation grandissante. Le défi auquel font face toutes les régions du Maroc et particulièrement les zones rurales est la protection de la qualité des ressources en eau souterraine. En effet, la pollution des eaux souterraines représente l'un des aspects les plus inquiétants et l'utilisation de ces eaux à des fins alimentaires représente un danger pour la santé (Laferrriere et al., 1996). Le présent travail s'intéresse à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe phréatique du plio-quatenaire dans la région de Meknès.

MATERIEL ET METHODE

Echantillonnage

Les points d'eau ont été choisis de manière à avoir une image d'ensemble de la nappe phréatique du plio-quaternaire. Nous avons effectué au total vingt huit prélèvements pour l'analyse physico-chimique et bactériologique des eaux répartis comme suit: Quatorze prélèvements durant la période de mars 2009 et quatorze prélèvements durant la période de juin 2009.

Région d'étude

La zone étudiée fait partie d'un ensemble plus vaste, le Saïs de Meknès-Fès (figure 1), qui s'étend sur environ 100 Km d'ouest en est et sur 30 à 40 Km du nord au sud et à une altitude qui varie de 1000m au niveau d'El Hajeb à 550m au niveau de la ville de Meknès. Ses coordonnées géographiques Lambert sont comprises entre : $465 < X < 545$ km et $335 < Y < 385$ km, totalisant une superficie d'environ 2100 km². Le plateau de Meknès se trouve ainsi limité par : l'oued Sebou à l'Est, l'oued Beht à l'Ouest, les rides prérfaines au Nord et la limite Nord du Causse moyen-atlasique au Sud.

Cette situation assure au Plateau de Meknès une large ouverture sur les vents d'Ouest frais et humides, mais également sur les vents d'Est secs, froids l'hiver et chauds l'été. La zone d'étude est constituée d'un bassin miocène reposant sur des formations liasiques et surmonté de formations plio-quaternaires. Elle est, par ailleurs, bordée au nord par les rides prérfaines. L'eau consommée localement provient principalement de la nappe profonde des calcaires et calcaires dolomitiques du Lias (Essahlaoui, 2000). Les calcaires et les calcaires dolomitiques du lias qui forment le réservoir profond sont recouverts par des dépôts marneux miocènes imperméables qui sont recouverts à leur tour de terrains d'âge plio-quaternaire. Ces dernières sont constitués des calcaires lacustres, des poudingues, des sables, des conglomérats et des coulées basaltiques et leur épaisseur ne dépasse guère les 100m, ils constituent l'aquifère superficiel de la région (Chadli et al., 2004). La région d'étude caractérisée par un développement agricole où la totalité des terres sont cultivées, excepté quelques domaines protégés et les zones de fortes pentes, souvent caillouteuse, constituant la limite du plateau avec les montagnes voisines.

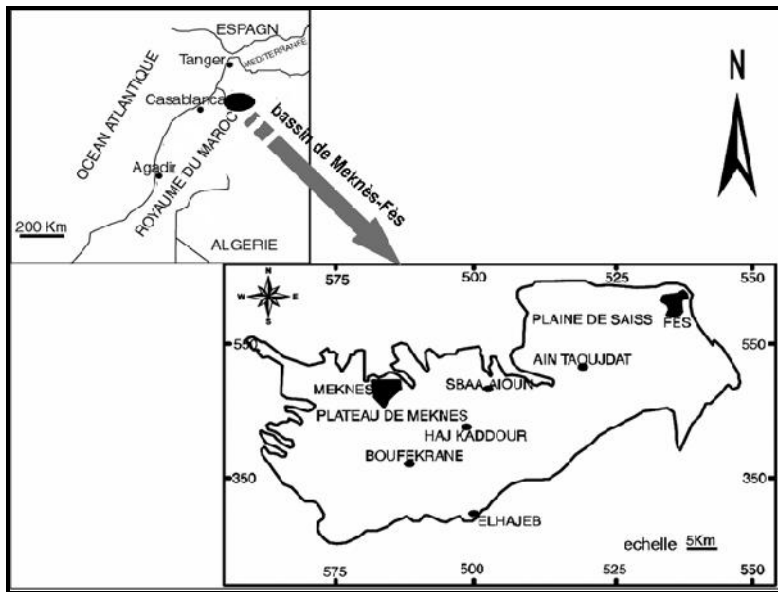


Figure 1 : Carte de situation du bassin de Fès-Meknès

Paramètres physico-chimiques analysés

L'étude a été menée sur des échantillons d'eau provenant de certains puits en milieu rural dans la région de Meknès durant la période de mars 2009/ juin 2009, deux prélèvements d'eau ont été effectués dans chaque puits. Les prélèvements des échantillons pour l'analyse physico-chimique ont été mis dans des flacons en plastique puis acheminés au laboratoire pour l'analyse. Au total 28 échantillons d'eau ont été collectés. Les analyses physico-chimiques ont concerné les paramètres suivants : T°C, pH, Conductivité électrique, Dureté totale, Chlorures, Sulfates, Nitrates, Nitrites, Calcium, Magnésium, Sodium, Fer total et Oxygène dissous.

Analyses microbiologiques

Nous avons effectué pendant notre travail la recherche des germes indicateurs de pollution suivants :

- La flore mésophile aérobie totale ;
- Les coliformes totaux ;
- Les coliformes fécaux (thermotolérants) ;
- Les streptocoques fécaux ;
- *staphylococcus aureus* ;
- Les Clostridiiums Sulfite-réducteurs (ASR) ;
- *Pseudomonas aeruginosa*

Les paramètres bactériologiques ont été analysés au laboratoire selon le protocole d'analyse de Rodier (1978 et 2009).

RESULTATS ET DISCUSSION

Qualité physico-chimique de l'eau

La température

La température de l'eau est un facteur important dans la production biologique. Ceci vient du fait qu'elle affecte les propriétés physiques et chimiques de celle-ci ; en particulier sa densité, sa viscosité, la solubilité de ses gaz (notamment celle de l'oxygène) et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD, 2006). Dans la région d'étude, les résultats obtenus montrent que le degré cette température ne présente pas de grandes variations d'un puits à l'autre (Figure 2), Avec un minimum de 20 °C (puits P1, P3, et P4) et un maximum de 21,04 °C (puits P7 et P11).

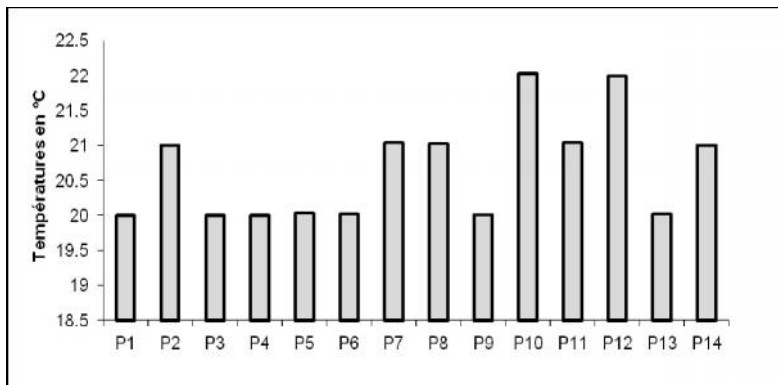


Figure2 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la température.

Le pH

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1966; Bermond et Vuichard, 1973). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques entre l'eau, le gaz carbonique dissous, les carbonates et les bicarbonates qui constituent des solutions tamponnées conférant à la vie aquatique un développement favorable. Dans la plupart des eaux naturelles, le pH est compris habituellement entre 6 et 8,5 alors que dans les eaux tièdes, celui-ci être compris entre 5 et 9 (HCEFLCD, 2007). Dans le cas de la région d'étude, les valeurs du pH des eaux de la nappe de plio-quaternaire ne montrent pas de

variations notables, avec un minimum de 6,63 au puits P2 et un maximum de 7,95 au puits P12 (figure 3) ce qui témoigne d'une légère alcalinité du milieu.

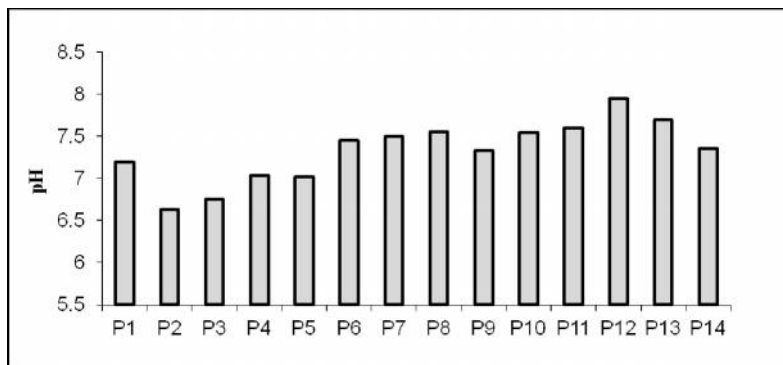


Figure 3 : Variation spatiale des valeurs moyennes de pH.

La conductivité électrique

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : 1S /m = 10⁴ μS/cm = 10³ S/m. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'une eau (HCEFLCD, 2006). En effet, la mesure de la conductivité permet d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau, donc de sa minéralisation. Les valeurs enregistrées durant la période d'étude sont variées de 461 à 1587, le minimum enregistré au puits P9 et le maximum enregistré au puits P10 (figure 4). La conductivité électrique dépend des charges de matière organique endogène et exogène, génératrice de sels après décomposition et minéralisation et également avec le phénomène d'évaporation qui concentre ces sels dans l'eau, elle varie aussi suivant le substrat géologique traversé.

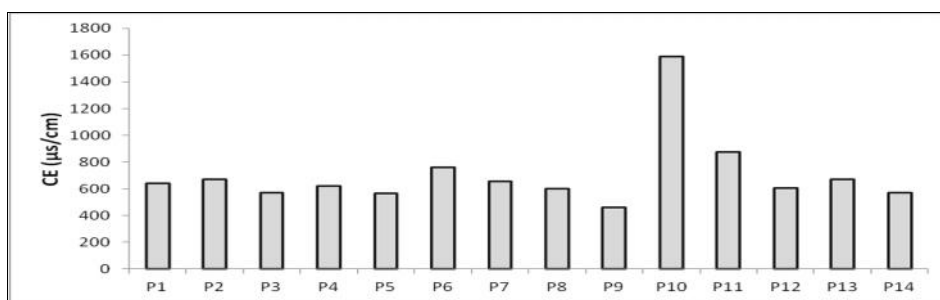


Figure 4 : Variation spatiale des valeurs moyennes de Conductivité électrique

La dureté totale

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. On distingue: une dureté carbonatée qui correspond à la teneur en carbonates et bicarbonates de Ca et Mg et une dureté non carbonatée produite par les autres sels. La dureté est mesurée par le titre hydrotimétrique exprimé en °F (degré français); 1°F correspond à 10 mg de carbonate de Calcium dans 1 litre d'eau. Elle résulte principalement du contact des eaux souterraines avec les formations rocheuses : Le calcium dérive de l'attaque du CO₂ dissout par les roches calcaires (dolomies) ou de la dissolution sous forme de sulfate dans le gypse. La dureté d'une eau naturelle dépend de la structure géologique des sols traversés. Dans les échantillons analysés (Figure 5), ce paramètre présente une grande variation d'un puits à l'autre qui serait liée à la nature lithologique de la formation géologique de la nappe phréatique et en particulier à sa composition en magnésium et en calcium.

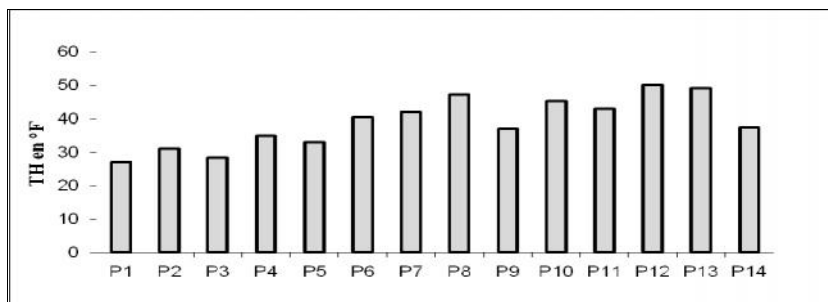


Figure 5 : Variation spatiale des valeurs moyennes de la dureté totale.

Les Sulfates

Les sulfates (SO₄²⁻) proviennent du ruissellement ou d'infiltration dans les terrains à gypse. Ils résultent également de l'activité de certaines bactéries (chlorothiobactéries, rhodothiobactéries, etc.). Cette activité peut oxyder l'hydrogène sulfuré (H₂S) toxique en sulfate (HCEFLCD, 2006). D'après les résultats des échantillons analysés (figure 6), les valeurs enregistrées restent inférieures à la valeur guide (VG= 200mg/l) de la norme Marocaine relative à la qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable.

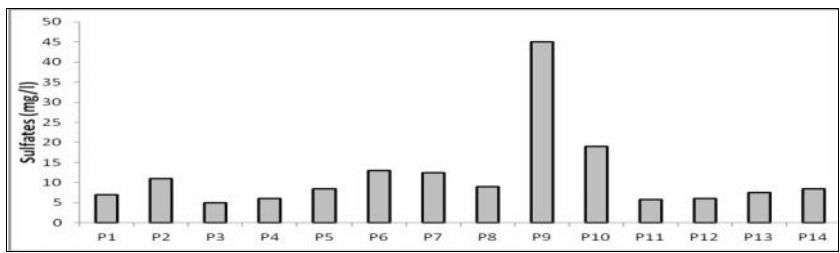


Figure 6 : Variation spatiale des valeurs moyennes des Sulfates.

L’oxygène dissous

L’oxygène dissous (O₂) est très important par le fait qu’il conditionne l’état de plusieurs sels minéraux, la dégradation de la matière organique et la vie des animaux aquatiques (HCEFLCD, 2007). Il joue un rôle primordial dans le maintien de la vie aquatique et dans l’auto-épuration. Sa présence dans les eaux naturelles est déterminée principalement par la respiration des organismes, par l’activité photosynthétique de la flore, par l’oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air-eau. Pour l’ensemble des prélèvements, l’oxygène dissous présente des variations importantes d’un point à un autre, elle varie de 3,97 à 4,98 durant la période d’étude, les résultats obtenus montrent que les puits sont légèrement sous oxygénés (figure 7). L’oxygène dissous est un paramètre important à prendre en considération, car il renseigne sur l’état du puits et d’autre part il favorise la croissance des micro-organismes qui dégradent la matière organique. En général, les valeurs faibles de l’oxygénées dissous favorisent le développement des germes pathogènes.

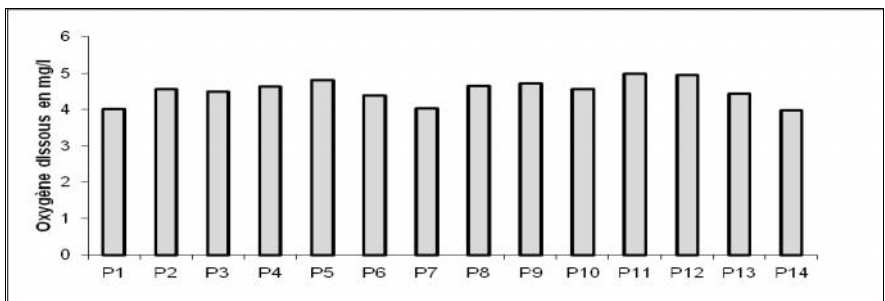


Figure 7 : Variation spatiale des valeurs moyennes de l’Oxygène dissous

Les Nitrates

Les nitrates sont présents dans l’eau par lessivage des produits azotés dans le sol, par décomposition des matières organiques ou des engrais de synthèse ou naturels (Samak, 2002).L’azote est un élément indispensable dans l’édification

de la cellule. Dans le domaine aquatique, l'azote existe sous forme moléculaire (N_2) ou ionisée : Nitrates (NO_3^-), Nitrites (NO_2^-) et ammonium (NH_4^+) ainsi que sous forme organique dissoute ou particulaire (protéine, acides aminés, urée, etc.). Ces différentes formes de l'azote sont en perpétuelle évolution. Elles passent de l'une à l'autre par des processus physico-chimique et surtout biochimique. Les nitrates ne représentent qu'une des multiples formes de l'azote présent dans l'eau, tout en constituant, en général, la forme la plus abondante de l'azote minéral. L'histogramme des teneurs en nitrates (figure 8) montre une légère variation de ces teneurs qui oscillent entre 1,05 mg/l (puits P7) et 6,75 mg/l (puits P4), mais qui restent inférieures à la valeur admissible par les normes marocaines (45 à 50mg/l). De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas sujettes à un risque de pollution par les nitrates.

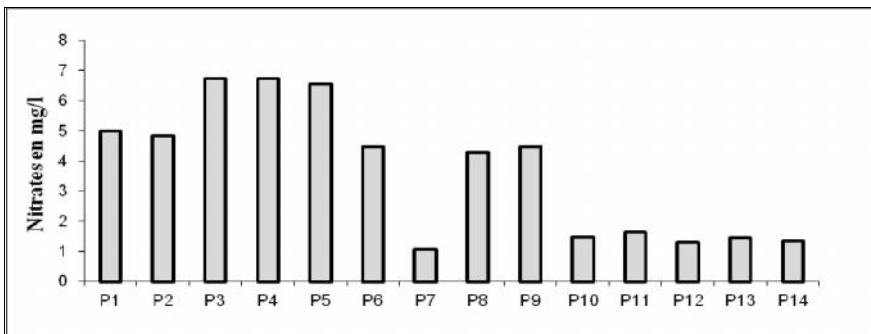


Figure 8 : Variation spatiale des valeurs moyennes des Nitrates

Les Nitrites

Ils sont également assez largement présents, mais à des niveaux bien moindres que les Nitrates. Les nitrites proviennent d'une oxydation incomplète des matières organiques. Comme les nitrates, les nitrites sont très répandus dans l'environnement, les uns et les autres se retrouvent dans la plupart des produits alimentaires, dans l'atmosphère et dans une grande partie des eaux. Les fortes teneurs correspondent à la réduction des nitrates en nitrites par les anaérobies sulfito-réducteurs. Elles peuvent également être liées à l'oxydation bactérienne de l'ammoniac (Bengoumi et al., 2004). Les teneurs en nitrites (figure 9) varient de 0,012mg/l (puits P14) à 0,080 mg/l (puits P2) durant la période d'étude, le taux normal en nitrites est fixé à 0,1mg/l selon l'OMS. La présence des Nitrites dans l'eau en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et pourrait affecter la santé humaine. La toxicité liée au nitrite est très significative en raison de leur pouvoir oxydant.

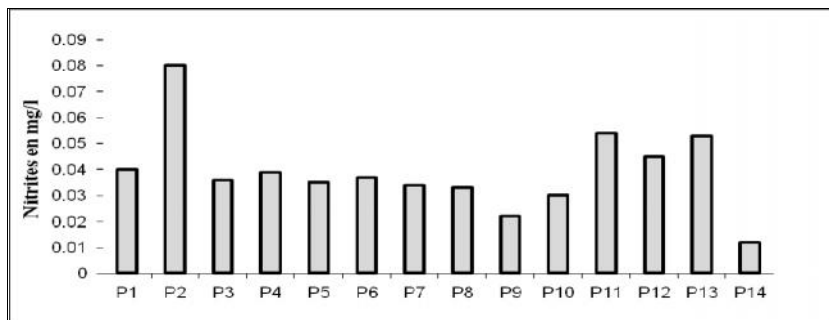


Figure 9 : Variation spatiale des valeurs moyennes des Nitrites.

Le Sodium

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois les concentrations peuvent être extrêmement variables. Indépendamment de la lixiviation des formations géologiques contenant du chlorure de sodium, le sel peut provenir de la décomposition de 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, des nombreux usages industriels etc... Un régime normale apporte 3 à 5 g/j de sodium (8 à 12 g/j en chlorure de sodium. La quantité nécessaire est inférieure à 200 mg/j pour l'enfant et à 2000 mg/j pour l'adulte (Rodier, 1978). Selon les résultats des analyses effectuées durant la période d'étude, Les teneurs en sodium sont globalement peu concentrées. Aucune valeur dépassant les 150 mg/l (figure 10) n'est enregistrée dans la région d'étude. Les teneurs en sodium varient de 18,52 mg/l à 50 mg/l. Concernant ce paramètre, la majorité des eaux analysées durant cette étude sont admissibles à la consommation.

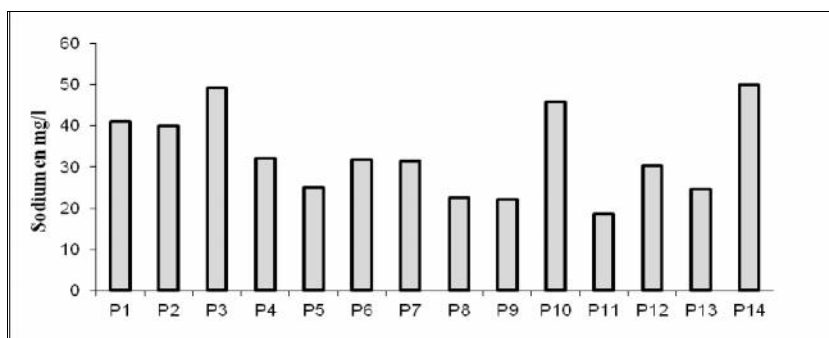


Figure 10: Variation spatiale des valeurs moyennes de Sodium.

Les Chlorures

Les eaux trop riches en chlorures sont laxatives et corrosives (Humbert et Pommier, 1988 in Tarik, 2005), La concentration des chlorures dans l'eau dépend aussi du terrain traversé. Sur la base des résultats des analyses effectuées pour les échantillons des eaux, les teneurs en chlorures est de l'ordre de 42,6 mg/l à 115 mg/l (figure 11). Au niveau de la région d'étude, les teneurs en chlorures sont inférieures à 200 mg/l. Selon les normes marocaines relatives à la potabilité des eaux, la concentration en chlorure maximale recommandée (CMR) est de 300 mg/l alors que le maximum admissible (CMA) est de 750 mg/l. de ce fait, et concernant ce paramètre ainsi discuté, la qualité de l'eau au niveau de la région d'étude est excellente.

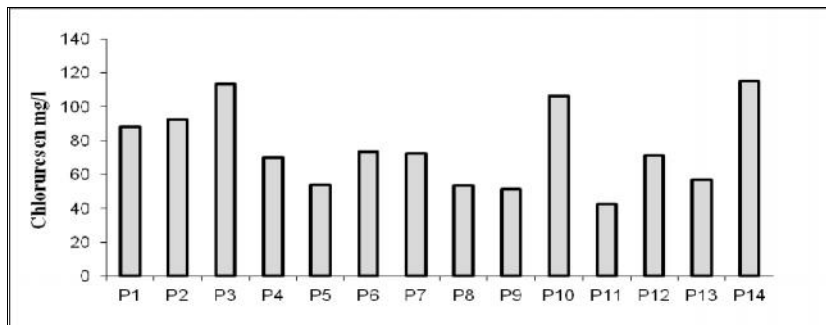


Figure 11: Variation spatiale des valeurs moyennes des Chlorures.

Le Fer total

Le fer est un élément assez abondant dans les roches (quelques %) sous forme de silicates, d'oxydes et hydroxydes, de carbonates et de sulfures. La craie contient des nodules de marcasite (sulfure); les terrains jurassiques présentent un niveau d'oolithes en oxydes de fer. Le fer est soluble à l'état d'ion Fe^{++} (ion ferreux) mais insoluble à l'état Fe^{+++} (ion ferrique). La valeur du potentiel d'oxydo-réduction (Eh) du milieu conditionne donc sa solubilité et la teneur de l'eau en fer. Les nappes captives isolées des échanges avec la surface sont en conditions réductrices: leur eau est ferrugineuse. Ce fer dissous précipite en milieu oxydant, en particulier au niveau des sources et à la sortie des conduites. La présence de fer dans l'eau peut favoriser la prolifération de certaines souches de bactéries qui précipitent le fer où corrodent les canalisations. L'eau est ferrugineuse notamment dans les nappes captives de la craie et des sables de l'Albien. Un traitement spécifique est alors nécessaire (précipitation en milieu oxydant) (Guillemin et Roux, 1992). Les teneurs en fer total dans la région d'étude sont variées de 0,032mg/l à 0,28 mg/l (figure 12), la concentration en fer dans la région est inférieure à la norme recommandée.

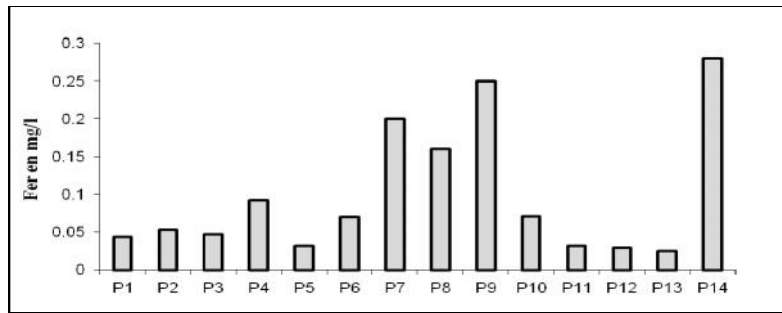


Figure 12: Variation spatiale des valeurs moyennes de Fer total.

Les résultats de l'analyse physico-chimique présentés dans ce travail peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucune incidence sur la qualité de la nappe, ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par (Bengoumi et al., 2004).

Qualité bactériologique de l'eau

L'appréciation de la qualité bactériologique de la nappe du plio-quatenaire dans la région de Meknès a été suivie par le biais de l'analyse de l'eau récoltées au niveau de 14 puits durant la période mars 2009/juin 2009. Le tableau ci-après rapporte les concentrations moyennes des germes microbiens la période mars 2009/ juin 2009

Tableau 1 : la concentration moyenne des germes microbiens durant la période mars 2009/ juin 2009 au niveau des puits.

FMAT (flore mésophile aérobie totale), CT (coliformes totaux), CF (coliformes fécaux), SF (streptocoques fécaux), SA (*Staphylocoques aureus*), PA (*Pseudomonas aeruginosa*) et ASR (Anaérobies sulfito-réducteurs).

Puits	FMAT	CT	CF	SF	SA	PA	ASR
P1	3,2	3	2,2	2,23	1,2	2,31	2
P2	3,40	3,14	2,04	2,28	1,38	2,26	1
P3	3,17	3,08	2,44	2,31	1,74	2,53	1
P3	3,14	3,07	2,95	1,90	2,07	2,55	2
P5	3,11	3,05	2,91	2,53	2,26	1,83	0
P6	3,47	2,55	2,47	2,35	2,10	2,52	0
P7	3,09	3,07	2,53	1,72	1,96	2,14	0
P8	3,55	2,68	2,77	1,30	1,43	2,41	0
P9	3,08	3	2,47	2,25	2,31	2,77	0
P10	3,39	3,09	2,30	1,88	1,71	2,69	4
P11	3,36	3,07	2,88	2,38	2,34	2,60	0
P12	3,14	3,04	2,63	2,26	2,03	2,77	0
P13	3,12	3	2,96	1,76	1,44	1,60	2
P14	3,08	2,98	2,42	2,26	2,12	2,3	1

La concentration moyenne de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) pour tous les puits durant les deux périodes d'étude est de 3,24 log₁₀/100ml. La valeur moyenne minimale de 3,08 log₁₀/100ml est enregistrée au niveau de puits P9. Alors que la valeur moyenne maximale est de l'ordre de 3,55 log₁₀/100ml au niveau de puits P8.

En ce qui concerne les coliformes totaux (CT), la concentration moyenne est de l'ordre de 2,99 log₁₀/100ml. La concentration moyenne maximale est enregistrée au niveau du puits P2 (3,14 log₁₀/100ml). La numération des coliformes fécaux (CF) montre que les eaux des puits au niveau de la région d'étude renferment une concentration moyenne de l'ordre 2,57log₁₀/100 ml. La moyenne maximale en coliforme fécaux est enregistrée au niveau du puits P3 (2,95 log₁₀/100ml). Quant aux streptocoques fécaux (SF), nous avons noté que la concentration moyenne des eaux des puits dans la région de Meknès est de l'ordre de 2,10 log₁₀/100ml, avec une valeur moyenne maximale enregistrée au niveau du puits P5 (2,53 log₁₀/100ml) et une valeur moyenne minimale enregistrée au niveau du puits P7 (1,72 log₁₀/100ml). Quant aux *Staphylocoques aureus*(SA), Les résultats de l'analyse bactériologique des eaux ont révélé que la totalité des puits prélevés sont contaminés par les *Staphylocoques aureus*, la concentration moyenne des eaux de la nappe, est de l'ordre de 1,86 log₁₀/100ml, le nombre des *Staphylocoques* avec une concentration minimale de

1,2 log₁₀/100ml est enregistrée au niveau du puits P1 et une concentration maximale de 2,34 log₁₀/100ml est enregistrée au niveau du puits P11.

En ce qui concerne les *Pseudomonas aeruginosa*, la concentration moyenne est de l'ordre 2,37 log₁₀/100ml. Tandis que la concentration moyenne maximale est enregistré au niveau du puits P10 (2,69 log₁₀/100ml). La forte contamination des puits par les *Pseudomonas aeruginosa* pourrait être expliquée par une pollution fécale d'origine animale ou Humaine (fausse septique, élevage de bétails, utilisation des déchets des animaux comme fertilisant pour les terres agricoles avoisinant les puits). Quant aux *Anaérobies sulfito-réducteurs*, le nombre varie de 0 à 4 UFC/20mL. La concentration moyenne maximale est enregistrée au niveau du puits P10 (4UFC/20ml) et les concentrations minimales enregistrées au niveau des puits (P5, P6, P7, P8, P11et P12). La présence des spores des *Anaérobies sulfito-réducteurs* dans une eau naturelle fait penser à une contamination fécale et en l'absence de bactéries *Coliformes*, à une contamination déjà ancienne (OMS, 1994). Elles sont très résistantes et leur présence est un bon indicateur de la vulnérabilité des aquifères et des puits (Travel et al., 2006). La nappe phréatique du plio-quadernaire héberge de fortes densités en flore totale, coliformes fécaux, streptocoque fécaux et en indicateurs de la contamination fécale, ces résultats sont similaires à ceux trouvées au niveau de la nappe phréatique de M'nassra au Maroc (Bricha et al., 2007), la concentration élevée des germes microbiens dans les différents puits pourrait s'expliquer par la mauvaise protection de ces puits.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau souterraine en milieu rural dans la région de Meknès obtenus durant la période de mars 2009 / juin 2009 peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucun danger pour la consommation. De point de vue bactériologique, les puits étudiés, présentent des concentrations très élevées en germes de contamination fécale dans tous les puits sans exception, ce qui constitue sans doute une menace pour les habitants qui tirent l'eau nécessaire à la majeure partie de leurs besoins à partir de l'eau de ces puits.

Pour éviter la possibilité de tout risque sanitaire il est recommander de :

- traitement de l'eau à l'échelle familiale par l'utilisation d'hypochlorite à l'aide d'un compte gouttes,
- extension du réseau de l'eau potable en milieu rural,
- Conception du réseau d'assainissement pour l'évacuation des eaux usées,
- Ramassage des ordures,
- Protection des captages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENGOUMI M. et al. (2004). - Qualité de l'eau en aviculture .Revue trimestrielle d'information scientifique et technique – Volume 3 – N°1, Maroc, 5-25pp.
- BERMOND R., VUICHAARD R., (1973). Les paramètres de la qualité des eaux. Documentation Française, Paris, 179p.
- BRICHA S. et al. (2007).- Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc), Revue Afrique Science 03(3), 391-404.
- CHADLI K. et al., (2004). Contribution la modélisation mathématique à l'étude hydrogéologique de la nappe phréatique du plateau de Meknès (Maroc), 11p.
- DERWICH E. et al. (2010). Caractéristique physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec oued Fès, Larhyss Journal, n°08, Juin, 101-112.
- DUSSART B., (1966). Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Ed., Paris.
- ESSAHLAOUI A., (2000). Contribution à la reconnaissance des formations aquifères dans le bassin de Meknès- Fès (Maroc). Prospection géoélectrique, étude hydrogéologique et inventaire des ressources en eau. Thèse pour l'obtention du doctorat en Sciences Appliquées, Ecole Mohammadia des ingénieurs, Rabat. Maroc, 258p.
- GUILLEMIN C., ROUX J., (1992). - La pollution des eaux souterraines. Manuels et Méthodes n° 23, éd. BRGM, 1-25.
- Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD).., (2007). Etude diagnostique de la zone humide AL Massira-Faija, cercle d'EL Brouj et Cercle de Settat (Maroc), 242p.
- Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD). (2006). Etude sur la pisciculture au barrage Almassira, CR dar CHAFAAI, Cercle d'ELBROUGE, Province de Settat, 201p.
- LAFERRIERE et al. (1996). L'industrie porcine et les risques reliés à la santé humaine, Bull. Information Santé Environnement, Québec, 1-4.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement (MATEE). (2001). Rapport sur l'état de l'environnement du Maroc, Département de l'Environnement, Observation National de l'Environnement du Maroc, 296p.
- NORME MAROCAINE 03.7.001. (1991). Qualité des eaux d'alimentation humaine élaborée par le comité technique de normalisation des eaux d'alimentation humaine éditée et diffusée par le service de normalisation industrielle Marocaine (SNIMA), 14p.
- OMS (1994). Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2e édition.

RODIER J. et al. (2009). L'analyse de l'eau, 9^e édition. DUNOD (éditeur), Paris, France.1579 p.

RODIER J. (1978). L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 6^{ème} édition.

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, 77p.

TARIK A. (2005). - Qualité physico-chimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines Région du Maroc. Thèse pour l'obtention du doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc, 183pp.

TRAVEL A et al., (2006). Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov., n° 121, 21-23.