



QUALITE DE L'EAU EN ELEVAGE AVICOLE DANS LA REGION DE MEKNES (MAROC) IMPACT SUR LA SANTE ET LA PRODUCTION

**EL MOUSTAINE R.^{1*}, CHAHLAOUI A.¹, BENGOUMI D.^{1,2}
ROUR E.H.¹, BELGHITI L.¹**

¹ Equipe de Gestion et Valorisation des Ressources naturelles, laboratoire d'environnement et santé, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Moulay Ismail. BP 11 201 Zitoune Meknès Maroc.

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

* Elmoustaine-radouane@hotmail.fr

RESUME

La présente étude a pour objectif l'évaluation de la qualité de l'eau de certains puits dans les élevages avicoles de la région de Meknès, leur interprétation et leurs effets sur la santé et la production. Notre étude a été menée sur des échantillons d'eau provenant de différents élevages avicoles repartis dans la région de Meknès. Les prélèvements ont concernés surtout les poulets de chair. Les stations retenues ont été choisies en raison de leur importance en élevage avicole mais aussi et surtout parce qu'elles présentaient entre elles certaines différences évidentes (profondeur de la nappe, nature du substratum, protection des puits et utilisation de l'eau par la population locale).

La qualité physico-chimique a été déterminée par l'analyse de la dureté totale, les Nitrates, les Nitrites, Chlorures, le Fer, les chlore libre et total, la salinité, la température et le pH. Alors que la qualité bactériologique base sur des paramètres bactériologiques (la flore mésophile aérobie totale, les coliformes totaux, coliformes fécaux, stéptocoques fécaux, les staphylocoques aureus et les anaérobies sulfito-réducteurs.

Les résultats obtenus ont montré que l'eau présente une qualité satisfaisante de point de vue Nitrates, Nitrites, le Fer et les chlores libre et total. Alors que la dureté totale dépasse 50°F (norme préconise pour la volaille) pour 30% des puits analyses de même des teneurs en Chlorures sont élevées pour 75% des puits analyses.

Sur le plan bactériologique, les résultats ont montré que la contamination bactériologique des eaux de puits étudiés est presque générale. Cette pollution se manifeste par des teneurs dépassant largement les normes de qualité de l'eau de boisson à usage avicoles (Normes françaises, 2001).

Mots-clés : Puits, Eau, Volaille, Physico-chimie, Bactériologie.

ABSTRACT

The present study aims to assess the water quality of some wells in poultry in the region of Meknes, their interpretation and their effects on health and production. Our study was conducted on water samples provenat different poultry farms left in the region of Meknes. The samples were mainly concerned broilers. The stations selected were chosen because of their importance in poultry but also and especially because they had some obvious differences between them (depth of water, nature of substratum, protection of wells and water use by the population local).

The physico-chemical quality was determined by analysis of the total hardness, Nitrates, Nitrites the, Chloride, Iron, chlorine free and total, salinity, temperature and pH. While the bacteriological quality based on bacteriological parameters (total aerobic mesophilic flora, total coliforms, fecal coliforms, fecal streptocoques, Staphylococcus aureus and sulfite-reducing anaerobes).

The results showed that the water of satisfactory quality perspective Nitrates, Nitrites, Iron and chlorine free and total. While the total hardness exceeds 50 ° F (standard recommends for poultry) for 30% of wells analysis even Chloride levels are elevated in 75% of wells analysis.

On the bacteriological results showed that the bacteriological contamination of well water is considered almost universal. This is manifested by pollution levels far exceeding the quality standards of drinking water for poultry use (French GAAP).

Keywords: Well, Water, Poultry, Physical Chemistry, Bacteriology.

INTRODUCTION

L'eau est une ressource naturelle précieuse et essentielle pour de multiples usages (domestiques, industriels et agricoles). Sa qualité est un facteur influençant l'état de santé et la mortalité à la fois chez l'homme et les animaux (Kazi et al., 2009).

L'eau élément majeur et indispensable à toute forme de vie, est utilisée à plusieurs fins en aviculture : Abreuvement ; Vecteur thérapeutique (Médicaments et vaccins) ; Véhicule des désinfectants. C'est alors que sa

qualité prend une place de choix dans l'assurance de la qualité du produit et de la productivité de l'élevage, mais malheureusement l'éleveur y prête peu d'attention (Bengoumi et al., 2001).

Une eau de mauvaise qualité peut non seulement causer de nombreux échecs thérapeutiques, mais aussi, être un facteur prédisposant de tout un éventail de pathologies de diverse étiologie (chimique, bactérienne, virale et parasitaire (Mouhid et al., 2004).

L'analyse de l'eau de boisson des volailles est une préoccupation relativement récente dans notre pays. Un certain nombre de travaux d'ordre physico-chimiques, limités à la qualité physico-chimique de l'eau et la solubilité de certains antibiotiques, ont été réalisés (Traouré, 2000 ; Coulibaly, 2000 ; Bengoumi et al., 2001 ; Akchour, 2003 ; El Hraiki, 2004 ; Tarik, 2005).

La réussite d'un élevage avicole dépend en grande partie de la qualité de l'eau de boisson distribuée aux volailles. Dans les conditions d'élevage bien maîtrisées les effets néfastes d'une eau de mauvaise qualité peuvent passer inaperçus, mais dans les conditions peu maîtrisées, ses effets sont des plus sentis et se répercutent essentiellement à trois niveaux ; d'abord sur la santé et la production et ensuite sur l'efficacité de l'antibiothérapie en particulier par l'effet des eaux dures.

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de certains puits, utilisées comme eau de boisson pour les volailles dans la région de Meknès, ainsi que leur impact sur la santé et la production. Le choix de cette région a été dicté par la rareté des travaux dans la thématique et l'objectif primordial c'est d'étendre l'étude de la qualité de l'eau sur l'ensemble du territoire national.

MATERIELS ET METHODES

Milieu d'étude

La région étudiée est localisée dans la région de Meknès qui se situe à une altitude de 500 m environ, sur le plateau de Saïs, entre le Moyen-Atlas au sud et les collines pré-rifaines au nord (Figure1). Notre zone d'étude fait partie de bassin de Saïs couvre une superficie totale de l'ordre de 6000 km² (coordonnées Lambert: 467 < X < 552 km et 320 < Y < 390 km). Le bassin de Saïss s'allonge de l'Est à l'Ouest entre la chaîne rifaine au Nord et le Moyen Atlas au Sud sur 80 km, Depuis la ville de Fès à l'Est jusqu'à l'Ouest de la ville de Meknès.

Par sa situation géographique entre deux domaines montagneux au nord du Maroc, le bassin est sous un étage climatique méditerranéen avec un climat semi-aride à hiver tempéré et humide et à été chaud et sec dans un régime semi-continental. La pluviométrie est parmi les paramètres ayant une grande utilité pour la définition des différents paramètres climatiques. Les précipitations moyennes annuelles du bassin sont en moyenne de 600 mm avec un maximum

de 1000 mm sur les hauteurs plus au nord dans le rif et un minimum de 300 mm et les vallées du Beht. Dans le bassin de Saïss, la température maximale moyenne annuelle est de l'ordre de 23 °C alors que la température minimale est d'environ 11°C (ABHS, 2006).

D'un point de vue géologique, le bassin de Saïss est un bassin néogène qui fait partie du sillon sud-rifain. D'après Cirac (1985), le sillon sud-rifain s'est individualisé au Tortonien inférieur suite à l'importante phase de distension qui a affecté l'ensemble de l'arc de Gibraltar. Le rejeu de failles bordières a entraîné par la suite l'enfoncement des bordures septentrionales de la Méséta à l'Ouest et le Moyen Atlas à l'Est. A ces jeux de failles, s'ajoute la surcharge sédimentaire due à l'érosion de l'arrière pays en remontée isostatique, pour concourir au développement du sillon et de sa subsidence (Amraoui, 2005).

Au plan hydrogéologique, il existe deux principales formations aquifères dans la région : les calcaires et les calcaires dolomitiques liasiques et les calcaires lacustres et sables fauves plio-quadernaires (Essahlaoui, 2000). Les ressources en eau souterraine de bassin de Saïss constituent une part importante du patrimoine hydraulique du bassin du Sebou et représente environ 20% du potentiel national. Les eaux souterraines de Saïss jouent un rôle déterminant dans le développement socio-économique de la région (ABHS, 2006).

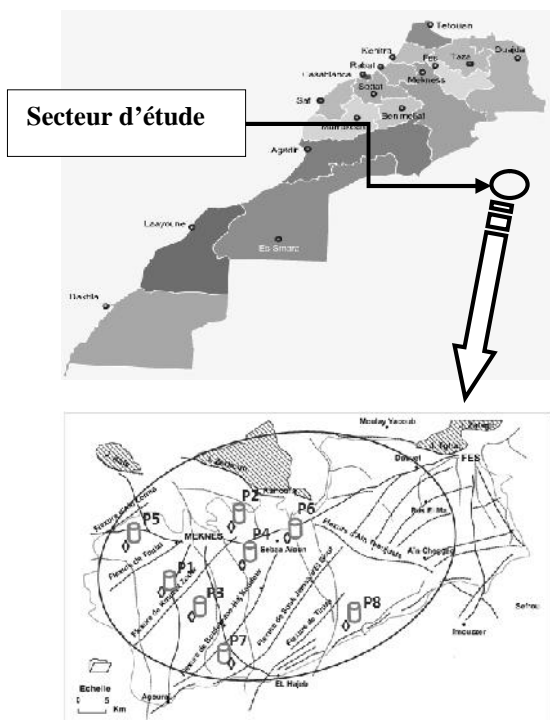


Figure 1 : Carte de la situation géographique de la zone d'étude et les stations de prélèvements

Dans le but de mieux apprécier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux souterraines de notre zone d'étude, notre travail à été réalisé au niveau de 8 puits à savoir :

- P1 : situé à la commune rurale Majjate
- P2 : situé à la commune rurale Sidi Slimane Moul kifane
- P3 : situé à la commune rurale Majjate
- P4 : situé à la commune rurale oued jdida
- P5 : situé à la commune rurale Ait oullal à Ain lorma
- P6 : situé à la commune rurale Sabaa Aioun
- P7 : situé à la commune rurale Ait Harzallah à El hajeb
- P8 : situé à la commune rurale Meknès Ait Bourzonine à El hajeb

Méthodes de prélèvements et analyses

Les données présentées dans cette étude proviennent d'une campagne de prélèvement d'eau effectuée sur l'ensemble de huit stations (puits) pendant la période estivale en 2011. Pour réaliser ce travail, nous avons procédé à un échantillonnage aléatoire des élevages avicoles qui sont plus ou moins dispersés dans les différentes régions de notre zone d'étude. Deux prélèvements ont été effectués dans chaque exploitation : L'un pour l'analyse bactériologique et l'autre pour l'analyse physico-chimique. Une fois les analyses in-situ (Le pH et la température) terminées, les bouteilles sont conservées dans une glacière à 4°C et transportées au laboratoire, pour une analyse physico-chimique et bactériologique dans les 24 qui suivent. Les coordonnées géographiques des puits ont été obtenues à l'aide d'un GPS.

La caractérisation physico-chimique des échantillons des eaux souterraines a été réalisée suivant des méthodes standardisées. La température, le pH ont été mesurés in situ à l'aide d'un appareil portable (WTW pH 330i : set), ainsi que la salinité a été mesuré sur place l'aide d'un appareil portable (SALT Scan : waterproof). Les autres facteurs indicateurs d'une pollution organique et minérale ont été analysés au laboratoire selon les méthodes d'analyses préconisées par AFNOR et (Rodier, 2009). Dureté totale (Ca²⁺ et Mg²⁺), Chlorures, Nitrates, Nitrites, le Fer, chlore total et le chlore libre ont été dosés à l'aide d'un spectrophotomètre (type DR 2800).

Les paramètres microbiologiques des eaux des puits échantillonnés sont déterminés par la méthode de filtration sur membrane. Les germes totaux (FMAT) sont dénombrés après une incubation de 24 h et 48 h à 22°C et 37°C, par la technique d'incorporation. Cette technique, consiste à incorporer 1mL d'échantillon dans une boîte de pétri stérile puis faire couler le milieu PCA.

Il n'existe pas, au Maroc à ce jour, de normes officielles des concentrations des différents paramètres présents dans l'eau en matière d'élevage avicole. La seule norme officielle concerne l'eau destinée à la consommation humaine.

Nous pouvons signaler des valeurs de référence proposées en France pour les élevages avicoles, comme normes de qualité de l'eau de boisson à usage avicoles (Normes françaises).

Traitement statistiques des données

Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques ont été analysés d'un point de vue statistique. Il s'agit de l'étude de la distribution des éléments suscités dans un histogramme. Cette approche permet de ressortir quelques caractéristiques des eaux souterraines.

RESULTATS ET DISCUSSION

Paramètres physico-chimiques

L'examen des valeurs et la distribution des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de la région de Meknès mettent en évidence les principaux points suivants (figure 2 et 3):

Les valeurs de température des eaux souterraines de la région de Meknès prélevée dans les puits de profondeurs oscillant entre 27 et 80 m, sont comprises entre 16,2°C et 20,8°C (Figure 2 A). Lorsque la température baisse, la consommation d'eau diminue ; la quantité totale de contaminants ingérés est alors moins importante que lorsque la température est plus élevée. Par conséquent, les volailles tolèrent une eau plus concentrée en contaminants si la température est basse que si elle est haute (Wages, 1993). Le pH de ces eaux est légèrement variable, il oscille entre 7,2 et 7,9 (Figure 2 B). Les eaux des puits analysés est légèrement basiques ($7,2 < \text{pH} < 7,9$) pour les différent puits étudiés.

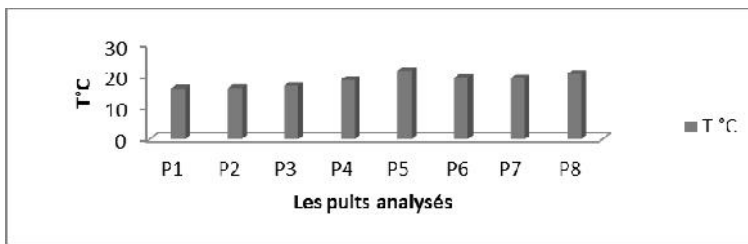
Le pH est un paramètre très sensible à divers facteurs environnementaux, il dépend aussi des variations de la température, de la salinité, du taux de CO₂ dissous. Il dépend aussi de la nature géologique du terrain (Azami, 1996 in Aboukacem et al., 2007). Ces valeurs pourraient être aussi expliquer par la profondeur des puits (40 mètres) qui favorise le contact de l'eau avec l'air ambiant ce qui augmente la valeur du pH (Bengoumi et al., 2001).

La dureté de l'eau a été déterminée avec le titre hydrotimétrique total (DT) .Les eaux de la nappe de la région de Meknès sont caractérisées par une dureté totale élevée notamment au niveau des puits P1, P4 et P6 avec respectivement 69,5; 51 et 48,5mg/L (Figure 2 C). Ces valeurs élevée (>30°F) pourraient être expliquées par la structure géologique des sols traversés de la région de

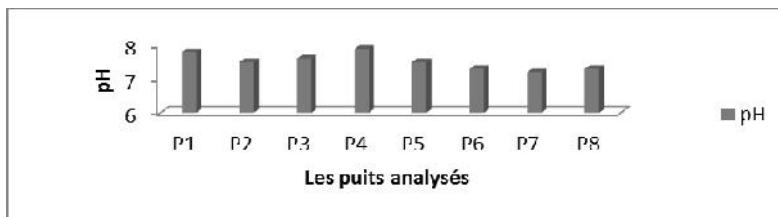
Meknès, la nappe phréatique est constituée principalement par les sables, les conglomérats et localement par les calcaires lacustres (Essahlaoui, 2000). Alors qu'une salinité élevée a été enregistrée au niveau du puits P4 (0,6 ppt) (Figure 2 D).

Les ions chlorures sont plus abondants dans les eaux souterraines de cette région. Ces teneurs varient entre 42,6 mg/L et 198,8 mg/L, plus de 75% des puits analysés présentent des concentrations supérieures à la norme admise (50 mg/L) (Figure 2 E). Plusieurs puits ont des teneurs très critiques (valeurs largement supérieures aux normes admises). Nous constatons que ce paramètre affiche des valeurs élevées au niveau des puits P1, P3, P4 et P5. Andrew et al.(2009) ont mentionné que les ions chlorures, à une concentration supérieure à 50 mg/L, altère la saveur de l'eau, ce qui peut entraîner une diminution de la consommation d'eau.

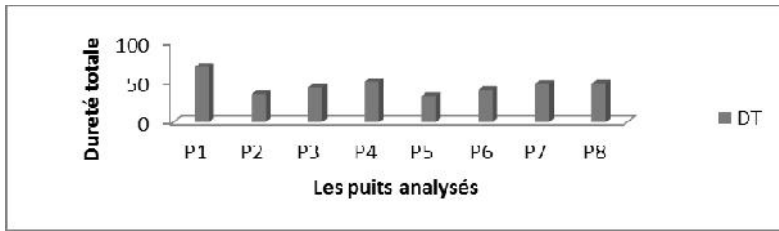
Sur la base des résultats obtenus le Fer, Nitrates et Nitrites enregistrent des valeurs inférieures aux normes recommandées à usage avicoles (Normes françaises) respectivement (0,2 mg/L, 0,1 mg/L, 50 mg/L) (Figure 3 F, G et H). Les puits étudiés présentent une concentration acceptable en chlore libre et chlore totale, respectivement P4 ; P6 (0,01 mg/l) et P7 (0,14 mg/l) (Figure 3 I et J). Toutes les valeurs enregistrées ne dépassent pas les normes recommandées. Les volailles peuvent même tolérer un surdosage important de cette substance sur une courte période, avec des effets minimes ou inexistantes sur la production (Andrew et al., 2009).



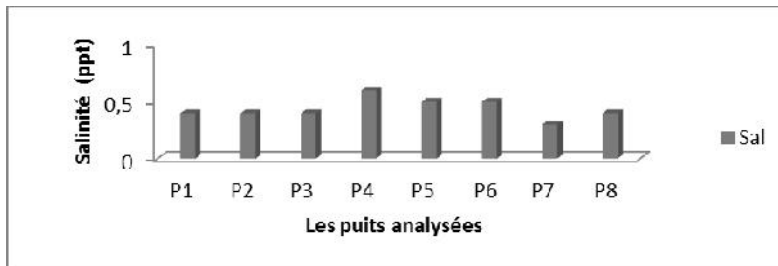
A



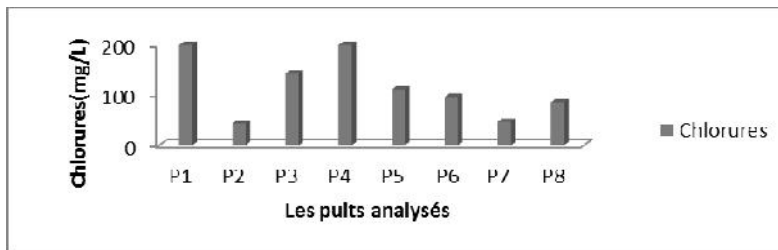
B



C

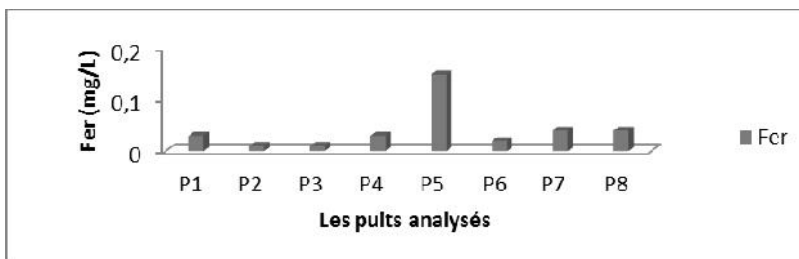


D

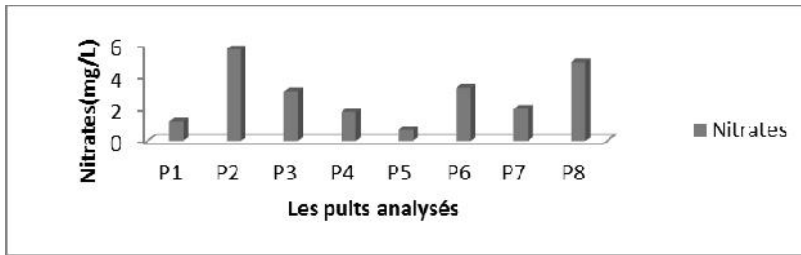


E

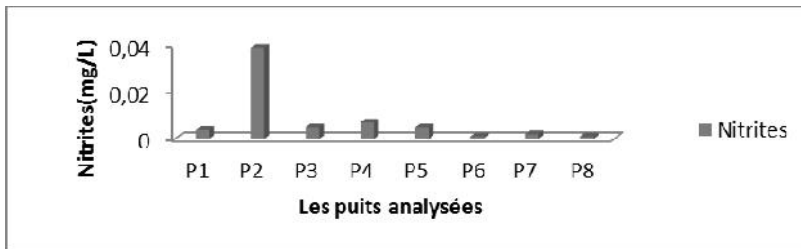
Figure 2 : Histogrammes des paramètres physico-chimiques des 8 puits analysés



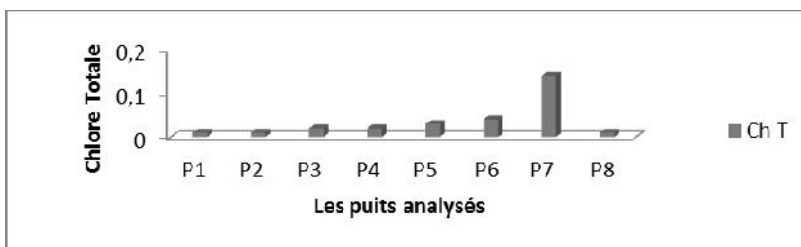
F



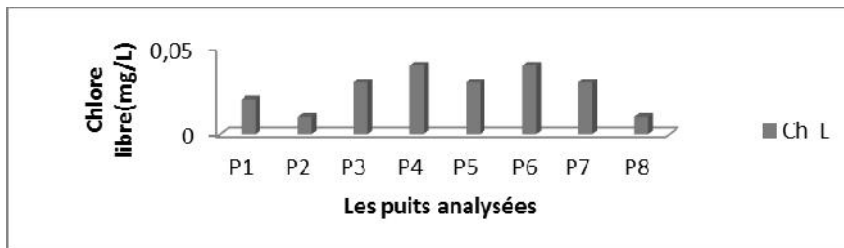
G



H



I



J

Figure 3 : Histogrammes des paramètres physico-chimiques des 8 puits analysés

Paramètres bactériologiques

La concentration de la flore aérobie mésophile totale, à 37 °C, varie entre une valeur maximale de 4800 UFC/mL enregistrée dans le puits P3 et une valeur minimale de 5 UFC/mL enregistrée au niveau des puits P6 et P7. À 22 °C, la valeur minimale est enregistrée dans le puits P7 d'une concentration de 160 UFC/mL, tandis que la valeur maximale est enregistrée dans le puits P3 d'une concentration de 3120 UFC/mL (Figure 4 A).

En ce qui concerne les *Coliformes totaux*, la concentration minimale est obtenue au niveau du puits P6 (1 UFC/100mL). Tandis que la concentration maximale est obtenue au niveau du puits P2 (2605 UFC/mL). En se référant aux normes recommandées à usages avicoles (normes françaises, 2001), la majorité des analysées durant cette étude ne sont pas admissibles à la consommation des volailles. Nous notons une élévation des totaux dans certains puits comme les puits P2, P3, P4 et P8 (Figure 4 B).

Pour l'ensemble des échantillons analysés, le nombre de *streptocoques fécaux* varie de 10 UFC/100ml à 3480 UFC/mL. Ce nombre de streptocoques fécaux dépasse largement les normes recommandées par les normes françaises (0 UFC/mL) (Figure 4 B). La recherche des *streptocoques fécaux* est un paramètre de confirmation de la nature fécale de pollution. Donc si l'on trouve dans un échantillon d'eau des organismes du groupe coliformes mais pas d'*E.Coli*, l'identification de *streptocoques fécaux* donnera une confirmation importante du caractère fécal de pollution (OMS, 1994).

La numération des *Coliformes fécaux* varie entre une concentration maximale enregistrée au niveau du puits P2 (1 UFC/mL). Tandis qu'une concentration minimale est enregistrée au niveau des puits P1, P5, P6 et P7 (2805 UFC/mL) (Figure 4 B).

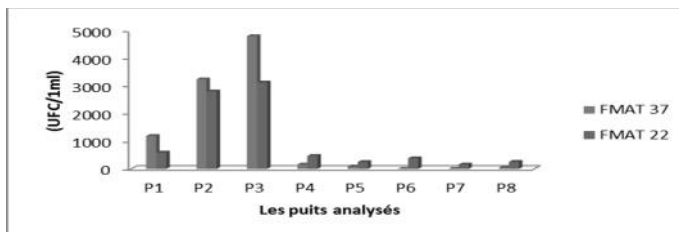
La quantification de la flore de contamination fécale, nous a permis de suivre l'évolution du rapport *Coliformes fécaux*/ *Streptocoques fécaux* au niveau des eaux des huit puits étudiés. Les rapports trouvés restent toujours inférieurs à 0,7 ; ceci indique une origine animale de cette pollution.

Les résultats de l'analyse bactériologique des eaux ont révélé que la totalité des puits prélevés sont contaminés par de *Staphylocoques aureus*, le nombre des *Staphylocoques* avec une concentration minimale de 20 UFC/100 ml enregistrée au niveau du puits P5 et une concentration maximale de 1240 UFC/ 100 ml enregistrée au niveau du puits P2 (Figure 4 B).

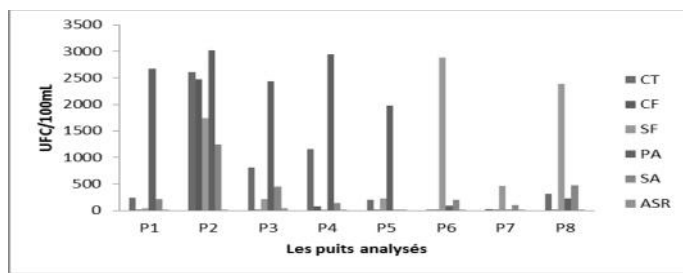
D'après les résultats obtenus, les *Pseudomonas aeruginosa*, la concentration des *Pseudomonas aeruginosa* dans ces puits varie entre une concentration minimale de 15 UFC/100 mL enregistrée au niveau du puits P7. Tandis que la concentration maximale de 3020 UFC/100 mL enregistrée au niveau du puits P2 (Figure 4 B). 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 1 à 40 UFC/100mL (Figure 4 B). Ce nombre dépasse les normes préconisées (absence dans 20mL). Elles sont normalement présentes dans les matières fécales mais en plus petite quantité que *E. Coli*. Leur absence dans une nappe souterraine ou une nappe alluviale est un signe d'efficacité de la filtration naturelle. La présence de la spore 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 A. et al., 2006).

La forte contamination bactériologiques des puits pourrait être due à : la mauvaise protection des puits (puits à ciel ouvert). Par ailleurs, les puits de notre zone d'étude connaissent de fortes pollutions en indicateurs de contamination fécale, en accord avec ceux trouvés par Boutin et Dias (1987) pour la nappe de Marrakech. Les eaux superficielles chargées en microorganismes s'infiltrant dans le sol sablonneux, parviennent à la nappe sans avoir bénéficié d'une filtration efficace, et occasionnent une multitude de pollutions ponctuelles. Boutin (1987) a mentionné également que l'eau d'une nappe phréatique est d'autant plus vulnérable que le sommet de la nappe est proche de la surface du sol, que les terrains qui surmontent l'aquifère sont perméables et que les sources superficielles de pollution sont importantes. En outre Les nappes superficielles, accessibles par les puits, apparaissent fortement contaminées par des matières organiques d'origine humaines et animales. La qualité bactériologique des eaux des puits met en évidence la contamination de la nappe phréatique par des pollutions avoisinantes (terres agricoles, élevage des bétails, existence des fausses septiques).



A



B

Figure 4 : Histogrammes des paramètres bactériologiques des 8 puits analysés

Effets sur la santé et la production

Impact des paramètres physico-chimiques

- **Effets du potentiel d'hydrogène (pH)**

Les eaux acides sont à l'origine de trouble urinaire et digestif chez la volaille. Un pH acide entraîne une fragilisation de la coquille et du squelette chez la pondeuse. Pour ce qui est des eaux basiques, elles affectent les performances et entraînent la prolifération intestinale de bactéries pathogènes (CARTER, 1996 ; VILLATE, 1997).

- **Effets de la dureté totale (DT)**

L'effet des eaux dures sur la santé est controversé. En effet, pour Travel et al. (2006), une eau dure peut entraîner une formation de complexe insoluble entre les ions calcium, magnésium et les molécules actives des antibiotiques (Tétracycline notamment). Cependant, Villate (1997) a rapporté des cas d'irrigations intestinales de picage et de cannibalisme suite à la consommation d'une eau à dureté élevée (TH > 30 °F). Les eaux ayant une dureté magnésienne très élevées sont à l'origine d'une accélération de transit intestinal chez la volaille (Villate, 1997).

Effets bactériologique

Les coliformes et les *streptocoques fécaux* sont des germes commensaux du tube digestif de l'homme et des animaux. Leur présence dans l'eau signifierait une contamination d'origine fécale et indiquerait une présence éventuelle de

germes pathogènes (*salmonelles, pasteurelles...*). Une eau non potable sur le plan bactériologique est souvent à l'origine de diarrhée, de problèmes respiratoires et de patte chez la volaille (Villate, 1997).

Effets sur la thérapeutique

La qualité physico-chimique de l'eau peut être à l'origine de sérieux problèmes économiques. Certaines eaux (pH élevé, dureté élevée) compromettent la solubilisation de certains médicaments et d'autres telles que les eaux ferrugineuses peuvent être responsables de l'inactivation de la plupart des vaccins vivants ; ce qui influencent absolument la rentabilité dans les élevages avicoles.

CONCLUSION

L'objectif de ce travail est la caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux de 8 puits dans la région de Meknès, cette eau destinée à l'usage avicole.

Les critères de qualité d'une eau de boisson dans les élevages avicoles influencent considérablement la réussite d'un élevage et conditionne sa rentabilité. Les résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau, ont montré que le pH, la température, les nitrates, les nitrites, le Fer, la salinité, le chlore libre et le chlore total peuvent être considérés admissibles et ne présentent aucun danger pour la consommation chez les volailles. Cependant le problème réside dans les niveaux de la dureté totale et en ions chlorures qui sont supérieures aux normes de 50° F et 50mg/L respectivement selon les normes françaises à usage avicoles. Ces résultats peuvent avoir un impact sur la solubilité des antibiotiques utilisés comme vaccin pour les volailles.

Notre étude sur la pollution des eaux de certains puits dans les élevages avicoles de la région de Meknès, nous a permis aussi de conclure que la contamination bactériologique des eaux de puits étudiés est presque générale. Cette pollution se manifeste par des teneurs dépassant largement les normes de qualité de l'eau de boisson à usage avicoles (Normes françaises, 2001). Ce qui peut avoir un impact sur la santé des volailles par certaines maladies respiratoires ou digestives.

Les causes de cette pollution sont multiples ; parmi lesquelles nous pouvons citer: la mauvaise protection des puits, la mauvaise conception des fosses septique, et la présence des sources de pollution, tel que les dépôts de fumier des volailles à proximité des puits étudiés.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABOULKACEM A., CHAHLAOUI A., SOULAYMANI A., RHAZI-FILALI F., BENALI D. (2007). Etude comparative de la qualité bactériologique des eaux des oueds Boufekrane et Ouislane à la traversée de la ville de Meknès (Maroc), REMISE, vol.1, N°1, 10-22.
- AFNOR (Agence française de Normalisation). (1997). Qualité de l'eau. Tome1: Terminologie, échantillonnage et évaluation des méthodes », 3^{ème} édition, Paris, France, 439p
- ABHS (Agence du bassin hydraulique du Sebou). (2006). Débat Nationale sur l'eau. Rapport., 48p
- AMRAOUI F. (2005). Contribution à la connaissance des aquifères karstiques : cas du liais de la plaine du Saiss et du Causse moyen Atlasique Tabulaire (Maroc). Thèse d'état, Université Hassan II, Casablanca, Maroc, 258p.
- ANDREW A et al., (2009). La qualité de l'eau d'abreuvement du bétail : Guide de terrain relatif aux bovins, aux chevaux, à la volaille et aux porcs, 185pp
- AKCHOUR M. (2003). Qualité physicochimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille. Thèse de doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat(Maroc) ,173p.
- BENGOUMI M. et al. (2004). qualité de l'eau en avicole, Revue trimestrielle d'information scientifique et technique-Volume 3-numéro 1, 5-29.
- BARKOK A. (2007). Structure et importance des secteurs avicoles commercial et traditionnel au Maroc, Revue du secteur avicole du Maroc, 21- 29.
- BOUTIN C., DIAS N. (1987). Impact de l'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech sur la nappe phréatique. Bull. Fac. Sc. Marrakech, Sér. Biol. 2 : 5-27
- BOUTIN C. (1988). L'eau des nappes phréatiques superficielles, une richesse naturelle vitale mais vulnérable. L'exemple des zones rurales du Maroc. Bull. Cons. Régional Tensift de l'Ordre Nat. des Médecins, Rabat, 2, 15-23.
- CHAHLAOUI A. (1996). Etude hydrobiologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'Environnement et la santé. Thèse d'état faculté des sciences Meknès, 234pp.
- COULIBALY B. (2000). Qualité de l'eau et utilisation des médicaments vétérinaires en aviculture. Thèse de doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc, 91pp.
- 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 d'état, Université Mohammed VI, Rabat, Maroc, 258p.
- GALES P. et BALEUX B. (1992). Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (*Salmonella*) contamination of a Mediterranean lagoon (the Thau lagoon-France) and the survival of this bacteria in brackish water. Water Sci. Technol. 25, p : 105-114.

- GIBERT J., DANIELOPOL D.L., STANFORD J A. (1994). Groundwater Ecology. Academic Press, New York, 572 pp.
- HARMOUZI O. (2010). Reconnaissance détaillée de la partie nord-est du Bassin de Saïss (MAROC): interprétation de sondages électriques verticaux par combinaison des méthodes statistique, géostatistique et d'inversion, Thèse d'état. Univ. Moulay Ismail Meknès, 323pp
- JAGALS P., GRABOW W.O.K., DE VILLIERS J.C. (1995). Evaluation of indicators for assessment of human and animal faecal pollution of surface runoff, Wat. Sci.Tech., 31(1995) p: 235-241
- KAZI T. G., ARAIN M. B., JAMALI M. K., JALBANI N., AFRIDI H. I., SARFRAZ R. A., BAIG J. A., SHAH A. Q. (2009). Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. Ecotoxicology and Environmental Safety 72, 301-309.
- MERZOUG D., KHIARI A., AÏT BOUGHROUS A., BOUTIN C. (2010). Faune aquatique et qualité de l'eau dans les puits et sources de la région d'Oum-el-Bouaghi (Nord-est algérien). Hydroécologie appliquée, Paris, 17, 1-22.
- MONTIEL A. (2007). Qualité de l'eau en élevage avicole, Septièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 28 et 29 mars 2007, 455-463.
- RODIER J. et al. (2009). L'analyse de l'eau, 9^e édition. DUNOD (éditeur), Paris, France.1579 p.
- OMS (1994). Directives de qualité pour les eaux de boisson; Volume 1- Recommandation. Organisation mondiale de la santé 2e édition.
- TARIK A. (2005). Qualité physicochimique de l'eau de boisson et la solubilité de certains médicaments utilisés chez la volaille dans certaines régions du Maroc. Thèse de doctorat vétérinaire IAV Hassan II. Rabat. Maroc, 85 pp.
- TRAVEL A. et al. (2006). Attention à la qualité de l'eau de boisson, Réussir Aviculture, Nov. 2006, N° 121, 21-23.
- TRAVEL A. et al. (2007). Facteurs de variation de la qualité bactériologique de l'eau en élevage de dindes, Septièmes Journées de la Recherche Avicole, Tours, 28 et 29 mars 2007, p : 536-540
- TALTASSE P. (1953). Recherche géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fès-Meknès. Notes et Mémoire, n° 115, Service de géologie. Rabat, Maroc, 300 p.
- VILLATE D. (1997). Maladies des volailles .2^{ème} Edition, France Agricole, Paris, 86-97.
- VAN DER SLUIS W. (2002). Water quality is important but often over estimated, World poultry, 26-27.