

Qualité physicochimique et bactériologique de trois stations thermales dans les régions de Fès, Maroc

**Asmae HOUTI¹, Kawtar FIKRI BENBRAHIM¹, Abdelhakim EL OUALI LALAMI³,
Latifa ZBADI³ et Saâd RACHIQ^{2*}**

¹ *Laboratoire de Biotechnologie Microbienne, Faculté des Sciences et Technique-Fès,
Université Sidi Mohamed ben Abdellah, Fès, Maroc*

² *Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Faculté des Sciences et Technique-Fès,
Université Sidi Mohamed ben Abdellah, Fès, Maroc*

³ *Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu,
Direction Régionale de la Santé, Hôpital EL Ghassani, Fès, Maroc*

* Correspondance, courriel : rachiqs@yahoo.com

Résumé

Les sources thermales au Maroc constituent une richesse inestimable et sont fréquemment exploitées par la population pour différents usages. Cette dernière peut être exposée à des risques de contamination par des germes pathogènes dans les stations thermales mal entretenues. C'est dans ce cadre qu'une étude portant sur la qualité physicochimique et bactériologique de trois sources situées près de la ville de Fès : Sidi Harazem, Moulay Yaâcoub et Ain Allah a été réalisée. Les prélèvements d'eau effectués mensuellement entre Octobre 2012 et Mars 2013 dans les trois stations et à différents points, ont été analysés selon des protocoles standardisés conformément aux normes. Les résultats ont montré que les paramètres physico-chimiques des eaux des trois stations prélevées au niveau des fontaines et du réservoir répondent aux normes marocaines en vigueur. Les analyses bactériologiques ont montré l'absence des germes pathogènes dans les eaux de fontaine des trois stations étudiées. Les eaux de piscine de la station Ain Allah ont présenté, une forte contamination par la flore mésophile et les indicateurs de pollution fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les streptocoques fécaux) par rapport aux eaux de piscine de la station Moulay Yaâcoub qui présentent des densités très faibles. Cette charge bactérienne est liée essentiellement à la fréquentation de cette station par nombre important de baigneurs durant cette saison ainsi qu'à la température qui favorise la croissance des micro-organismes. L'utilisation de ces eaux pour la baignade pourrait être à l'origine de maladies transmises par les eaux de baignade. Ces piscines doivent donc être soumises à un contrôle régulier de la charge et de la nature de la flore microbienne de leurs eaux.

Mots-clés : *sidi harazem, moulay Yaâcoub, ain allah, physico-chimie, bactériologie, fès, Maroc.*

Abstract

Physicochemical and bacteriological quality of three spas in Fez region (Morocco)

Hot springs in Morocco are an invaluable wealth and are frequently used by the population for different purposes. The latter may be exposed to the risk of contamination by pathogens in poorly maintained spas.

It is in this context, a study of the physico-chemical and bacteriological quality of three springs near Fez city: Sidi Harazem, Moulay Yaâcoub and Ain Allah was performed. Water samples collected monthly between October 2012 and March 2013 in the three stations and at different points were analyzed according to standardized and normalized protocols. The results showed that the physico-chemical parameters of the three station's waters collected from fountain and reservoir meet Moroccan standards (NM 03.07.001/2006). Bacteriological analysis showed the absence of pathogens in the fountain's water of the three studied stations. The swimming pool's water of Ain Allah station presented a strong contamination by mesophilic flora and by faecal pollution indicators (total coliforms, fecal coliforms, *Escherichia coli* and faecal streptococci) comparing to the water of Moulay Yacoub station swimming pool which exhibit very low bacterial densities. This bacterial density is mainly related to the large number of bathers in this station during this season and also to the temperature that promotes the microorganism's growth. The use of these waters for swimming could be the cause of diseases and illness transmitted by bathing waters. These swimming pools must be subject to regular monitoring of the density and the nature of their water's microbial flora.

Keywords : *sidi harazem, moulay yaâcoub, ain allah, physico-chemical, bacteriology, fez, Morocco.*

1. Introduction

Le Maroc possède une réserve en eau souterraine non négligeable qui se manifeste sous forme de résurgences d'eau douce émergeant entre les formations argileuses sous-jacentes triasiques et celles de la plateforme carbonatée jurassique du domaine atlasique. Ce dernier constitue le plus grand réservoir en eau dans ce pays. Cette réserve en eau alimente de nombreuses sources thermales sourdant soit au niveau des formations carbonatées jurassiques des Rides Sud Rifaines, soit dans les formations tertiaires à dominance marneuse du domaine Rifain et du Sillon Sud Rifain. Ces sources chaudes constituent un système hydrothermal dans la partie occidentale d'une ceinture orientée Est-Ouest allant depuis le Maroc jusqu'en Tunisie [1]. La composition physico-chimique d'une eau minérale naturelle lui confère des propriétés favorables à la santé [2], en effet elle est liée à son parcours souterrain, à sa profondeur, au temps de transit et à la variété des roches du sous-sol. Ainsi, la profondeur exerce un effet sur la température alors que le temps de transit affecte la minéralité.

En plus, l'eau peut aussi s'enrichir, en profondeur, en gaz (CO_2 , H_2S) selon la nature de la roche [3]. En outre, les eaux souterraines, souvent protégées géologiquement, sont exposées à des pollutions agricoles, industrielles et / ou urbaines ce qui provoque une modification de leur composition physico-chimique [4]. A cause de l'augmentation de l'utilisation de ces eaux dans la dernière décennie, plusieurs travaux se sont intéressés à l'étude de la qualité hygiénique de ces eaux dans différentes régions du monde, telles que les études hydrogéologiques réalisées en Turquie s'intéressant à la composition minérale des zones géothermales de Karahayit [5]. L'étude des conditions hydrogéologiques, géothermiques et l'analyse géochimique des eaux thermales du Nord-Ouest algérien [6]. Afin de prévenir le risque sanitaire lié à l'utilisation de ces eaux auprès des curistes, nous avons étudié sa qualité physico-chimique et bactériologique durant la période allant du mois d'Octobre 2012 au mois de Mars 2013 selon des protocoles standardisés conformément aux normes.

2. Matériel et méthodes

2-1. Stations étudiées

La station thermale Ain Allah est située à 15 km au Nord-Ouest de la ville de Fès. Sa source est extraite par un forage artésien à 1650 m de profondeur localisée dans le domaine Douyet (34°3'0" N et 5°6'36" W). L'eau de cette source est destinée à l'alimentation de la fontaine et les piscines qui sont ouvertes à la baignade publique. Cet établissement thermal est constitué d'une fontaine d'eau de boisson, des douches au jet et de deux larges piscines l'une pour les hommes et l'autre pour les femmes. La nouvelle station thermale de Moulay Yaâcoub située à 25 km au Nord West de la ville de Fès, à 34°5'28.00" N et à 5°10'58.50"W présente un débit au niveau des sources qui peut dépasser les 70 l/s. Ses eaux thermales circulent à des profondeurs comprises entre 1,2 km et 6,4 km. Cet établissement thermal est constitué, des douches au jet, d'une piscine pour les femmes, et de deux autres larges piscines mixtes. Le complexe hydrothermal de Moulay Yaâcoub s'étend sur une superficie de 300 hectares. Il comporte un griffon principal et six résurgences secondaires. Le volume des roches gorgées d'eau dépasse 500 000 m³. La station Sidi Harazem se trouve à environ 30 km à l'Est de la ville de Fès (728 m d'altitude, à 34°1,532' de latitude et à 4°52,929' de longitude). L'eau de cette source est destinée à l'alimentation de deux fontaines d'eau de boisson et de la piscine.

2-2. Prélèvements

Les prélèvements ont été effectués entre le mois d'Octobre 2012 et le mois de Mars 2013. Les points de prélèvements choisis sont les suivants : Au niveau de la source, du réservoir et de la piscine mixte pour la station thermale Moulay Yaâcoub. Au niveau de la fontaine et de la piscine des femmes pour la station thermale Ain Allah. Au niveau de la fontaine pour la station thermale Sidi Harazem. Les échantillons ont été recueillis aseptiquement dans des flacons stériles de 500 mL, selon les normes de Rodier [7], transportés au laboratoire dans une enceinte isotherme à 4°C et analysés dans les huit heures qui suivent le prélèvement.

2-3. Analyses physico-chimiques et microbiologiques

L'étude physico-chimique a porté sur la mesure du pH, de la conductivité (par un conductimètre portable de type Consort K912), de la température de l'eau et sur la détermination au laboratoire de certains éléments majeurs: ammonium, Nitrates, Ortho-phosphates, azote total, phosphore total par des méthodes colorimétriques décrites par Rodier [7]. L'étude microbiologique a porté sur le dénombrement des germes totaux à 22°C et à 37°C, des coliformes totaux et des coliformes fécaux, des entérocoques intestinaux, des bactéries anaérobies sulfite-réductrices et de *Pseudomonas aeruginosa* (selon les méthodes décrites par Rodier [7]). L'étude bactériologique des eaux minérales de boisson a été effectuée selon la circulaire marocaine du 9 Mai 1983 du ministère de l'agriculture et de la réforme agraire et du ministère de la santé relative aux critères bactériologiques d'usage pour les eaux minérales naturelles.

3. Résultats et discussion

3-1. Paramètres physico-chimiques

Dans les trois stations thermales, et tous prélèvements confondus, la température de l'eau a varié de 30,0°C au niveau de la piscine d'Aïn Allah à 50,2°C enregistrée au niveau de la source de la station Moulay Yaâcoub (*Tableau 1, 2 et 3*) avec une moyenne de 40,6°C ce qui permet de classer les eaux de ces sources parmi les eaux thermales [1].

C'est la station Moulay Yaâcoub qui présente les eaux les plus chaudes, en effet, nous avons relevé, au niveau de ces eaux de source des températures variant de 43,0 à 50,2 °C avec une température moyenne de l'ordre de 46,6 °C. Au niveau du réservoir, les températures sont relativement plus faibles et ont varié de 42,0 à 47,2 °C avec une moyenne de 44,6 °C. Cette station que l'on peut qualifier d'hyperthermale [1], est la plus réputée au Maroc car ses caractéristiques thermiques font que ses eaux sont conseillées pour le traitement de maladies rhumatismales et les arthroses ainsi que pour des maladies cutanées (acné, eczéma, psoriasis entre autres). Cependant, à la différence des eaux des autres stations qui sont potables, les eaux de la station Moulay Yaâcoub ne sont pas comestibles à cause de leur forte salinité et ne sont pas recommandées pour la baignade à des personnes qui souffrent d'une pression artérielle élevée ni aux malades cardiovasculaires.

Les eaux de fontaines des stations Aïn Allah et Sidi Harazem ont des températures relativement plus faibles par rapport à celles de Moulay Yaâcoub, puisque les valeurs moyennes sont respectivement de 39,5 et 37,7 °C à Aïn Allah et à Sidi Harazem (**Tableau 1**). Ces stations sont considérées comme méso-thermales. Les températures baissent sensiblement au niveau des piscines des deux stations étudiées (Moulay Yaâcoub et Aïn Allah), puisque les valeurs moyennes passent de 46,6 °C au niveau de la source à 38,7 au niveau de la piscine pour la station Moulay Yaâcoub et de 39,5 °C au niveau de la fontaine à 32,5 °C au niveau de la piscine pour la station d'Aïn Allah (**Tableau 1, 2 et 3**). Les valeurs de pH des eaux des trois stations, tous prélèvements confondus, sont proches de la neutralité puisqu'elles ont varié de 6,6 à la fontaine de Sidi Harazem à 7,2 à la piscine Aïn Allah (**Tableau 1, 2 et 3**). Ces pH sont admissibles par la norme marocaine (03.07 001/2006) qui fixe le pH des eaux de boisson à des valeurs comprises entre 6,5 et 8,5.

La conductivité électrique enregistrée dans les trois stations, tous prélèvements confondus, a varié de 820 à 48000 µS/cm (**Tableau 1, 2 et 3**). Ce sont les eaux thermales de Moulay Yaâcoub qui présentent des valeurs de conductivités les plus élevées, elles ont varié de 45100µs/cm dans les eaux de piscine à 48000 dans les eaux de la source (**Tableau 1, 2 et 3**). Ces valeurs élevées sont liées aux formations géologiques traversées par ces eaux [8] qui leur procurent une très forte minéralisation. Pour les deux autres stations, les valeurs de conductivité sont nettement plus faibles que celles enregistrées dans les eaux thermales de Moulay Yaâcoub, elles ont varié de 820 µS /cm au niveau des eaux de la fontaine de Aïn Allah à 1649 µS /cm pour les eaux de la fontaine de Sidi Harazem. Ainsi, ce sont les eaux thermales de Aïn Allah qui sont les moins chargées en ions minéraux. Nos mesures sont comparables à celles rapportées par Salame et al. [9] à la station Ain Allah mais nettement plus inférieures que celles rapportées dans les travaux de Khayli et al. [10].

En ce qui concerne les teneurs en éléments nutritifs à base d'azote (nitrates, ammoniums et azote total) et de phosphore (ortho-phosphates et phosphore total), elles sont très faibles dans les eaux des trois stations étudiées (**Tableau 1, 2 et 3**). ce qui témoigne de l'absence de toute source de pollution. De plus, les teneurs en ces éléments restent très inférieures aux valeurs maximales admissibles par les normes marocaines, françaises ou par l'O.M.S. Sachant que ces trois stations sont situées dans une région agricole (plaine de Saïs), les faibles teneurs en ces éléments justifient les origines très profondes de leurs eaux. Des études similaires menées sur la station Sidi Harazem sont arrivées à la conclusion que les eaux de cette dernière sont de bonne qualité physicochimique et sont riches en magnésium, en calcium et en bicarbonates et répondent aux normes marocaines d'eau potable [9,10]. Ainsi, les eaux qui ont les caractères cités précédemment sont connues pour leurs vertus dans le traitement d'un grand nombre de troubles, y compris les problèmes liés au foie, à l'intestin et au système digestif [11] ainsi que les lithiases rénales.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques étudiés pour les eaux issues des deux fontaines (Ain Allah et Sidi Harazem) et du réservoir Moulay Yaâcoub

	Fontaine Ain Allah			Fontaine Sidi Harazem			Réservoir Moulay Yaâcoub		
	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
Température °C	39,53	43,9	37,5	37,71	39,2	36,4	44,6	47,2	42
pH	7,07	7,1	7	6,94	7,1	6,8	7,09	7,1	7,08
Conductivité (µS/cm)	862,33	849	820	1642,6	1649	1632	46270	47400	45500
Nitrate(mg/L)	0,030	0,060	0,001	0,055	0,06	0,003	0,0008	0,0024	0,0003
Orthophosphate(mg/L)	0,012	0,045	0,001	0,013	0,019	0,009	0,0005	0,0008	0,0004
Azote total (mg/L)	0,79	1,4	0,3	0,41	0,7	0,1	0,343	1,3	0,004
Phosphore total (mg/L)	0,015	0,03	0,01	0,03	0,05	0,03	0,0005	0,0008	0,0004
Ammonium (mg/L)	0,03	0,08	0,005	0,03	0,042	0,02	0,016	0,019	0,011

Tableau 2 : Paramètres physico-chimiques de l'eau des piscines des stations Ain Allah et Moulay Yaâcoub

	Eau de piscine Ain Allah			Eau de piscine Moulay Yacoub		
	Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
Température (°C)	32,5	36,0	30,0	38,7	39,6	37,2
pH	7,1	7,2	7,0	7,0	7,1	7,0
Conductivité électrique (µS/cm)	884	1096	840	46 250	47 300	45100
Nitrate (mg/L)	0,009	0,020	0,04	0,013	0,053	0,0001
Orthophosphate (mg/L)	0,0019	0,04	0,002	0,0008	0,0012	0,0001
Azote total (mg/L)	0,31	1,90	0	1,57	2,30	0,90
Phosphore total (mg/L)	0,006	0,010	0,003	0,001	0,001	0,000
Ammonium (mg/L)	0,041	0,090	0,004	0,015	0,020	0,003

Tableau 3 : Paramètres physico-chimiques de l'eau de la source Moulay Yaâcoub

	Moyenne	Max	Min
Température (°C)	46,6	50,2	43,0
pH	6,8	6,9	6,8
Conductivité électrique (µS /cm)	47 375	48 000	47 000
Nitrate (mg/L)	0,008	0,025	0,000
Orthophosphate (mg/L)	0,0003	0,0004	0,0002
Azote total (mg/L)	0,89	2,7	0,295
Phosphore total (mg/L)	0,0003	0,0004	0,0002
Ammonium (mg/L)	0,009	0,015	0,0004

3-2. Paramètres microbiologiques

Les résultats relatifs aux variations spatiales des concentrations en germes totaux, en indicateurs de pollution fécale et en streptocoques fécaux SF sont présentés dans le **Tableau 4** et les **Figures 1a, 1b, 2a, 2b et 2c**. Au cours de cette étude l'examen bactériologique pour l'ensemble des prélèvements a révélé des charges microbiennes dont les amplitudes des variations sont très importantes entre les différents points de prélèvement. En effet, les germes totaux présentent des concentrations variant de 1UFC/mL au niveau de la fontaine Sidi Harazem (à 22°C) au mois de Mars à 7.10^3 UFC/mL au mois d'Octobre dans la piscine Aïn Allah (37°C) (**Figures 1b et 1c**). Les concentrations des germes totaux au niveau du réservoir Moulay Yaâcoub et des deux fontaines de Aïn Allah et de Sidi Harazem sont très faibles (**Figure 1a et 1b**), les valeurs moyennes par station pour des incubations à 37°C sont de 8,0 ; 15,0 et 17,5 UFC/mL respectivement dans les eaux de la fontaine Sidi Harazem, de la fontaine Aïn Allah et du réservoir Moulay Yaâcoub (**Tableau 4**). A 22 °C ces concentrations sont relativement plus faibles avec des valeurs moyennes de 2,3 ; 4,0 et 3,0 UFC/mL respectivement dans les eaux de la fontaine Sidi Harazem, de la fontaine Aïn Allah et du réservoir de Moulay Yaâcoub (**Tableau 4**). Cependant, Salame et al ont rapportés des valeurs nulles pour la concentration des GT (à 22°C) dans l'eau de la fontaine Aïn Allah [9].

Naturellement, ce sont les eaux des piscines destinées à la baignade qui montrent la charge bactérienne la plus élevée, avec une concentration maximale observée dans la piscine de Aïn Allah (7.10^3 UFC/mL) (**Figure 1c**). L'eau de piscine Moulay Yaâcoub présente des concentrations très faibles, le maximum enregistré étant de 60 UFC seulement (**Figure 1a**). Ces dernières sont à rattacher à la propriété antiseptique de l'eau de Moulay Yaâcoub dont la charge ionique très élevée pourrait entraîner la lyse des cellules bactériennes par choc osmotique, ainsi qu'à la teneur de cette eau en hydrogènesulfites dont l'effet bactéricide dans les eaux thermales utilisées à des fins thérapeutiques a été récemment rapporté [12].

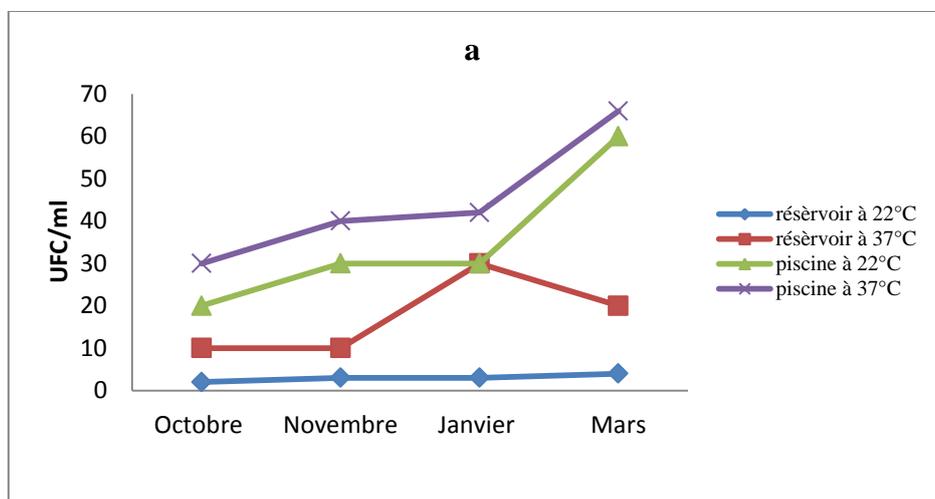
Les variations temporelles montrent que la charge bactérienne dans les eaux de piscine Moulay Yaâcoub augmente progressivement entre Octobre et Mars, puisque les concentrations sont passées de

20 à 60 UFC/mL et de 30 à 66 UFC/mL respectivement pour les incubations effectuées à 22 °C et 37°C (*Figure 1b*). Une tendance inverse a été observée pour les eaux de piscine Ain Allah où les densités des germes totaux sont plus faibles vers la fin de l'étude qu'au début (*Figure 1c*). La confrontation de nos résultats obtenus lors des prélèvements effectués sur la piscine Ain Allah avec ceux de Salame et al. [9] ont montré que la qualité hygiénique de celle-ci est très dégradée. En effet, ces auteurs ont enregistré des valeurs maximales de la charge bactérienne en été (870 UFC/mL) qui sont inférieures aux valeurs minimales enregistrées en hiver (900 UFC/mL) au cours de notre étude.

Tableau 4 : Valeurs moyennes des paramètres bactériologiques étudiés

	Eau de source MY	Eau du réservoir MY	Eau de la piscine MY	Eau de la fontaine AA	Eau de la Piscine AA	Eau de la fontaine SH
GT à 22°C (UFC/mL)	0	3	35	3	3000	2,3
GT à 37°C (UFC/mL)	0	17,5	44,5	15	4450	8
CT (UFC/100mL)	0	0	26	0	1270	0
CF (UFC/100mL)	0	0	15	0	266,5	0
SF (UFC/100mL)	0	0	33	0	600	0
ASR (UFC/100mL)	0	0	0	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (UFC/100mL)	0	0	0	0	0	0

MY: Station thermale Moulay Yacoub, AA: Station thermale Ain Allah, SH: Station thermale Sidi Harazem. (GT) : Germes Totaux; (CT) : Coliformes Totaux; (CF) : Coliformes Fécaux; (E. coli) : Escherichia coli; (SF) : Streptocoques Fécaux; (ASR) : Anaérobies Sulfite-Réducteurs.



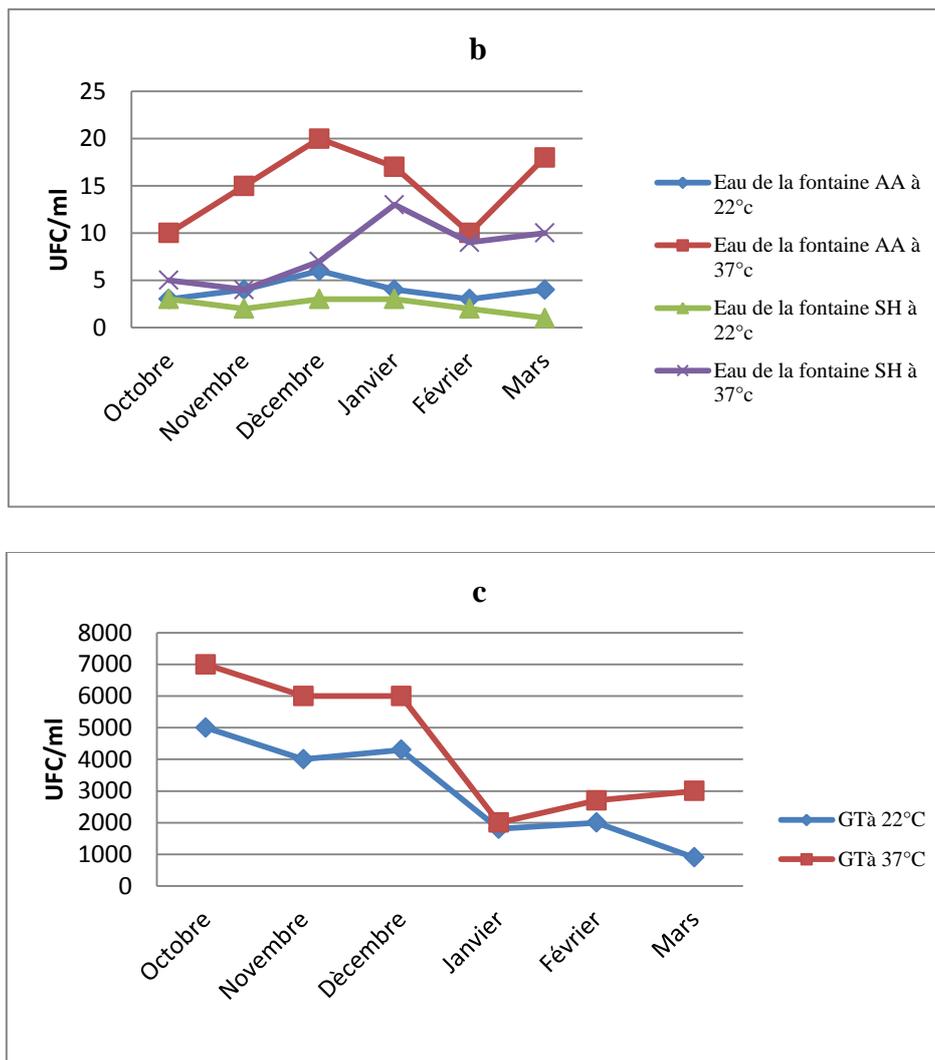


Figure 1 : *Évolution temporelle de la concentration des germes totaux dans les eaux du réservoir et de la piscine Moulay Yaâcoub (a), des fontaines Ain Allah et Sidi Harazem(b) et de la piscine Ain Allah(c). (GT): Germes Totaux; (CT): Coliformes totaux. MY: Station thermale Moulay Yaâcoub, AA: Station thermale Ain Allah, SH: Station thermale Sidi Harazem.*

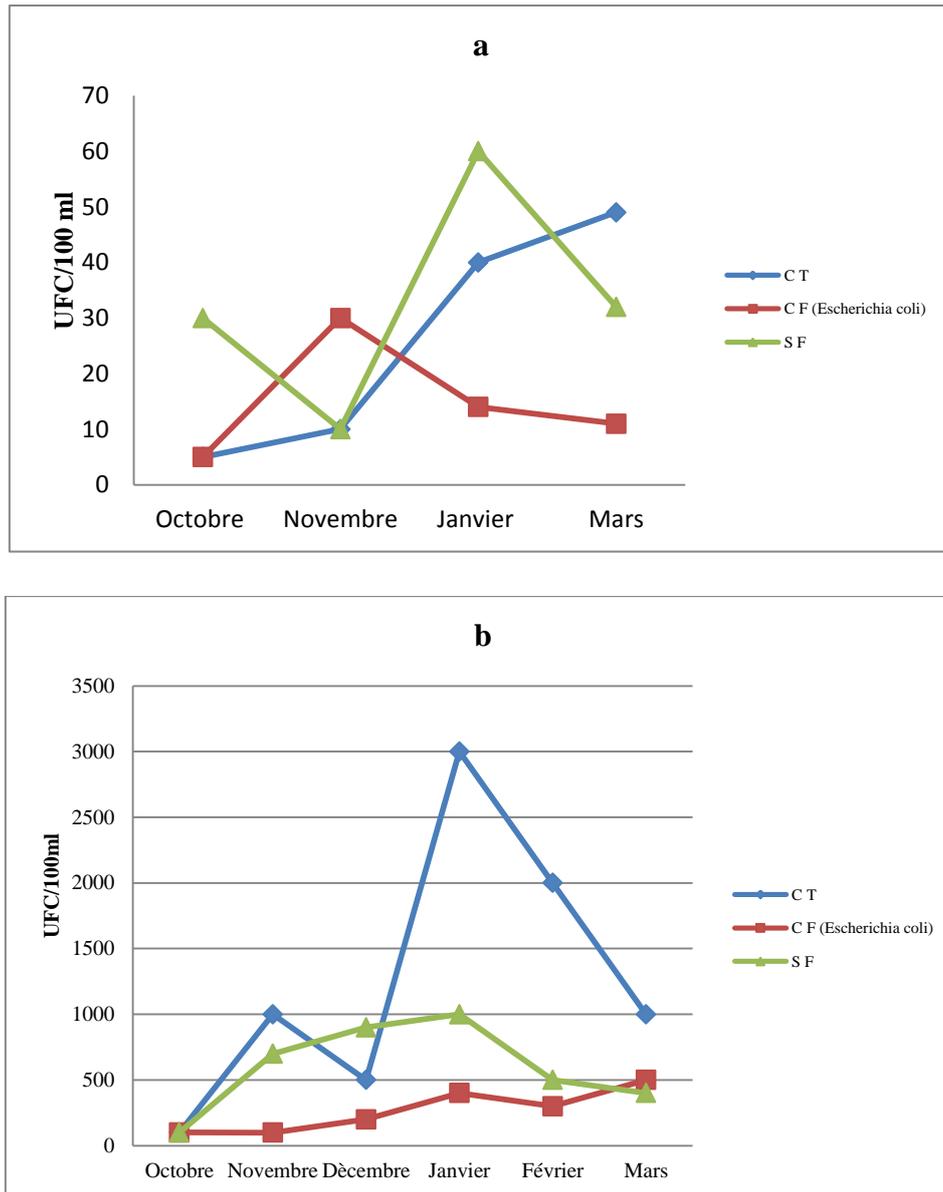


Figure 2 : *Évolution temporelle de la concentration des germes indicateurs de la pollution fécale dans les eaux des piscines Moulay Yaâcoub (a) et Aïn Allah (b). (CT) : Coliformes Totaux; (CF) : Coliformes Fécaux; (E coli) : Escherichia coli; (SF) : Streptocoques Fécaux; (ASR) : Anaérobies Sulfito-Réducteurs. MY: Station thermale Moulay Yaâcoub, AA: Station thermale Ain Allah, SH : Station thermale Sidi Harazem.*

Quant aux germes indicateurs de la pollution fécale, les concentrations ont varié de 5 UFC/100mL obtenues au mois d'Octobre dans la piscine Moulay Yaâcoub à 3.10^3 UFC/100mL enregistrées en Janvier dans la piscine de Aïn Allah (*Figures 2a et 2b*). C'est dans cette dernière piscine que les valeurs les plus élevées ont toujours été enregistrées ($m = 712$ UFC/100mL), alors que dans la piscine Moulay Yaâcoub les valeurs sont toujours beaucoup plus faibles ($m = 24,66$ UFC/100mL) ce qui confirme encore le caractère auto-épurateur des eaux de cette station dû à leurs propriétés physicochimiques. Nous avons également constaté des valeurs plus importantes des concentrations des germes indicateurs de la pollution fécale par rapport aux travaux de Salame et al. [9] relatifs à la piscine de Aïn Allah.

Pour la piscine Moulay Yaâcoub, les streptocoques fécaux constituent la fraction dominante des germes indicateurs de la pollution fécale (44,59 %), suivies par les coliformes totaux (35,13 %) et enfin les coliformes fécaux (20,27 %). Pour la piscine Aïn Allah, ce sont les coliformes totaux qui dominent la flore bactérienne indicatrice de la pollution puisqu'ils constituent 59,45 % de ces germes, alors que les streptocoques fécaux et les coliformes fécaux représentent respectivement 28,08 et 12,45 %. Cependant, la comparaison de la qualité de l'eau des deux piscines par rapport à l'importance relative des différentes fractions apparaît biaisée pour la simple raison que les densités de ces germes dans la piscine Moulay Yaâcoub sont très faibles et il est statistiquement admis que la taille des échantillons affectent sérieusement les estimations. Il est intéressant de préciser que nos prélèvements réalisés en période hivernale n'ont révélé la présence d'aucun germe anaérobies sulfite-réducteurs ni de *Pseudomonas aeruginosa*. Il paraît que la présence de ces germes coïncide avec des prélèvements effectués en période estivale comme l'ont montré Salame et al. [9] pour la piscine d'Aïn Allah. De plus, beaucoup de travaux [13-16] ont mis en évidence, dans les stations thermales, la présence des bactéries de type *Pseudomonas aeruginosa* et du genre *Legionella* [17].

4. Conclusion

Les eaux des deux stations thermales Aïn Allah et Sidi Harazem prélevées au niveau des fontaines appartiennent aux eaux mésothermales. Leurs caractéristiques physicochimiques répondent aux normes marocaines des eaux potables. L'eau de la station Moulay Yaâcoub est considérée comme hyperthermale. En raison de certaines de sa caractéristiques physicochimiques, en particulier, sa conductivité très élevée et sa teneur en H₂S, l'eau du réservoir de cette station n'est pas destinée à la consommation humaine. La qualité bactériologique des eaux de la piscine Moulay Yaâcoub est satisfaisante, par contre les eaux de piscine de la station Aïn Allah, sont caractérisées par une forte contamination par la flore mésophile et par les indicateurs de pollution fécale par conséquent ne satisfont pas les normes fixées par l'arrêté français du 19 juin 2000. Ces piscines doivent être soumises à un procédé d'amélioration de la qualité de leurs eaux suivi d'un contrôle régulier de la densité et de la nature de leurs flores microbiennes. Cette politique de prévention des risques infectieux repose en particulier sur la mise en place et le respect quotidien de mesures d'hygiène et sur les contrôles de la qualité de l'eau.

Remerciements

Nos vifs remerciements à toutes les personnes du Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement, et du Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu, ainsi que de la station thermale de Moulay Yaâcoub qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Références

- [1] - A. LAKHDAR, A. NTARMOUCHANT, M.L. RIBEIRO, M. BEQQALI, K. EL OUADEIHE, L. BENAABIDATE, M. DAHIRE, Y. DRIOUCHE and A. BENSLIMANE "Nouvelle Approche Géologique et Géodynamique du Complexe Hydrothermal de Moulay Yacoub (Bordure Septentrionale du Sillon Sud Rifain)". *Comunicacoes Geologicas*, t. 93 (2006) 185-204.
- [2] - S. PECASTAINGS, KM. DUBOURG and C. ROQUES "Evaluation de l'efficacité de techniques de désinfection utilisées en milieu thermal sur un réseau d'eau minérale naturelle pilote ». *Press Therm Climat*.146 (2009) 19-29.

- [3] - A. BEN MOUSSA, A. CHAHLAOUI ANDH. EL ROUR "Impact des eaux de la source Ain Hamma Moulay sur la qualité des eaux de l'oued Khoumane. (Moulay Idriss Zerhoun). Maroc ". *ScienceLib* Editions Mersenne: volume 3 (2011) N °110704.
- [4] - A. BEN MOUSSA, A. CHAHLAOUI, E.H. ROUR, M. CHAHBOUNE, and A.ABOULKACEM "Etude du changement de l'état des eaux de l'oued Khoumane à la confluence avec les eaux de la source Ain Hamma Moulay Idriss Maroc". *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 11 (2012) 17-36.
- [5] - A. GOKGOZ, I.E. YILMAZLI, I.GUNGOR andI. YAVUZER "Hydrogeology and Environmental Study at the Karahayit Geothermal Field (Western Turkey)". *Proceedings World Geothermal Congress*. Bali, Indonesia, (2010)25-29.
- [6] - A. FEKRAOUI "Caractéristiques géochimiques des eaux géothermales de la région d'Oran". *Revue des Énergies Renouvelables CER'07 Oujda* : (2007) 75 – 80.
- [7] - J.RODIER, C. BASZIN, J.P. BROUTIN, P. CHAMBON, H. CHAMPSAUR andL. RODI "Analyse physico-chimique des eaux naturelles. Analyse microbiologique des eaux In : Quilbé J.M (eds.), *Analyse de l'eau: 'eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer'*. Chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation de résultats. 8ème édition. Dunod, Paris. 149,194, 189, 203, 205, (1996)752-753.
- [8] - H. ALAYAT and C. LAMOUREUX "Caractérisation physico-chimique des eaux thermominérales des monts de la Cheffia (extrême nord-est algérien)". *Press Therm Climat*; 144 (2007): 191-199.
- [9] - B. SALAME, J. BAHOU, B. BENNANI, R. HOUR, AND L. BENNANI "Qualité bactériologique et physico-chimique des eaux thermales d'Ain Allah région de Fès (Maroc)". *Science Lib* Editions Mersenne : Volume 5 , N ° 130505 ISSN,(2013) 2111-4706.
- [10] - I. KHAYLI, M. MERZOUKI, M. BENLEMLIH, S. MANIAR and EL OUALI LALAMI "Étude de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux de la station thermale de Sidi Harazem (Maroc)". *Cahiers de l'ASEES*16 (2011) 27-39.
- [11] - M.C. ALBERTINI, M. DACHÀ, , L. TEODORI and M.E. CONTI "Drinking mineral waters: biochemical effects and health implication" – the state-of-the-art', *Int. J. Environmental Health*, Vol. 1, No. 1(2007) 153-169.
- [12] - S. GIAMPAOLI, F. VALERIANI, G. GIANFRANCESCHI, M. VITALI, M. DELFINI, M.R. FESTA, E. BOTTARI and V. ROMANO SPICA "Hydrogen sulfide in thermal spring waters and its action on bacteria of human origin". *Microchemical Journal*, Volume 108, (2013) 210-214.
- [13] - J.P MORIN and B. GRABER-DUVERNAY."Surveillance des Pseudomonas et expériences de désinfection aux thermes nationaux d'aix-les-bains". *Presse therm climat*. 139 (2002)41-51.
- [14] - W. BIING-TEO and L. DUU-JONG "Pseudomonas yangmingensis sp. nov., an alkaliphilic denitrifying species isolated from a hot spring " *Journal of Bioscience and Bioengineering*, Volume 117, Issue 1, January (2014) 71-74.
- [15] - J. E. MOORE, N. HEANEY, B. C. MILLAR, M. CROWE, AND J. S. ELBORN..Incidence of *Pseudomonas aeruginosa* in recreational and hydrotherapy pools. *Communicable Disease and Public Health* 5 (2002) 23-26.
- [16] - T. GHRAIRI, N. CHAFTAR, S. JARRAUD, J. M. BERJEAUD, K. HANI, J. FRERE."Diversity of *Legionellae* strains from Tunisian hot spring water". *Research in Microbiology*, Volume 164, Issue 4, (2013) 342-350.