



Risques sanitaires liés aux composés chimiques contenus dans l'eau de boisson dans la ville de Fès : Cas des ions nitrates et nitrites (Health risks of the chemicals in drinking water in the city of Fez: nitrate and nitrite ions)

K. El Ouedghiri^{1,2}, A. El Oualti¹, M. El Ouchy¹, F. Zerrouq³,
F. Ouazzani Chahdi², A. El Ouali Lalami^{1*}

1 - Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu, Direction Régionale de la Santé, Hôpital EL GHASSANI, Fès, Maroc.

2 - Laboratoire de la Chimie Organique Appliquée, Faculté des Sciences et Techniques, Fès, Maroc.

3 - Laboratoire de Catalyse, Matériaux et Environnement, Ecole Supérieure de Technologie, Fès, Maroc.

* : Auteur correspondant : eloualilalami@yahoo.fr

Résumé

Les nitrates et les nitrites peuvent être à l'origine de diverses complications sanitaires telles que : irritations, allergies, avortement, cancers et intoxications chimiques. Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la surveillance sanitaire des eaux destinées à l'alimentation humaine, réalisée par les services d'Hygiène du Ministère de la Santé selon la réglementation en vigueur, notamment la loi 10-95. Deux exemples de suivi de la qualité chimique des eaux de boisson sont cités dans cet article : le cas des nitrates et des nitrites, réglementés au Maroc avec une limite de qualité fixée respectivement dans la NM 03.7.001 (2006) à 50 mg/l et 0,1 mg/l. Il s'agit d'une étude rétrospective, couvrant la période comprise entre Janvier et Décembre des années 2012 et 2013, des résultats d'analyses des prélèvements d'eau de boisson qui ont été effectués au niveau de la ville de Fès au centre du Maroc par des Techniciens d'Hygiène du Milieu moyennant des flacons appropriés, conservés et acheminés dans une glacière au Laboratoire. Pour un total de 341 échantillons, le dosage des nitrates et nitrites par spectrophotométrie ont été réalisés selon les normes en vigueur pour quatre types d'eaux de boisson (réseaux traités, bornes fontaines, puits traités et puits non traités). Les résultats de cette étude ont montré que le dosage des nitrates et nitrites a enregistré respectivement des concentrations de 4,1 mg/l à 16,12 mg/l et de 0,001 mg/l à 0,09 mg/l. Ces valeurs sont conformes aux normes nationales et internationales de l'OMS. Ces résultats relatifs aux paramètres étudiés doivent rassurer les autorités locales et les habitants de la ville de Fès sur la bonne qualité chimique de l'eau de boisson dispensée, vis-à-vis des risques sanitaires liés aux situations de dépassement des limites et références de qualité des eaux de boisson pour les nitrates et les nitrites.

Mots clés : Eau de boisson, nitrates, nitrites, risques sanitaires, Fès, Maroc.

Abstract

Most chemical pollutants are harmful to health and can cause various health complications such as irritation, allergies, cancer and chemical poisoning. This work is part of the health surveillance of water intended for human consumption produced by the Hygiene services of the Ministry of Health under the rules in force in particular law 10-95. This is a retrospective study, covering the period between January and December of 2012 and 2013, distributed in six districts of the city of Fez. Two examples of chemical quality monitoring are discussed in this article: the case of nitrates and nitrites regulated Morocco with a quality limit set respectively at 50 mg/l and 0.1 mg/l. The drinking water samples were collected by Environmental Health Technicians through appropriate vials, stored and transported in a cooler at the Regional Diagnostic Laboratory Epidemiological and Environmental Hygiene Fez (RDLEEHF) for analysis. For a total of 341 samples, the determination of nitrite and nitrate by spectrophotometry were performed according to the standards in force. To ensure the reliability of results, RDLEEHF adopt control procedures (internal and external) quality according to the requirements of the international standard ISO / IEC 17025. Physicochemical results found in this study showed that the determination of nitrite and nitrate respectively recorded concentrations of 0.001 mg/l to 0.09 mg/l and 4.4 mg/l to 9.04 mg/l. The values found for the parameters analyzed are consistent with the Standard 03.7.001 Moroccan and international standards of WHO. These results for the studied parameters must reassure local authorities and inhabitants of the city of Fez good chemical quality of the water provided against the health risks associated with situations that the limits and references drink quality of water intended for human consumption.

Keywords: Drink water, nitrates, nitrites, pollution, health risk, Fez, Morocco.

1. Introduction

L'eau constitue un élément essentiel pour le développement de la vie : le corps d'un être humain adulte est composé de 60 % d'eau et une consommation minimale de 1,5 litre d'eau par jour lui est nécessaire. En raison de son caractère vital, l'eau consommée doit être de bonne qualité sanitaire afin d'éviter la survenue de pathologies d'origine hydrique. D'après la littérature, des millions de nourrissons et d'enfants meurent chaque année de maladies diarrhéiques dues à la contamination de l'eau de boisson contaminée [1,2]. D'après l'OMS plus de 50% des maladies sont d'origine hydrique.

Cette pollution de l'eau de boisson notamment d'origine chimique peut favoriser la propagation de maladies graves telles que les irritations, les allergies, l'avortement, les cancers et les intoxications chimiques [3,4,5]. En effet, les nitrates (NO_3^-) et leurs précurseurs, les nitrites (NO_2^-), sont toxiques pour les êtres vivants. Ils transforment l'hémoglobine du sang en une substance proche, la méthémoglobine qui ne joue plus son rôle dans l'oxygénation des cellules et des tissus. L'excès de nitrites et de nitrates peut donc entraîner une anémie grave, surtout chez les nourrissons. Les femmes enceintes consommant de l'eau chargée en nitrates peuvent indirectement entraîner une anémie de l'enfant en cours de développement.

Les nitrites peuvent aussi se combiner au cours de la digestion avec des dérivés de protides et former des substances soupçonnées d'être cancérigènes : les nitrosamines.

Les effets potentiels de ceux-ci sur la santé sont nombreux : la méthémoglobinémie chez les enfants [6], le goitre [6,7], la cancérogénicité [8;9], un effet sur la zone glomérulaire adrénaline [6,9,10], le diabète type II [11,12], des malformations congénitales [6], et l'avortement. Malgré que la littérature publiée relative aux effets des nitrates sur la santé maternelle soit éparsée, les femmes enceintes sont considérées comme des groupes vulnérables aux effets de ceux-ci [13,14]. Des rapports suggèrent une association entre les nitrates des eaux potables et des avortements spontanés [15,16], des complications liées à la grossesse [17], la restriction de la grandeur ultra-utérine et un accouchement prématuré [18].

Riche en milieux aquatiques, le Maroc est parmi les pays d'Afrique les plus menacés par le fléau de la pollution de ses eaux [19]. Peu de cas de maladies à transport hydrique sont enregistrés au Maroc durant les cinq dernières années [20], la pollution des eaux de surface ayant un impact direct sur la qualité des eaux de boisson continue de poser un problème sérieux pour l'homme et son environnement [21].

Comme toutes les villes du Maroc, Fès est équipée d'installations produisant de l'eau potable ayant deux origines différentes à savoir l'eau de surface de provenance Oued de Sebou et l'eau souterraine parvenue par les forages de l'Oued Bourkaiz et Ain Saiss, mais avec la croissance démographique que connaît la ville de Fès, et le développement industriel et agricole, le contrôle et la surveillance de la qualité des eaux de surface et les eaux souterraines devraient susciter un intérêt particulier. Dans le cas des eaux souterraines de bonne qualité, une simple étape de traitement est nécessaire, la chloration. Contrairement à l'eau de surface provenant des fleuves, des rivières et des marigots qui peuvent être de sources de pollution, nécessite des traitements plus poussés [22].

En plus, les changements climatiques et la situation géographique de Fès la rendent toujours vulnérable aux crues et aux inondations notamment au niveau de l'Oued de Sebou qui abrite la station produisant de l'eau potable. En effet, les crues enregistrées à l'automne des années 2007 [23], 2008 [24] et 2009 [25], et les inondations marquées en 2010 [26], 2011 [27] et 2012 [28] ont causé des perturbations dans le fonctionnement (service et programme) de la seule station de distribution de l'eau potable, forçant les populations privées de l'eau courante à utiliser celles de puits ou de sources dont la qualité n'est pas garantie [29,30].

La réglementation marocaine notamment la loi 10/95 et le décret n° 2-05-1326 du 25 juillet 2006 relatif aux eaux à usage alimentaire, imposent la surveillance par les services sanitaires de l'état de la qualité de l'eau de consommation humaine produite par l'organisme producteur l'Office National de l'Eau et de l'Électricité (ONEE) et distribuée par les services distributeurs (Régies ou autres...).

C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail dont l'objectif est de caractériser la qualité chimique de l'eau de boisson dans la ville de Fès vis-à-vis de deux paramètres souvent nocifs et toxiques pour la santé à savoir les nitrates et les nitrites. Les résultats de cette étude doivent rassurer les autorités locales et les habitants de la ville de Fès sur la qualité de l'eau de boisson dispensée, vis-à-vis des risques sanitaires liés aux situations de dépassement des limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine dans le cas des nitrates et des nitrites.

2. Matériels et méthodes

2.1. Situation géographique de l'aire d'étude

La ville de Fès (située à 34,05°Nord latitude, 4,98°Ouest longitude et 448 mètres altitude au dessus du niveau de la mer) d'une population de 1.047.000 habitants, est située à la région de Fès-Boulmène. Cette dernière se trouve au centre-nord du Royaume et s'étend sur une superficie de 20.318 km², limitée par les provinces de Sefrou, de Taounate et de Moulay Yacoub.

2.2. Géographie et géologie

La ville de Fès est située dans la plaine de Saïs, dominée vers le nord par les rides préifaines où coule le Moyen Sebou. Vers le sud, elle est dominée par le causse Moyen Atlasique, dont la limite nord est marquée par une ligne d'escarpement d'environ 100 mètres de hauteur [18].

2.3. Hydrographie

L'hydrologie de la région de Fès est caractérisée par un système hydrographique axé sur l'Oued Fès qui s'écoule d'Ouest en Est, depuis ses sources de Ras El Ma jusqu'au Sebou en traversant l'ancienne médina de Fès.

L'Oued Fès reçoit plusieurs affluents tout au long de son parcours vers l'oued Sebou, et qui sont alimentés par des résurgences de la nappe phréatique qui est à des niveaux peu profonds (0,5 à 5 mètres de profondeur) au Sud-Ouest. Cette nappe est particulièrement enrichie par les réseaux denses des oueds notamment dans la partie amont de l'oued Fès.

La nappe phréatique affleure en plusieurs points de la plaine : à proximité du lit de l'oued Fès, en bordure des autres oueds de la vallée et de la médina, formant des sources qui contribuent jusqu'à nos jours à l'alimentation en eau potable [31].

La présence de nitrates dans l'eau de consommation est principalement attribuable aux activités humaines [32]. L'utilisation de fertilisants synthétiques et de fumiers, associés aux cultures et à l'élevage intensifs, favorisent l'apparition de nitrates dans l'eau. Les installations septiques déficientes, de même que la décomposition de la matière végétale et animale, peuvent aussi être une source de nitrates dans l'eau [33]. Le risque de contamination est plus important si le sol recouvrant la nappe d'eau est perméable (ex : sablonneux) et si la nappe est peu profonde (puits de surface).

Les nitrates et les nitrites sont présents dans l'environnement sous forme ionique, non volatils; il est donc très peu probable qu'ils soient absorbés par inhalation. Concernant l'absorption par voie cutanée, aucune information à ce sujet n'a été trouvée dans la littérature [33]. Par conséquent, la principale voie d'absorption de ces substances, lorsqu'elles sont présentes dans l'eau de consommation, est l'ingestion.

La figure 1 présente les différentes régions hydrographiques avec une vue aérienne de la ville de Fès.



Figure 1 : Carte hydrographique de la ville de Fès.

2.4. Type et lieu de l'étude

Il s'agit d'une étude rétrospective, couvrant la période comprise entre Janvier et Décembre des deux années 2012 et 2013, de deux paramètres chimiques à savoir les nitrates et les nitrites dans l'eau de boisson distribuée au niveau de six arrondissements de la ville de Fès (Agdal, Fès Medina, Jnane EL WARD, Zwagha, les Mérinides et Saïss).

2.5. Modalités de prélèvement et d'acheminement

Les prélèvements d'eau de boisson ont été effectués par des Techniciens d'Hygiène du Milieu (THM) moyennant des flacons appropriés, conservés et acheminés dans une glacière à l'unité de chimie au LRDEHMF pour analyse.

Les prélèvements ont été réalisés suite à un plan d'échantillonnage conforme à la norme marocaine NM 03.7.002 [34].

2.6. Contrôle de qualité

Pour garantir la fiabilité des résultats, le LRDEHMF adopte des procédures de contrôle (interne et externe) de la qualité selon les exigences de la norme NM ISO 17025 et participe à des essais inter laboratoire.

2.7. Recherche des paramètres physico-chimiques

Les méthodes d'analyses des paramètres étudiés sont regroupées dans le tableau 1. Toutes les analyses ont été réalisées selon les normes en vigueur.

Tableau 1 : Méthodes d'analyses des différents paramètres physicochimiques

| Paramètres | Méthodes d'analyse | Unité | Références |
|------------|--|-------|-------------------------|
| Nitrates | Spectrométrie d'absorption moléculaire | mg/l | Rodier 2009 [35] |
| Nitrites | Spectrométrie d'absorption moléculaire | mg/l | NM. ISO 06777 1999 [36] |

2.8. Traitement des données

Le traitement des données d'analyses ainsi que la confection des figures ont été réalisées par Excel.

3. Résultats et discussions

Au total 341 prélèvements d'eau ont été réalisés durant les deux années 2012 et 2013. La répartition des catégories de l'eau de boisson analysée est présentée dans la figure 2. Dans cette étude, nous avons observé que quatre types d'eaux de boisson ont fait l'objet des prélèvements réalisés par les THM à savoir : l'eau de réseaux traités, l'eau des bornes fontaines, l'eau de puits traités et l'eau de puits non traités.

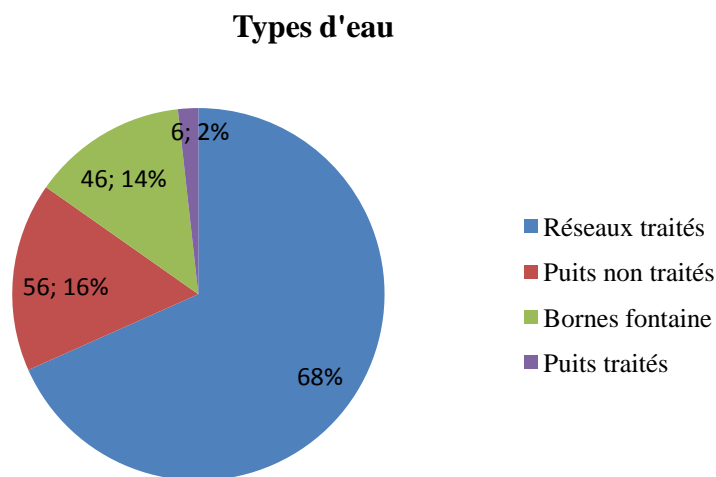


Figure 2: Répartition des catégories de l'eau de boisson analysée.

La grande partie a été constituée par de l'eau de réseaux traités avec 68%, ensuite les eaux de puits non traités avec 56,16%, les eaux de puits traités avec 46,14% et enfin les eaux des bornes fontaines avec un pourcentage de 6,2%.

Ces résultats montrent également qu'il existe une part très importante des eaux constituée tout particulièrement par les eaux de puits non traités, les eaux de puits traités et les eaux des bornes fontaines et qui sont utilisées par la population de Fès à des fins d'alimentation. Ceci met en relief les risques sanitaires que peuvent engendrer la présence dans ces eaux de nitrates ou nitrites.

Dans la suite de ce travail les résultats trouvés, concernant les paramètres étudiés à savoir : le dosage des nitrates et des nitrites ont été présentés selon leur évolution dans le temps et dans l'espace.

Le tableau suivant donne le maximum et le minimum des valeurs moyennes de chaque paramètre étudié avec leur écart type et les valeurs limites de détection selon la norme marocaine NM 03.7.001[37].

Tableau 2 : Valeur maximale, minimale, écart type et valeur limite de détection des différents paramètres.

| Paramètres | Max | Min | Ecart type | Valeur limite [37] |
|-----------------|-------|-------|------------|--------------------|
| Nitrates(mg/l) | 16,04 | 4,1 | 3,30 | <50 |
| Nitrites(mg/l) | 0,09 | 0,001 | 0,03 | <0,1 |

3.1. Les nitrates

Les nitrates constituent la forme azotée dominante dans les cours d'eau et dans les nappes d'eau souterraine. Ils proviennent généralement de la décomposition de la matière organique par oxydation bactérienne des nitrites et constituent ainsi l'ultime produit de la nitrification. En milieu naturel, sa concentration dépasse rarement 0,45

mg/l. Des valeurs supérieures indiquent des rejets d'eaux usées dans les milieux aquatiques superficielles et souterraines, et surtout une utilisation excessive de fertilisants utilisés en agriculture [38].

Les nitrates ne sont pas toxiques, mais ce n'est qu'à deux conditions que peut se révéler une toxicité des nitrates : s'il y a ingestion vraiment massive de ces composés ou s'ils sont transformés en nitrites par la microflore digestive au sein de l'organisme. Une fois ingérés, les nitrates sont rapidement absorbés au niveau de l'intestin grêle puis distribués dans tout l'organisme. Une partie des nitrates absorbés est secrétée dans la salive. La microflore buccale transforme une partie de ces nitrates en nitrites. Leur réduction en nitrites peut également survenir au niveau des voies urinaires à la suite d'une infection bactérienne et dans l'estomac [39].

L'histogramme des teneurs annuelles en nitrates (figure 3) montre une variation de ces teneurs qui oscillent entre 4,1mg/l valeur minimale en période estivale et 14,8 mg/l valeur maximale en période pluvieuse au cours de l'année 2012, et 4,5 mg/l comme valeur minimale et 16,12 mg/l comme valeur maximale en hiver au cours de l'année 2013 avec un écart type de 3,30 mg/l. Celui des teneurs spatiales (figure 4) montre des valeurs qui varient entre 4,4 mg/l valeur minimale et 8,24 mg/l valeur maximale en 2012 et 4,3 mg/l valeur minimale et 9 mg/l valeur maximale en 2013, ces teneur maximales sont marquées à l'arrondissement de Saïss cela peut être expliqué par la nature du terrain traversé ou aussi par l'utilisation des fertilisants en agriculture. Jadis Saïss était un terrain agricole.

Cependant ces valeurs restent inférieures à la valeur admissible par les normes marocaines NM 03.7.001 [37] et par les normes internationales (inf à 50 mg/l) [40]. De ce fait, les eaux étudiées ne sont pas assujetties à un risque de pollution par les nitrates.

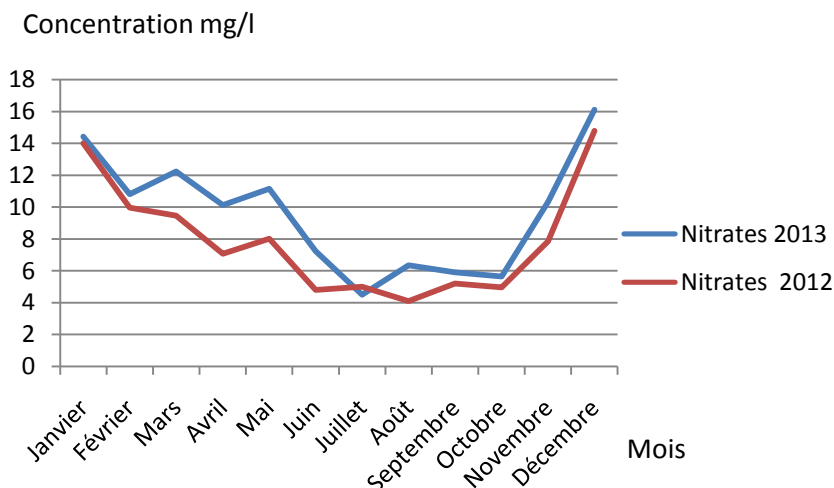


Figure 3: Variations moyennes de la concentration des nitrates dans les eaux de Fès.

Nos résultats concordent à ceux trouvés par Elhaisoufi et al [30] en 2011, en effet tous les points analysés répondent aux normes, ils sont aussi comparables à ceux réalisés par Ghazali et al [41] au niveau de Meknès en l'an 2012, également ils concordent aux résultats trouvés par Elkory et al à la wilaya de Nouakchott [42] et à ceux de Sidibe en Mauritanie en 2011 [43]. Les valeurs trouvées ne dépassent pas la valeur limite de l'eau potable selon la norme marocaine et selon l'OMS [40].

Les nitrates sont, depuis longtemps, utilisés à faibles doses dans le domaine alimentaire comme adjuvants dans la préparation des salaisons. Cependant, la croissance de leur taux dans les sols, les rivières et même les nappes phréatiques, a conduit les législateurs à en limiter la teneur dans les eaux.

Bien que l'ion nitrate ne soit pas lui-même toxique, il peut subir une réduction bactérienne en ion nitrite, conduisant même en milieu aqueux, à l'anhydride nitreux générateur d'ion nitrosonium. Ce dernier réagit avec les amines secondaires pour conduire à des nitrosamines dont un bon nombre est cancérigène à très faible dose.

Les prises de position concernant cette toxicité sont tranchées et difficilement compatibles, compte tenu du fait que l'augmentation des taux est due, dans une large proportion, à l'utilisation des nitrates eux-mêmes comme engrais, mais surtout à la transformation, par les bactéries du sol, des déchets azotés animaux et humains, notamment de l'urée [44].

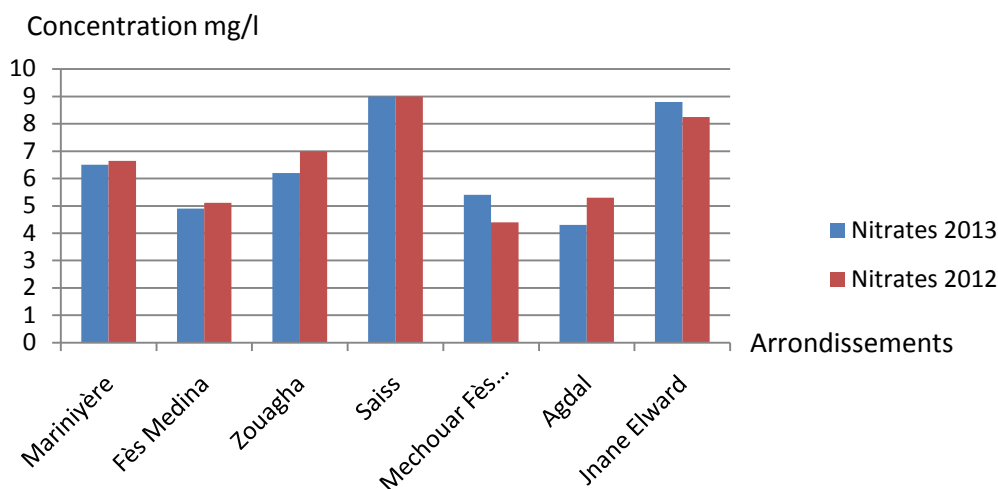


Figure 4: Variations moyennes spatiales de la concentration des nitrates dans les eaux de Fès.

3.2. Les nitrites

Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des doses faibles, une eau qui renferme des nitrites peut être considérée comme suspecte. Il est important de signaler que les eaux en contact avec certains terrains peuvent contenir des nitrites on les trouve également dans les eaux pauvres en oxygène (sondage). Une teneur d'azote nitreux supérieur à 0,10mg/l suppose un apport d'eaux riches en matières organiques en voie d'oxydation. Cette concentration de 0,10mg/l ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde [36].

Les résultats de la toxicité de conversion du nitrate en nitrite in vivo, avec transport de l'oxygène par l'hémoglobine réduite de tissus dans le corps, produisant des symptômes de la carence en oxygène, la contamination bactérienne de l'eau, les infections gastro-intestinales et l'inflammation qui s'en suit avec production d'oxyde nitrique, sont les principaux facteurs qui peuvent contribuer à la méthémoglobinémie [45].

Les études épidémiologiques sur les nitrites ont montré que les effets de la thyroïde sont évocateurs mais non concluants. Toutefois, les données (principalement chez les enfants) sur l'infection des voies respiratoires et la diarrhée, sont très limitées et pas convaincantes [45].

Dans notre cas la concentration annuelle des nitrites dans les deux ans 2012 et 2013 varie de 0,001 mg/l comme valeur minimale à 0,09 mg/l, (tableau 2) avec un écart type de 0,03 mg/l, ces valeurs maximales sont marquées en juillet (figure 5) cela peut être expliqué par le lessivage des terrains et la prolifération des bactéries réductrices. Les concentrations spatiales sont presque nulles, la valeur maximale est de 0,09 mg/l enregistrée à l'arrondissement Mechouar Fès jdid en 2013 et la valeur minimale est de 0,001 mg/l trouvée à l'arrondissement Saiss en 2012 et celui d'Agdal en 2013 (figure 6). Ces valeurs sont loin de menacer la composition minéralogique de l'eau du forage.

Nos résultats et ceux d'Elhaisoufi et al [30] sont similaires, ils sont conformes et concordent avec les résultats de Ghazali et al., à la région de Meknès en 2012 [41] et ceux trouvés par Elkory et al., à la wilaya de Nouakchott [42] et aussi à ceux de Sidibe et al., au même pays en 2011 [43]. Ces eaux ne peuvent engendrer aucun effet dans la mesure où les concentrations en nitrites enregistrées sont très inférieures aux normes marocaines et aux normes de l'OMS fixées à 0,1 mg/l [40].

La toxicité aiguë du nitrite engendre la relaxation des muscles lisses, une vasodilatation, l'abaissement de la pression sanguine; méthémoglobinémie et des changements histopathologiques dans les poumons et le cœur [45]. La qualité de l'eau de boisson de la ville de Fès, repose sur plusieurs critères, parmi ceux-ci les ions nitrates et nitrites dont le risque de dépassement par rapport aux normes en vigueur n'a pas été mis en évidence à travers les résultats de la présente étude.

Cependant, on trouve aussi des paramètres chimiques tels que les critères organoleptiques des eaux de boisson et qui ont été sujets de réclamations répétitives par la population de la ville de Fès [29,30]. Ce problème de goût, d'odeur et de couleur dans l'eau de boisson enregistré et remarqué par les habitants dans certains quartiers de la ville de Fès, n'a pas de tout de relation avec une pollution d'origine les ions nitrates et/ou nitrites, mais revient à la différence entre la qualité des eaux de surface, par rapport à celle des eaux souterraines.

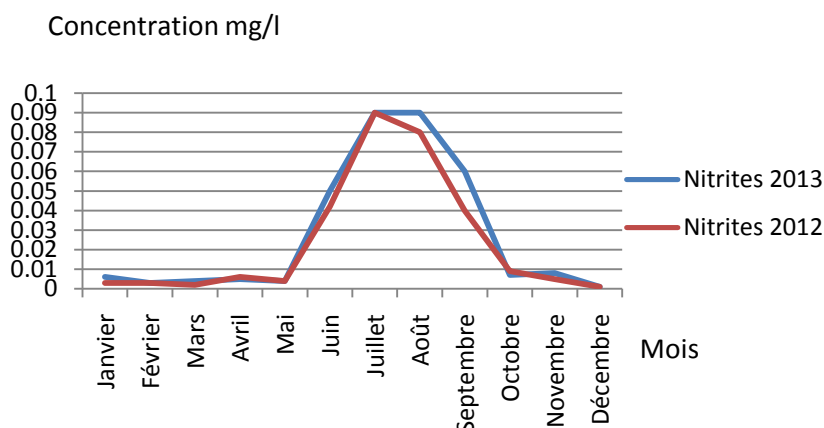


Figure 5: Variations moyennes de la concentration des nitrites dans les eaux de Fès.

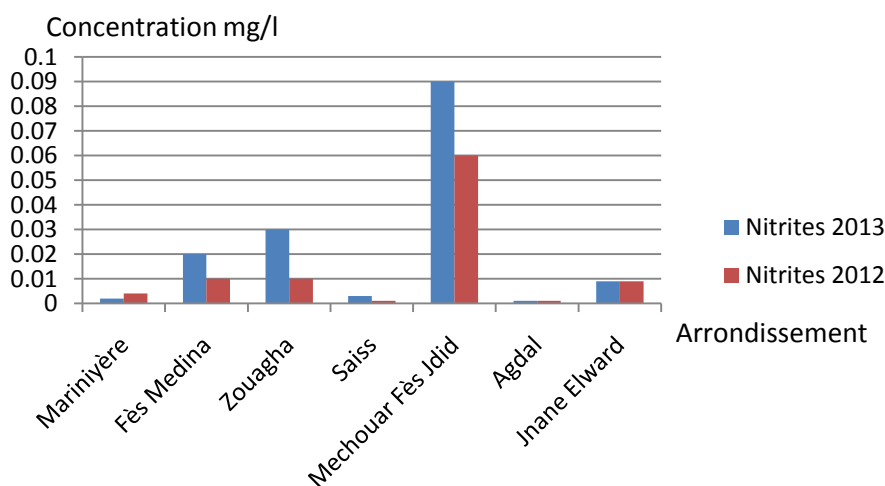


Figure 6: Variations moyennes spatiales de la concentration des nitrites dans les eaux de Fès.

En effet, l'eau peut développer des goûts et des odeurs différents selon ses origines naturelles puisque elle gagne ses qualités organoleptiques (goût, odeur et couleur) en fonction de la qualité des sols traversés pendant son trajet dans le milieu naturel, comme ils peuvent s'ajouter des éléments minéraux dissous par contact de l'eau avec des produits d'une activité biologique (terre, algues, feuilles,...), ou d'autres composés en relation avec l'activité humaine (hydrocarbures, produits chimiques, bois, etc.) ou liés aux types de traitement utilisés pour la rendre potable (action de produits désinfectants (chlore, ozone).

Bien que parfaitement potable, l'eau peut s'enrichir au cours de son acheminement jusqu'au robinet, d'éléments pouvant générer des goûts de chlore, de fruit ou de produits pharmaceutiques. Ces goûts apparaissent à la suite de réactions chimiques entre le chlore et des composés organiques naturellement présents dans l'eau. Ou tout simplement l'eau peut prendre le goût du tuyau dans lequel elle circule.

Des études menées par notre laboratoire quant à la qualité microbiologique des eaux destinées à l'alimentation humaine dans la ville de Fès [30], prouvent en plus des résultats de cette étude ainsi qu'en absence de maladies d'ordre épidémiologique qu'il y a pas de risque sanitaire pouvant être engendré par les eaux de boisson (notamment l'eau de réseaux traité et l'eau des bornes fontaines) utilisées par la population de la ville de Fès.

Conclusion

Les analyses réalisées, au sein de l'unité de chimie du Laboratoire Régional de Diagnostic Epidémiologique et d'Hygiène du Milieu relevant de la Direction Régionale de la Santé de Fès, ont permis de conclure que l'eau de boisson de la ville de Fès ne présente aucune non-conformité vis-à-vis des paramètres analysés. Les paramètres nitrates et nitrites étudiés à travers ce travail sont conformes à la Norme Marocaine 03.7.001 et aux normes internationales de l'OMS. En effet, les valeurs varient : pour les nitrates, entre un minimum de 4,1 mg/l et un maximum de 16,12 mg/l, et pour les nitrites, entre un minimum de 0,001 mg/l et un maximum de 0,09 mg/l.

Ces résultats doivent rassurer les autorités locales et les habitants de la ville de Fès sur la bonne qualité chimique de l'eau de boisson dispensée. Cependant il serait souhaitable d'élargir la gamme des paramètres à d'autres composés contenant l'azote.

Conflit d'intérêt : Aucun

Remerciements : Nous tenons à remercier en particulier les Techniciens d'Hygiène du Milieu de la Délégation Médicale de Fès, tous les cadres des Bureaux Communaux d'Hygiène ainsi que toutes personnes ayant donné un soutien de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

References

1. Nimri L., El Nasser Z., Batchoun R. Polymicrobial infections in children with diarrhoea in a rural area of Jordan. *FEMS Immunology and Medical Microbiology*.42 (2004) 255–259.
2. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Directives de qualité pour les eaux de boisson, Volume Recommandation. 2e édition (1994).
3. Ait melloul A., Amahmid O., Hassani L., Bouhoum K. Health effect of human wastes use in agriculture in El Azzouzia (the wastewater spreading area of Marrakech city, Morocco). *International Journal of Environmental Health Research*. 12 (2002) 17– 23.
4. Hassoune El M., Bouzidi A., Koulali Y., Hadarbach D. Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settât (Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*. 28 (2006) 61-71.
5. Hassoune El M., El kettani S., Koulali Y., Bouzidi A. Bacteriological contamination of ground water from wastewater of Settât-city, Morocco. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 1 (2010) 1-21.
6. World Health Organization. Background documents for development of WHO Guidelines for drinking-water Quality, WHO/SDE/WSH/07.01/16, Geneva. (2007).
7. Höring H. *Bundesgesundheitsblatt*. 35 (1992) 194-197.
8. RIVM (National Institute of Public Health and Environmental Protection). (1989) No:758473012.
9. FAO/WHO. Expert Committee on Food Additives (WHO Food Additives Series No.50), Geneva, (2003) <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je06.htm>.
9. Til, H. P., Falke, H. E., Kuper, C.F., Willems, M.I., *Food Chem Toxicol* 26 (10) (1988) 851-859.
10. Kuper F., Til, H P. Proceedings of an international workshop, Bithoven (Netherlands), 8-10 November 1994, Strasbourg, *Council of Europe Press*. (1995) 195-212.
11. Kostraba J N., Gay E C., Rewers M., Hamman R F. *Diabetes Care*. 15 (1992) 1505-1508.
12. Parslow R C., Mc Kinney P A., Law G R., Staines A., Williams R., Bodansky H J. *Diabetologia*. 40 (1997) 550-556.
13. Atlanta G A. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. (1991 revised in 2001) 1-13.
14. Dorsch M., Scragg R K., Mc Mickael A G., Baghurst P A., Dyer K F. *Am J Epidemiol*. 119 (1984) 473-486.
15. Centers for Disease Control and Prevention. *MMWR Morb Mort Wkly Rep*. 45 (1996) 569-572.
16. Schmitz J T. *Obstet Gynecol*.17 (1961) 413-415.
17. Tabacova S., Balabeava L., Little R E. *Arch Environ Health*. 52 (1997) 341-347.
18. Bukowski J., Somers G., Bryanton J. *J Occup Environ Med*. 43 (2001) 377-383.
19. Azzaoui S., El Hanbali M., Leblanc M. Copper, lead, iron and manganese in the Sebou drainage basin; sources and impact on surface water quality. *Water Quality Research Journal Canada*. 37(4) (2002) 773-784.
20. Santé en chiffres. Direction de la planification et des ressources financières, service des études et de l'information sanitaire (2011). Édition 2012
21. René C. La pollution des eaux, *Edition que sais-je ?* 983 (1968) 65-80.
22. Guergazi S., Achour S. Caractéristiques physicochimiques des eaux d'alimentation de la ville de Biskra. *Pratique de la chloration. Larhyss*. 3680 04 (2005) 119-127.
23. Hmamssi I. Édition N°53858 ; Publié dans *Aujourd'hui le Maroc* le 18 - 04 –2007.
24. A G. Édition N° 90184 ; Publié dans *L'Economiste* le 15 - 12 – 2008.
25. El Aissi N. Édition N° 2962; Publié dans *L'Economiste* le 12-2- 2009.
26. Ettobi M. Édition N°16419 ; Publié dans *L'opinion* le 12 - 02 - 2010.
27. Alami Y. Édition N° 3534 ; Publié dans *L'Economiste* le 2011-05-20.
28. Alami Y. Édition N° 3901 ; Publié dans *L'Economiste* le 2012-11-02.
29. Alami Y. Édition N° 4161 ; Publié dans *L'Economiste* le 2013-11-29.
30. El Haissoufi H., Merzouki M., Aabouch M., Bennani L., Benlemlih M., Idir M., Zanibou A., Bennis Y., El Ouali Lalami A. pollution des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Fes, Maroc. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* 1 (2011) 37-68.
31. El Ouali Lalami A., Merzouki M., El Hillali O., Maniar S., Ibsouda Koraichi S. Pollution des eaux de surfaces de la ville de Fès au Maroc. *Larhyss Journal*. 9 (2011) 55-72.
32. Santé Canada. Le nitrate et le nitrite. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada. (1992).
33. Levallois P., Phaneuf D. La contamination de l'eau potable par les nitrates. Analyse des risques à la santé. *Revue canadienne de santé publique*. 85(3) (1994) 192-196.
34. NM 03.7.002. Contrôle et surveillance de l'eau dans les réseaux d'approvisionnement public. (1990).

35. NM 03.7.014 et protocole de la validation d'une méthode d'analyse en chimie, Edition 9 juin 2009(CEEQ) ; NF T 90-2010. Mai 2009.
36. Rodier J. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9ème édition. (2009) 1113-1115.
37. NM 03.7.001. Norme marocaine relative à la qualité des eaux d'alimentation humaine. *Bulletin Officiel* N° 5404, 16 Mars 2006.
38. Chapman D., Kimstach V. Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring. *Chapman edition, 2nd ed E & FN Spon, London.* (1996) 59-126.
39. Idrissi L. Nitrates et nitrites polluants qui menacent la santé et l'environnement. *Les technologies de laboratoires.* 1 (2006) 3.
40. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les lignes directrices de l'OMS en ce qui concerne la qualité de l'eau potable, la référence en ce qui concerne la sécurité en matière d'eau potable, mises à jour en 2006.
41. Ghazali D., Zaid A. Caractérisation physicochimique des eaux de la source ain salma-jerri région de Meknès. *Science Lib Editions Mersenne.* 120106 (2012) 2111-4706.
42. El Kory M., Demba A. caractéristiques physicochimiques des eaux d'alimentation de la wilaya de Nouakchott. *ScienceLib Editions Mersenne.* 111202 (2011) 2111-4706.
43. Sidibe M., Bocar K., Baidy LÔ. Suivi de la qualité Physicochimique de l'eau potable distribuée à Nouakchott, Mauritanie. *Science Lib Editions Mersenne.*(2011) 111204 2111-4706.
44. Hamon M. Annales Pharmaceutiques Françaises. *Science direct.*65 (2007) 347-355.
45. Fan A M. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. *Encyclopedia of Environmental Health.* (2011) 137-145.

(2014) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>