



## **IMPACT DE LA POLLUTION URBAINE SUR LA CONTAMINATION PAR LES NITRATES ET LES NITRITES DE LA NAPPE PHREATIQUE DE MARTIL (MAROC)**

**LAMRIBAH A.<sup>1</sup>, BENAJIBA M.H.<sup>2\*</sup>, SAOUD Y.<sup>3</sup>, AHRIKAT M.<sup>4</sup>,  
BENZAKOUR M.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Service environnemental et vétérinaire, Commune urbaine de Martil, Maroc

<sup>2</sup> Laboratoire de biologie appliquée et pathologies; Département de toxicologie alimentaire et immunologie. Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des sciences, Tétouan, Maroc – (\*in memoriam)

<sup>3</sup> Laboratoire de biologie appliquée et pathologies, Département de biologie. Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des sciences, Tétouan, Maroc

<sup>4</sup> Laboratoire de l'environnement, Division d'hygiène, Commune urbaine de Tétouan, Maroc

<sup>5</sup> Laboratoire de l'environnement, Division d'hygiène ; Commune urbaine de Tétouan, Maroc

lamribah@gmail.com

### **RÉSUMÉ**

La commune urbaine de Martil au nord ouest du Maroc a connu un développement urbain très important durant la dernière décennie 2003/2012, et de nombreux grands chantiers d'infrastructure sont en cours de réalisation. Les eaux usées de la ville sont collectées partiellement et déversées dans la nature. La rivière de l'oued Martil constitue le principal milieu récepteur de toutes les eaux usées et industrielles de la ville de Tétouan. Il aggrave la problématique de la pollution des eaux souterraines de la Région.

Pour évaluer l'impact de la pollution urbaine sur la contamination par les nitrates et les nitrites de la nappe phréatique de la plaine de Martil, une étude a été menée durant une année (2010/2011). 15 puits ont été retenus pour des analyses bimestrielles des nitrates et des nitrites par spectrophotométrie. Parmi les 90 analyses effectuées pour les concentrations des nitrates, 20% dépassent la norme de 50 mg/L. 28,88% des échantillons se trouvent dans le seuil critique entre 40 et 50 mg/L. Les résultats ont varié de 2,39 mg/L à 56,88 mg/L. Sur les 90 échantillons analysés pour les nitrites, 16,66% ont été supérieurs à la norme

de 0,5 mg/L et les concentrations ont été comprises entre 0,001 mg et 4,574 mg/L. L'étude n'a pas révélé d'influence significative de la saisonnalité sur les concentrations des nitrates et des nitrites dans les secteurs étudiés.

**Mots clés :** Nitrates, nitrites, eaux souterraines, pollution, Maroc

## **ABSTRACT**

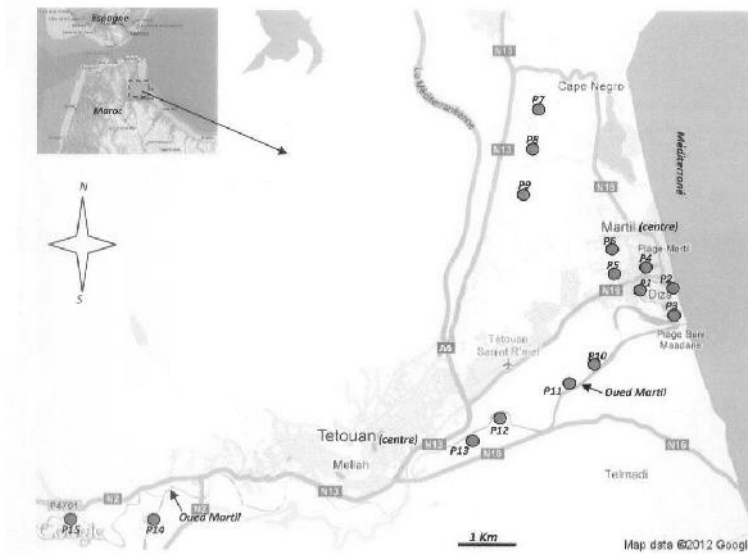
The urban district of Martil in northwest of Morocco has expensed greatly in the last decade 2003/2012, and the numerous large infrastructure projects are underway. Wastewaters of the city are collected and partially discharged into nature. The river of Oued Martil, bordering the city is considered receptacle of all sewerage and industrial of Tetouan city. The river worsen the problem of groundwater pollution in the region.

To assess the impact of urban pollution on contamination by nitrates and nitrites in the groundwater of Martil district, a study was conducted during one year (2010/2011). 15 wells were selected for the analysis of nitrates and nitrites bimonthly by spectrophotometry. Of the 90 analysis on nitrate concentrations, 20% exceed the concentration standard of 50 mg/L and 28.88% of the samples are in the critical threshold between 40 and 50 mg / l. The results ranged from 2.39 mg / l to 56.88 mg / l. In case of nitrite concentrations, they were between 0.001 mg and 4.574 mg/L. Of the 90 samples analyzed, 16.66% were higher than the concentration of the standard Moroccan which is 0.5 mg/L. The study did not reveal any significant influence of seasonality on the concentrations of nitrates and nitrites in the studied area.

**Keywords:** Nitrate, nitrite, groundwater, pollution, Morocco

## **INTRODUCTION**

La zone d'étude fait partie de la commune urbaine de Martil au nord-ouest du Maroc (Figure 1). Elle s'étale sur une superficie de 33,50 km<sup>2</sup>, comptant une population de 53 500 habitants avec un taux de croissance avoisinant 4,65% annuellement (Forum urbain Maroc, 2006).



**Figure 1 :** Situation géographique de la zone d'étude au nord du Maroc avec position des puits prospectés dans la plaine de Martil (les puits sont désignés de P1 à P15)

La commune est limitée par la mer Méditerranée à l'est, la municipalité de M'diq au nord, les municipalités de Tétouan et Malalyienne à l'ouest et la commune rurale d'Azla au sud. Le climat, sous la double influence maritime de la Méditerranée et de l'Atlantique, se caractérise par des étés doux ensoleillés, des hivers tempérés humides et des vents assez fréquents. La moyenne des précipitations est de 760 mm par an. Parmi les caractéristiques géographiques de la commune il y a la plaine de Martil d'un millier d'hectares et sa nappe phréatique facilement exploitable par la population. La faible profondeur et la facilité d'exploitation des eaux souterraines de la commune ont poussé la population locale à exploiter l'eau de la nappe par des puits traditionnels de profondeur entre 1 et 4m (Hilali et al., 2003). La commune se trouve dans une région du monde (Maroc) qui connaît une situation de stress hydrique (moins de 1000 m<sup>3</sup>/hab/an) et devrait connaître une pénurie d'eau (moins de 500 m<sup>3</sup>/hab/an) après 2025 (Tazi et al., 2001).

Le nombre de puits n'est pas officiellement recensé, mais il est estimé à 200 puits dans la plaine et leur exploitation s'est révélée très variée selon les ménages (Sebei A. et al., 2004). L'eau est utilisée pour l'irrigation, l'abreuvement de bétail, jardinage et parfois comme eau ménagère et de boisson. Les eaux de puits de la ville sont largement exploitées également dans le domaine du bâtiment pour leur facilité d'exploitation et pour leur gratuité.

Les nitrates et les nitrites sont répertoriés parmi les principales catégories de polluants chimiques rencontrés dans l'eau. Ils sont des composés chimiques

constitués d'azote et d'oxygène. Leur présence excessive dans le sol peut contaminer les différentes sources d'eau et soulever des préoccupations pour la santé humaine et animale. Cette situation de risque de pollution de la nappe phréatique nous a poussés à évaluer la contamination des eaux souterraines par ces deux substances chimiques.

## **MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **Caractérisation des puits**

Onze puits ont été sélectionnés dans la zone administrative de la commune de Martil et quatre autres puits appartiennent à la commune de Tétouan. Ils constituent le réseau d'observation rationalisé en vue du suivi de la qualité de la nappe. Chacun de ces puits a fait l'objet, au préalable, d'une enquête portant sur :

- Sa position par rapport aux sources de contamination comme les fosses septiques non normalisées, lac mort pollué, eaux usées jetées à ciel ouvert, ordures ménagères, rejets de l'abattoir, quartiers résidentiels et déchets ménagers (Tableau 1). La figure 1 positionne les puits dépistés dans la zone étudiée.
- Piézométrie : Le niveau de la surface libre de l'eau a été mesuré. Toutefois, les différentes valeurs piézométriques enregistrées une fois durant l'étude ne peuvent être considérées comme valeur moyenne représentative de tout le système aquifère de la plaine, mais elles peuvent être indicatives.
- Usage actuelle des puits.

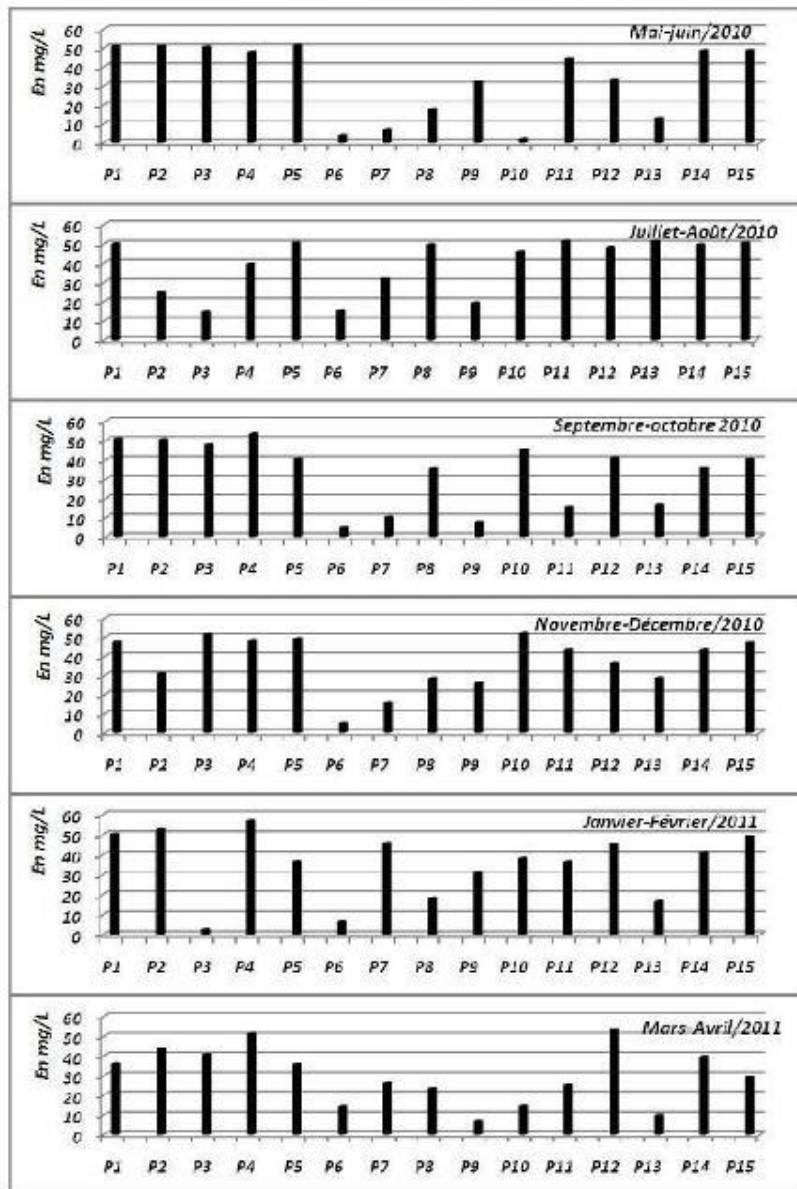
**Tableau 1 :** Origines et causes estimées de la pollution fécale  
des puits de la nappe de Martil

<b>Désignation des puits par secteur</b>	<b>Origines probables de la pollution fécale</b>
Secteur I : Puits 1, 2 et 3 (quartier Diza)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non raccordement des habitats au réseau d'assainissement</li> <li>• Lac mort pollué (par les eaux usées domestiques, ordures ménagères, rejets de l'abattoir municipal)</li> <li>• Existence systématique de fosses septiques non normalisées et leurs débordements</li> <li>• Rejet des eaux usées à ciel ouvert</li> <li>• Quartier à forte densité résidentielle</li> <li>• Déchets ménagers. Puits mal entretenus</li> </ul>
Secteur II : Puits 4, 5 et 6 (quartier Chbar)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Présence d'anciennes fosses septiques</li> <li>• Déversement des eaux usées domestiques dans des réseaux non fonctionnelles</li> <li>• Quartier à forte densité résidentielle</li> <li>• Fuite des égouts</li> </ul>
Secteur III : Puits 7, 8 et 9 (quartiers Swani, Rmilat et Saquiat Dfel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secteur à très faible densité résidentielle</li> <li>• Agriculture et élevage</li> </ul>
Secteur IV : Puits 10 et 11 (la rive de Oued Martil)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non raccordement au réseau d'assainissement</li> <li>• Puits mal entretenus</li> <li>• Fosses septiques individuelles</li> <li>• Zone maraîchère</li> <li>• Rivière polluée (par eaux usées domestiques, ordures ménagères, rejets de l'abattoir de Tétouan, industries)</li> </ul>
Secteur V : Puits 12 et 13 (quartier Koelma, Tétouan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déversement des eaux usées dans le réseau des eaux pluviales</li> <li>• Quartier résidentiel</li> <li>• Rivière polluée (par eaux usées domestiques, ordures ménagères, rejet de l'abattoir de Tétouan, industries)</li> <li>• Fuite des égouts</li> </ul>
Secteur VI : Puits 14 et 15 (en amont des rejets liquides dans la rivière (vers les villes de Chefchaouen et Tanger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agriculture et élevage.</li> </ul>

Les campagnes de prélèvements ont été réalisées durant différentes périodes de l'année, allant de la saison sèche à la saison humide pour évaluer un éventuel impact saisonnier sur l'état de contamination durant toute l'année. Les premières, deuxièmes, troisièmes, quatrièmes, cinquièmes et sixièmes analyses ont été effectuées respectivement aux mois : Mai-juin/2010, juillet-août/2010,

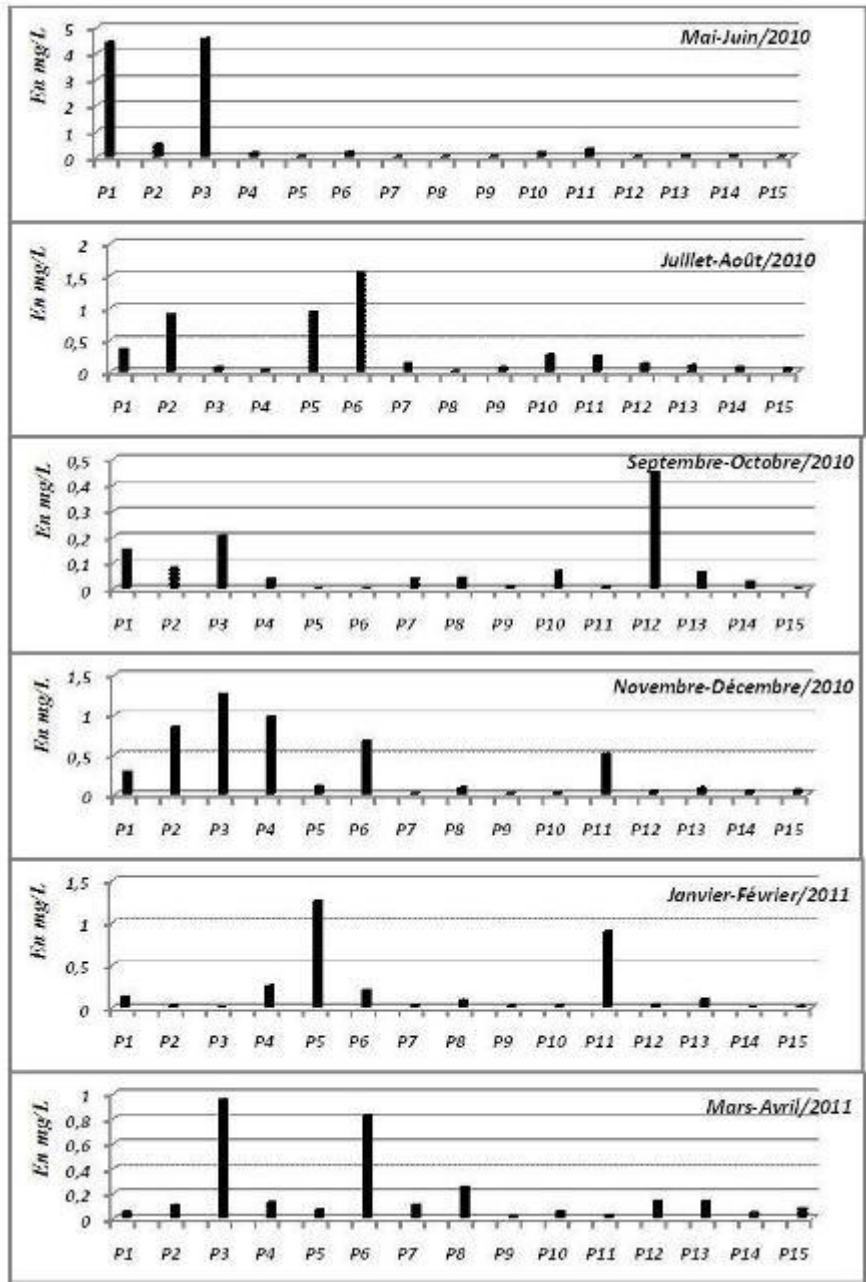
septembre-octobre/2010, novembre-décembre/2010, janvier-février/2011 et mars-avril/2011.

Chaque puits parmi les quinze retenus a été analysé six fois pour les nitrates et six fois pour les nitrites. Les résultats des analyses des nitrates et des nitrites sont interprétés respectivement dans les figures 2 et 3.



**Figure 2 :** Concentration des nitrates en mg/L d'eau (les puits sont désignés de P1 à P15)

*Impact de la pollution urbaine sur la contamination par les nitrates et les nitrites de l  
nappe phréatique de Martil (Maroc)*



**Figure 3 :** Concentration des nitrites en mg/L d'eau  
(les puits sont désignés de P1 à P15)

## Prélèvement, transport et analyses des échantillons

Les flacons pour les analyses chimiques sont fournis par le laboratoire de l'environnement de la division d'hygiène de la commune urbaine de Tétouan. Tous les prélèvements dans les puits sont effectués après pompage de trois minutes pour prélever de l'eau profonde du puits. Pour les puits ne disposant pas de système de pompage, l'eau est prélevée à environ 50cm de la surface libre de l'eau, et c'est la troisième levée de l'eau qui est retenue comme eau d'analyse. Le transport au laboratoire s'effectue juste après ramassage des échantillons (entre deux heures et cinq heures selon l'emplacement des puits visités). Les nitrates et les nitrites dépistés ont été mesurés par spectrophotométrie.

## RÉSULTATS

Les figures 2, 3 présentent respectivement les concentrations des nitrates et des nitrites dans les quinze puits prospectés durant l'année de suivi. L'analyse de ces résultats est faite sur la base des normes fixées pour la qualité de l'eau potable. En effet, beaucoup de ménages utilisent l'eau de leurs puits pour les besoins ménagers et comme eau de boisson (Nejjari, 2007 et Lahcen 2009).

Concernant les nitrates, Il ressort des analyses effectuées que 18 échantillons sur 90 (soit 20%) dépassent la norme marocaine de concentration en nitrates qui est de 50 mg/L (Norme marocaine, 2002). 26 autres échantillons se trouvent dans la tranche critique entre 40 et 50 mg/L. La concentration minimale est de 2,39 mg/L. Les puits dépassant la norme ne sont pas gravement contaminés, puisque la concentration maximale des nitrates est de 56,88 mg/L relevée dans le puits 4 du secteur II. Concernant les nitrites, les concentrations ont été comprises entre 0,001 mg et 4,574 mg/L. Sur les 90 échantillons analysés, 16,66% ont été supérieurs à la concentration de la norme marocaine qui est de 0,5 mg/L. L'étude n'a pas révélé d'influence significative de la saisonnalité sur les concentrations des nitrates et des nitrites dans les puits étudiés. Les différentes variations entre les secteurs analysés sont dues probablement aux différentes sources de pollution et leurs emplacements et distances par rapport aux puits.

## DISCUSSION

- Secteur I : Les puits 1, 2 et 3 (Figure 1) se trouvent dans le quartier Diza. Ce quartier informel souffre d'un manque total d'assainissement liquide comme les eaux usées à l'air libre, fosses septiques non normalisées et graves défaillances d'assainissement solide. Le quartier est entouré par un lac mort hautement pollué. 8 échantillons sur 18 (du secteur), soit 44,44% dépassent la norme de 50 mg de nitrates par litre d'eau. L'intervalle critique



de 40 à 50 mg/L est dépassé dans 5 autres échantillons, soit 27,77%. Les analyses de nitrites montrent 7 échantillons qui dépassent la norme de 0,5 mg/L d'eau, soit 38,88%. Des pics importants de nitrites ont été enregistrés au niveau des puits 1 et 2 par des concentrations respectivement de 4,428 mg/L et 4,574 mg/L dépassant largement la norme de 0,5 mg/L. Le secteur I contenant les puits 1, 2 et 3 est le secteur le plus contaminé par les nitrates et les nitrites parmi les secteurs étudiés de la plaine.

- Secteur II (puits 4, 5 et 6) : L'équipement de ce quartier par un réseau d'assainissement liquide semble prévenir contre une pollution grave. On note 5 échantillons qui dépassent la norme de 50 mg/L de nitrates avec 4 échantillons dépassant l'intervalle critique de 40-50 mg/L. Quant aux nitrites, la recherche a soulevé 6 échantillons qui dépassent la concentration de 0,5 mg/L.
- Secteur III : Les puits 7, 8 et 9 se trouvent dans une zone verte non résidentielle, à caractère pastoral non extensif, où la pollution de la nappe par les eaux usées, rejets industrielles et les fertilisants sont minimales. Les résultats de l'analyse semblent répondre à cette réalité : on ne trouve aucun échantillon qui dépasse les normes de concentration ni pour les nitrates ni pour les nitrites. Seulement 2 échantillons se trouvent dans la tranche critique entre 40-50 mg/L pour les nitrates.
- Secteur IV : Les puits 10 et 11 se trouvent au bord de l'oued Martil. Ils sont en aval des polluants liquides de la ville de Tétouan. La zone non équipée de réseau d'assainissement liquide est connue pour son activité agricole et l'élevage. L'analyse révèle le dépassement de la norme des nitrates dans deux échantillons. Trois autres échantillons sont dans la tranche critique de 40-50 mg/L. Toutefois, aucun puits ne dépasse la norme pour les nitrites.
- Secteur V : Quant aux puits 12 et 13, ils se trouvent dans un quartier à forte densité résidentielle (quartier Koelma). Le quartier se trouve juste sur la rive d'oued Martil en aval des polluants liquides versés dans la rivière. Quoique le site soit équipé de réseaux d'assainissement liquide, les résultats des analyses des puits indiquent le dépassement de la norme pour les nitrates dans deux échantillons. Trois autres dosages se trouvent dans l'intervalle critique de 40-50 mg/L. La concentration des nitrites n'est pas dépassée dans le secteur étudié.
- Finalement, le secteur VI (puits 14 et 15) se trouve en amont des sources de pollution de l'oued Martil, mais la zone est connue pour ses activités agricoles et l'élevage. Les résultats montrent seulement un échantillon qui dépasse la norme de nitrate. Toutefois, huit autres échantillons se situent dans la tranche critique de 40-50 mg/L, ce qui démontre que le secteur étudié est dégradé et susceptible de contenir prochainement une eau impropre à la consommation en l'absence de mise en œuvre de mesures

adoptées. Au niveau des mêmes puits, aucun échantillon ne dépasse la norme 0,5 mg de nitrites par litre d'eau.

Dans la zone étudiée, plusieurs facteurs peuvent causer la pollution de la nappe par les nitrates et les nitrites selon les secteurs territoriaux analysés. Vu le manque d'études antérieures sur l'origine de la contamination de la nappe phréatique de Martil (Maroc) par ces substances chimiques, une comparaison avec d'autres études peut nous guider sur les sources de cette pollution. D'après Mehdaoui (2000), Sbei (2004), Arumi (2006) et Mouni (2009), les aquifères peu profonds ou non confinés peuvent être contaminés par des rejets ou des suintements dus aux pratiques agricoles ou aux réseaux d'égout présents sur le site. La même hypothèse de la faible piézométrie est évoquée également par d'autres études (Dieng et al., 1999; Rouabhia et al., 2004; Dégbey et al., 2011). Cependant, la nappe étudiée de Martil est connue par sa faible profondeur (Hilali et al., 2003), le fait qui pourrait favoriser l'hypothèse de la contamination des eaux souterraines par les nitrates et les nitrites à partir des eaux usées urbaines.

Dans les secteurs à vocation agricole (secteur IV et VI), les nitrates pourraient avoir également comme source les engrais employés par les agriculteurs. La pollution des nappes par les fertilisants azotés est largement appuyée par d'autres travaux (Derradji, 2007 ; MSSF, 2004 et Rouabhia, 2009).

Dans autres régions du Maroc, la problématique de la pollution des nappes phréatiques par les nitrates et les nitrites a été soulevée par d'autres chercheurs. Dans leur travail sur la nappe de Tadla au Maroc, *Azghar et al.* (2002) récapitulent l'origine polyfactorielle de la pollution nitrique des nappes, dans la présence des eaux usées urbaines et industrielles, les engrais agricoles, la faible profondeur de la nappe, la texture du sol, la vitesse de l'infiltration de l'eau dans la nappe et le sens d'écoulement de celle-ci. Autres recherches respectivement dans la région de Mzamza au Maroc et dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin confirment la conclusion polyfactorielle de la pollution des nappes par les nitrates et les nitrites (El Aslouj, 2007 et Dégbey, 2008). Concernant les nitrites comme dérivées azotées, ils proviendraient directement des eaux usées urbaines. Ces substances peuvent être issues également de la nitroreduction bactérienne des nitrates (Martin, 1994 ; Botta, 2004).

L'importance du dépistage des nitrates et nitrites dans les puits découle de l'impact sur la santé que pourraient engendrer ces substances. Par exemple, la fréquence élevée de cancers de l'estomac dans le Finistère (France) pourrait partiellement s'expliquer par la pollution de la nappe phréatique par des engrais à base de nitrates qui se transforment grâce aux nitrates-réductases buccales en nitrites, donnant naissance par la suite à des nitrosamines (Boukerche, 2007). Mehdaoui et al. (2000) affirme dans son travail sur Moulay Bouselham au Maroc, qu'un dépassement de la norme de 50 mg/L de nitrates peut provoquer une intoxication, voire la mort des animaux qui viennent s'abreuver des eaux polluées par ces substances chimiques. Dans la région étudiée de Martil, des

études seront nécessaires pour préciser l'impact de la pollution des puits par les nitrates et les nitrites sur la santé humaine et animale.

## **CONCLUSION**

Le développement urbain et infrastructurel des villes de Martil et Tétouan (nord-ouest marocain) sans accompagnement par un assainissement liquide adéquat, s'est révélé néfaste sur la qualité de l'aquifère de cette région. Les eaux usées polluent directement la nappe et celle-ci se trouve partiellement polluée, parmi autres contaminants, par les nitrates et les nitrites dans quelques secteurs. Vu que l'eau souterraine de la zone étudiée est largement utilisée pour les différents besoins ménagers, y compris la boisson, les ablutions, la cuisine et l'abreuvement des animaux; la consommation de cette eau constituerait un risque pour la santé humaine et animale. L'étude a relevé des contaminations, concrètement, au niveau du quartier informel Diza, et au niveau des zones agricoles longeant la rivière.

Généralement, les polluants accompagnant les eaux usées sont d'une très grande diversité. Ils sont d'ordre biologique (virus, bactéries, parasites) et chimique. En plus des nitrates et nitrites, les métaux lourds sont largement connus comme constituants importants des eaux usées qui polluent les nappes phréatiques (*Martin et al., 1994*). L'impact de ces micropolluants sur la santé humaine reste à dépister.

Pour lutter contre la contamination par les nitrates et les nitrites provenant des eaux usées et de l'agriculture dans la zone étudiée, des recommandations peuvent être apportées telles que :

- Equipement total de la ville par le réseau d'assainissement liquide et achever la réalisation de la station de traitement.
- Généraliser l'accès à l'eau potable dans les secteurs étudiés.
- Interdire les rejets des eaux usées domestiques et industrielles de façon anarchique à l'air libre et dans la rivière de la ville.
- Utiliser avec modération les engrais dans les zones agricoles.
- Surveiller régulièrement la qualité des eaux souterraines par des prélèvements périodiques.

## **REMERCIEMENTS**

*Les auteurs tiennent à remercier les présidents des communes urbaines de Martil et de Tétouan, et le doyen de la Faculté des Sciences de Tétouan pour le soutien qu'ils ont apporté à la réalisation de la présente étude.*

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AGHZAR N., BERDAI H., BELLOUTI A., SOUDI B. (2002). Pollution nitrique des eaux souterraines au Tadla (Maroc). *Rev. Sci. Eau*, 15 : 459-462.
- ARUMI J.L., NUÑEZ J., SALGADO L., CLARET M. (2006). Evaluación del riesgo de contaminación con nitrato de pozos de suministro de agua potable rural en Chile. *Rev Panam Salud Publica*, 20 : 385-392. doi: 10.1590/S1020-49892006001100004
- BOTTA A., BELLON L (2004). Pollution chimique de l'eau et santé humaine. Service de médecine et santé au travail. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale (EA 1784, IFR PMSE 112). Avril 2004. ([www.ipeiem.rnu.tn/botta.pdf](http://www.ipeiem.rnu.tn/botta.pdf). Consultation le 30/11/2012)
- BOUKERCHE S, AOUACHERI W., SAKA S. (2007). Les effets toxiques des nitrates : étude biologique chez l'homme et chez l'animal. *Annales de Biologie Clinique*, 65 : 385-91. doi: 10.1684/abc.2007.0136
- DEGBEY C., MAKOUTODE M., AGUEH V., DRAMAIX M. ; DE BROUWER C. (2011). Facteurs associés à la qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies hydriques dans la commune d'Abomey Calavi (Bénin). *Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé*, 21 : 47-55.
- DEGBEY C., MAKOUTODE M., OUENDO E-M., FAYOMI B. ; DE BROUWER C. (2008). Qualité de l'eau de puits dans la commune d'Abomey-Calavi au Bénin. *Environ Risque Sante* ; 7 : 279-83. doi : 10.1684/ers.2008.0158
- DERRADJI F., BOUSNOUBRA H., KHERICI N., ROMEO M. ; CARUBA R. (2007). Impact de la pollution organique sur la qualité des eaux superficielles dans le nord-est algérien. *Sécheresse* ; 18 : 23-37. doi: 10.1684/sec.2007.0065
- DIENG Y., TANDIA A., WANE A.T., GAYE O., DIOP E. S. ; DIALLO S. (1999). Les parasitoses intestinales chez les habitants d'une zone péri-urbaine à nappe phréatique polluée par les nitrates d'origine fécale (Yeumbeul, Sénégal). *Cahiers santé*; 9: 351-356.
- EL ASSLOUJ J., KHOLTEI S., EL AMRANI-PAAZA N. ; HILALI A., (2007). Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines de la communauté Mzamza (Chaouia, Maroc). *Rev sci Eau*; 20 : 309-321.
- FORUM URBAIN MAROC (2006). Plan de développement communal de la Commune urbaine de Martil. Commune de Martil (Maroc). (<http://www.sdv-tetouan.ma/sdv-tetouan/produits/produit33/33.pdf>)
- HILALI M, LARABI A. ; AHARMOUCH A. (2003). Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos. IGME. Madrid. ISBN ; 84 : 470-8

- LAHCEN N. (2009). Pollution de la nappe phréatique de la plaine périurbaine de Martil (N-O du Maroc) et son impact sur l'environnement. *Revue AFN Maroc* (n°double) 4-5 : 12-33.
- MARTIN A. C., JORDAN J. J. C., ARTIGAS M. P. F., RUIZ B. JV, RUIZ J. A. H., SORINAS J.L., (1994). La reutilización ; Aspectos técnicos y sanitarios. *Reutilización Aguas Residuales, Criterios para la evaluación sanitaria de proyectos de reutilización directa de aguas residuales urbanas depuradas*, 1994 In : Junta de Andalucía, Consejería de Salud (Eds). Fundación Empresa-Universidad. Granada. 37-132.
- MEHDAOUI O., VENANT A., FEKHAOUI M. (2000). Contamination par les pesticides organochlorés et les nitrates de la lagune de Moulay Bouselham, Maroc. *Cahiers d'études et de recherches francophones / Santé* ; 10 : 381-8.
- MOUNI L., MERABET D., ARKOUB H., MOUSSACEB K. (2009). Etude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). *Sécheresse* ; 20 : 360-6. doi : 10.1684/sec.2009.0209
- MSSF. (2004). Ministère de la santé et des solidarités (France). Eau et santé. L'eau potable en France 2002- 2004. Guide technique. Ministère de la santé et des Solidarités. République française. [www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/bilanqualite\\_02\\_04.pdf](http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/bilanqualite_02_04.pdf). Consultation le 06/12/2012
- NEJJARI A. (2007). Situation de l'assainissement liquide dans la zone de Cabo Negro Martil. Thèse de licence. Tétouan (Maroc), Université Abdelmalek Essadi.
- NORME MAROCAINE. (2003). Qualité des eaux d'alimentation humaine. Norme marocaine de l'eau potable NM 03.7.001(<http://www.sante.gov.ma/Departements/DELM/cd%20zakia/NM037001.pdf>. consulté le 20/03/2013)
- ROUABHIA A, BAALI F., HANI A., DJABRI L. (2009). Impact des activités anthropiques sur la qualité des eaux souterraines d'un aquifère en zone semi-aride. *Sécheresse*; 20 : 279-85. doi : 10.1684/sec.2009.0199
- ROUABHIA A., BAALI F., KHERICI N., DJABRI L. (2004). Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines de la nappe des sables miocènes de la plaine d'El Ma El Abiod (Algérie). *Sécheresse* ; 15 : 347-52.
- SEBEI A., CHAABANI F., SOUISSI F., SAADI A. (2004). Hydrologie et qualité des eaux de la nappe de Grombalia (Tunisie nord-orientale). *Sécheresse* ; 15 : 159-66.
- TAZI O., FAHDE A., EL YOUNOUSSI S. (2001). Impact de la pollution sur l'unique réseau hydrographique de Casablanca, Maroc. Etude de cas. *Sécheresse* ; 12 :129-34.