



## Caractérisation physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de Tanger (Physico-chemical and bacteriological characterization groundwater of Tangier)

A. Fakh lanjri<sup>1\*</sup>, J. Brigui<sup>1</sup>, A. El Cadi<sup>2</sup>, M. Khaddor<sup>2</sup>, F. Salmoune<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Génie Chimique et Valorisation des Ressources Tanger/L01 Faculté des Sciences et Techniques, BP 416 Tanger, Maroc ;

<sup>2</sup>Laboratoire de chimie physique des matériaux, Substances Naturelles et Environnement, Faculté de Sciences et Techniques de Tanger Université Abdelmalek Essaâdi Tanger-Tetouan.

Received 7 Dec 2013, Revised 16 July 2014, Accepted 17 July 2014

\*Corresponding Author. E-mail: [flasmaa@yahoo.fr](mailto:flasmaa@yahoo.fr)

### Résumé

Au Maroc, l'approvisionnement en eau potable a fait des progrès remarquables, puisque la quasi-totalité de la population urbaine a été alimentée par l'eau potable. Cependant les zones rurales et certaines zones urbaines ne le sont pas, et s'alimentent encore des eaux de puits et des sources dont la composition et la salubrité sont ignorées. En conséquence les risques d'intoxications sont très fréquents et graves [1]. Devant l'absence des données sur la composition et la salubrité de cette catégorie d'eau, nous avons mené une étude visant à déterminer la qualité physico-chimique et bactériologique de certaines zones urbaines d'infrastructures anciennes ou manquantes de certains sites appartenant à la province de Tanger. Tels que les sites Ziatine, Gzenaya, Rmilate, Malabata + Mnar, Mghoura + Aouama et Centre ville [2]. Les résultats obtenus ont fourni une première description sur la composition et l'état de pollution des eaux des sites étudiés. Les analyses sont effectuées selon les méthodes AFNOR [3] et les résultats obtenus montrent que ces eaux sont généralement douces et connaissent un déséquilibre géochimique important. Par ailleurs ces eaux présentent également une pollution organique et bactériologique significatives. Nous concluons que les eaux des sites étudiés sont de mauvaise qualité voire même impropre à la consommation.

*Mots clés:* Caractérisation physico-chimiques, bactériologie, eaux de puits, eaux de sources, pollution, Afnor.

### Abstract

In Morocco drinking water has made remarkable progress since almost all of the urban population has been supplied by drinking water. However, rural areas and some urban areas are not, and still feed on wells and springs water whose composition and safety are unknown. Consequently the risk of poisoning is extremely common and serious [1]. Given the lack of data on the composition and safety of this class of water, we conducted a study to determine the physico-chemical and bacteriological quality of some urban areas with old or missing infrastructures in some sites in the province of Tangier. Such as Ziatine, Gzenaya, Rmilate, Malabata + Mnar, Mghoura + Aouama and Downtown [2]. The obtained results provided the first description of the composition and conditions of water pollution in the studied sites. The analysis are performed according to AFNOR methods [3] and the obtained results show that these waters are generally fresh and are experiencing significant geochemical imbalance. Moreover, these waters also have a significant organic and bacteriological pollution. We conclude that the waters of the studied sites have poor quality or even unfit for human consumption.

*Keyword:* Water resources; Physico-chemical characterization; bacteriology Afnor methods; geochemical disequilibrium; contamination.

### 1. Introduction

L'eau est nécessaire pour la vie, sa préservation et sa protection vis à vis des agents contaminants devient une nécessité capitale. De ce fait la potabilité des eaux de surface ou des nappes phréatiques constitue pour l'homme un des enjeux majeurs.

Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, ne signifie pas qu'elle est exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre la santé du consommateur en danger.

L'eau souterraine, qui est généralement de meilleure qualité que celle de surface peut être vulnérable à la contamination, et des précautions doivent être prises pour assurer un approvisionnement en eau de bonne qualité.

Malgré qu'elle puisse avoir une apparence claire et n'avoir aucune odeur ou saveur particulière, l'eau captée peut contenir des éléments pouvant avoir des effets indésirables sur la santé, comme des microorganismes pathogènes, des substances indésirables ou même des substances toxiques.

Les analyses effectuées sur les eaux souterraines qui alimentent le secteur urbain et la totalité des zones rurales doivent être menées d'une façon régulière pour prévenir tout risque éventuel des intoxications sur la santé.

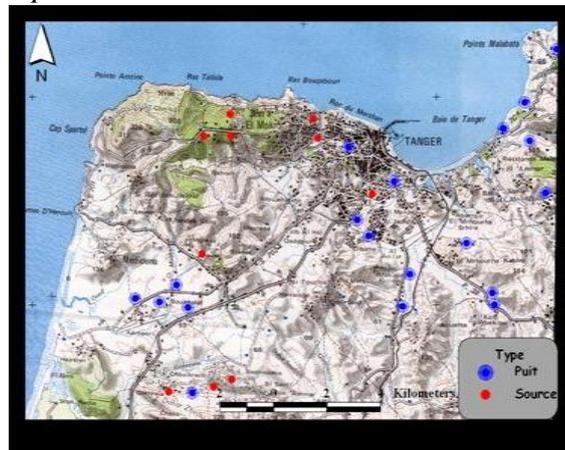
Dans le contexte actuel de la politique de gestion durable des ressources en eau, la prédiction du risque de pollution et la protection de ces ressources sont d'une importance capitale. Pour cela, la sauvegarde, à moyen et à long terme, de la qualité de ces ressources s'impose [4].

Vu le développement socioéconomique que connaît l'humanité, la pollution de l'environnement est devenue une préoccupation primordiale. L'impact de cette pollution sur les ressources naturelles devient de plus en plus majeur. La gestion de l'eau en tant que ressource naturelle est une question préoccupante pour de nombreux états. Le rapport de l'OCDE qualifie ce problème comme nécessitant une attention urgente [5]. La pénurie en eau sera aggravée par l'augmentation de la population et donc des besoins éventuels en eau potable et en eau pour l'agriculture [6]. L'eau est une composante de l'environnement la plus vulnérable aux différentes contaminations, en particulier les eaux souterraines [7].

Du fait que l'alimentation en eau potable est limitée à certaines zones urbaines, les habitants des régions rurales voire urbaines se trouvent obligés de s'approvisionner soit des sources ou des puits, ces dernières peuvent être contaminées.

## 1. Matériel et méthodes

### 1.1. Les points et la méthode de prélèvement



**Figure 1 :** Carte de Situation des sites et des points de prélèvement

Le choix des zones d'échantillonnage est basé d'une part sur l'utilisation importante de ces eaux souterraines dont la qualité n'est pas connue et d'autre part sur les caractéristiques environnementales de chaque site.

L'échantillonnage est fait dans des flacons qui doivent être en verre avec bouchon vissé, stérilisé au préalable en laboratoire. Nous transportons des échantillons au frais (2-4°C). Nous effectuons les analyses au plus tard 24 heures après le prélèvement.

Les sites choisis sont les suivants :

- Le site (S'1): C'est une région à activité agricole de plus elle est non assainie.
- Le site (S'2) similaire au site (S'1), mais de nature géochimique différente.
- Le site (S'3) : c'est un site où il y a absence d'activité agricole et industrielle, avec une influence maritime
- Le site (S'4) : c'est une zone dont l'assainissement n'est pas généralisé. Il est prêt de certaine bouchure des oueds pollués et connaît une grande population.
- Le site (S'5) : c'est une zone qui connaît une activité industrielle, partiellement assainie.
- Le site (S'6): site qui contient des activités humaine à impacts nuisible pour l'environnement ; avec vieillissement au niveau du réseau d'assainissement.

## 1.2. Les analyses de différents prélèvements

- Analyses physico-chimiques: pH-métrie, Température, Oxygène dissous, Conductivité, Turbidité, Titre Hydrotimétrique (TH) ou dureté totale, titre alcalimétrique (TA), Titre alcalimétrique complet (TAC), Matière en suspension (MES), Demande chimique en oxygène (DCO), Demande biochimique en oxygène en 5 jours (DBO5) et Oxydabilité au permanganate de potassium.
- Analyses des substances indésirables: Les nitrites, les nitrates, l'ammonium, les chlorures (Cl<sup>-</sup>), les orthophosphates, les sulfates et le fer.
- Analyses des substances toxiques «métaux lourds» tel que : Manganèse (Mn<sup>2+</sup>), Cuivre (Cu<sup>2+</sup>), Zinc (Zn<sup>2+</sup>), Cadmium (Cd<sup>2+</sup>), Chrome (Cr<sup>6+</sup>), Plomb (Pb<sup>2+</sup>), Nickel (Ni<sup>2+</sup>).
- Analyses bactériologiques : Les germes recherchés dans les eaux des six sites étudiés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. La méthode exploitée pour la recherche des bactéries dans les eaux étudiées est basée sur la méthode dite de la membrane filtrante (MF) et selon les normes «AFNOR».

## 2. Résultats et discussion

### 2.1. Caractérisation physico-chimique des eaux analysées

L'eau contient des gaz dissous essentiellement de l'oxygène (O<sub>2</sub>) et du gaz carbonique (CO<sub>2</sub>), et également des ions dissous dont les principaux sont le calcium (Ca<sup>2+</sup>), le magnésium (Mg<sup>2+</sup>), le sodium (Na<sup>+</sup>), le potassium (K<sup>+</sup>), les carbonates (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), les sulfates (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>), les chlorures (Cl<sup>-</sup>) et les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ces ions proviennent essentiellement du lessivage des sols par les eaux de pluie. Leur teneur dépend directement de la nature des roches. Les limites et les concentrations des constituants présents dans les eaux de chaque site analysé sont indiqués dans le tableau 1.

**Tableau 1 :** Evaluation des concentrations des constituants de l'eau dans l'ensemble des sites étudiés à la température de 22°C durant la période de Avril- Juillet 2010.

Site (S'1)	Concentration (mg/l)	Valeurs limites	Site (S'2)	Concentration (mg/l)
Mg <sup>2+</sup>	2,74	50	Mg <sup>2+</sup>	1,8
Ca <sup>2+</sup>	2,05	150	Ca <sup>2+</sup>	12,38
Na <sup>+</sup>	4,8	12	Na <sup>+</sup>	3,25
K <sup>+</sup>	54	50	K <sup>+</sup>	0,53
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	19,78	300	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,02
Cl <sup>-</sup>	954	200	Cl <sup>-</sup>	610
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	57,62	7	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	28,76
Site (S'3)	Concentration (mg/l)	Valeurs limites	Site (S'4)	Concentration (mg)
Mg <sup>2+</sup>	3,75	50	Mg <sup>2+</sup>	10,92
Ca <sup>2+</sup>	7,11	150	Ca <sup>2+</sup>	26,34
Na <sup>+</sup>	6,17	12	Na <sup>+</sup>	4,9
K <sup>+</sup>	72,4	50	K <sup>+</sup>	83,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10,82	300	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21,16
Cl <sup>-</sup>	617	200	Cl <sup>-</sup>	1065
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	249	7	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	267
Site (S'5)	Concentration (mg/l)	Valeurs limites	Site (S'6)	Concentration (mg/l)
Mg <sup>2+</sup>	3,18	50	Mg <sup>2+</sup>	5,92
Ca <sup>2+</sup>	5,02	150	Ca <sup>2+</sup>	2,29
Na <sup>+</sup>	5,18	12	Na <sup>+</sup>	9,44
K <sup>+</sup>	0,19	50	K <sup>+</sup>	0,47
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	32,55	300	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	63,4
Cl <sup>-</sup>	507	200	Cl <sup>-</sup>	490
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	583	7	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	441

Les résultats montrent que les concentrations en substances essentielles telles que :  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$  sont généralement faibles. En revanche les concentrations de  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{Cl}^-$  dépassent largement la valeur. Ces eaux ne sont pas équilibrées en minéraux. Leur utilisation nécessite alors un traitement adéquat pour réduire les autres éléments qui sont en excès.

Les résultats montrent aussi que les paramètres de pollution dépassent les normes marocaines dans l'ensemble des sites. Cette pollution provient essentiellement de la dégradation de la matière organique présente dans le milieu et éventuellement des composés d'origine artificielle.

L'enrichissement d'eaux en nitrates et en phosphates résulte de la pollution diffuse liée à la percolation des eaux de pluie des sols cultivés et à la pollution ponctuelle engendrée par l'infiltration directe des eaux usées

En général, la présence de nitrates -très soluble dans l'eau- provient de l'agriculture, des rejets des collectivités locales et de l'industrie. Les nitrates constituent aujourd'hui la cause majeure de la pollution des eaux souterraines.

## 2.2. Dureté des eaux analysées

La variation maximale de la dureté de l'eau dans les différents sites est présentée dans le tableau 2.

**Tableau 2 :** Evaluation de la dureté de l'eau dans l'ensemble des sites étudiés à la température de 22°C durant la période de Avril- Juillet 2010

	(S'1)	(S'2)	(S'3)	(S'4)	(S'5)	(S'6)	Normes
TH (°F)	11,9	9,55	4	11,6	17,5	23,75	6

De plus lorsque la dureté de l'eau, associée à son acidité, elles définissent son agressivité : une eau douce associée à une eau acide donne une eau agressive.

Nous pouvons donc qualifier les eaux du site de Rmilate d'agressive. Par ailleurs les eaux des autres sites sont douce à l'exception des eaux des sites de Mghoura–Aouama et Centre ville qui sont moyennement dures.

## 2.3. Substances toxiques : métaux lourds

La pollution engendrée par les substances toxiques est représentée par les teneurs maximales de chaque polluant pour l'ensemble des sites par le tableau 3.

**Tableau 3 :** Evaluation des substances toxiques dans l'ensemble des sites étudiés la température de 22°C durant la période de Avril- Juillet 2010

Site (S'1)	Valeur maximale	Norme Ug/l	Site (S'2)	Valeur maximale
Plomb	30,3	50	Plomb	27,6
Cadmium	4,76	5	Cadmium	1,58
Nickel	0,135	50	Nickel	115
Chrome	17,2	50	Chrome	16,95
Site (S'3)	Valeur maximale	NormeUg/l	Site (S'4)	Valeur maximale
Plomb	43	50	Plomb	60,5
Cadmium	5,95	5	Cadmium	12,65
Nickel	73	50	Nickel	200
Chrome	35,7	50	Chrome	193,2
Site (S'5)	Valeur maximale	NormeUg/l	Site (S'6)	Valeur maximale
Plomb	13,5	50	Plomb	18,5
Cadmium	2,22	5	Cadmium	37,8
Nickel	159	50	Nickel	300,6
Chrome	140	50	Chrome	361

Cette étude montre que la présence des métaux lourds analysés (le plomb, cadmium, Nickel et le chrome) dans la majorité des sites.

Cette présence est attribuée en générale à l'activité humaine (rejets urbains), cette pollution constitue une préoccupation essentielle et pose un problème particulier car elles ne sont pas biodégradables.

### 2.3. Paramètre de la pollution

Paramètre bactériologique de la pollution:

✓ Coliformes totaux (Figure2)

Nous constatons que sur les 6 sites étudiés les coliformes totaux sont omniprésents avec une variation de quantité d'un site à l'autre.

✓ Coliformes fécaux (Figure 2)

Les coliformes fécaux, bactéries indicatrices d'une contamination fécale sont également présents dans tous les sites. Leur quantité est moins importante que celle des coliformes totaux et elle varie d'un site voire même d'un point de prélèvement à l'autre.

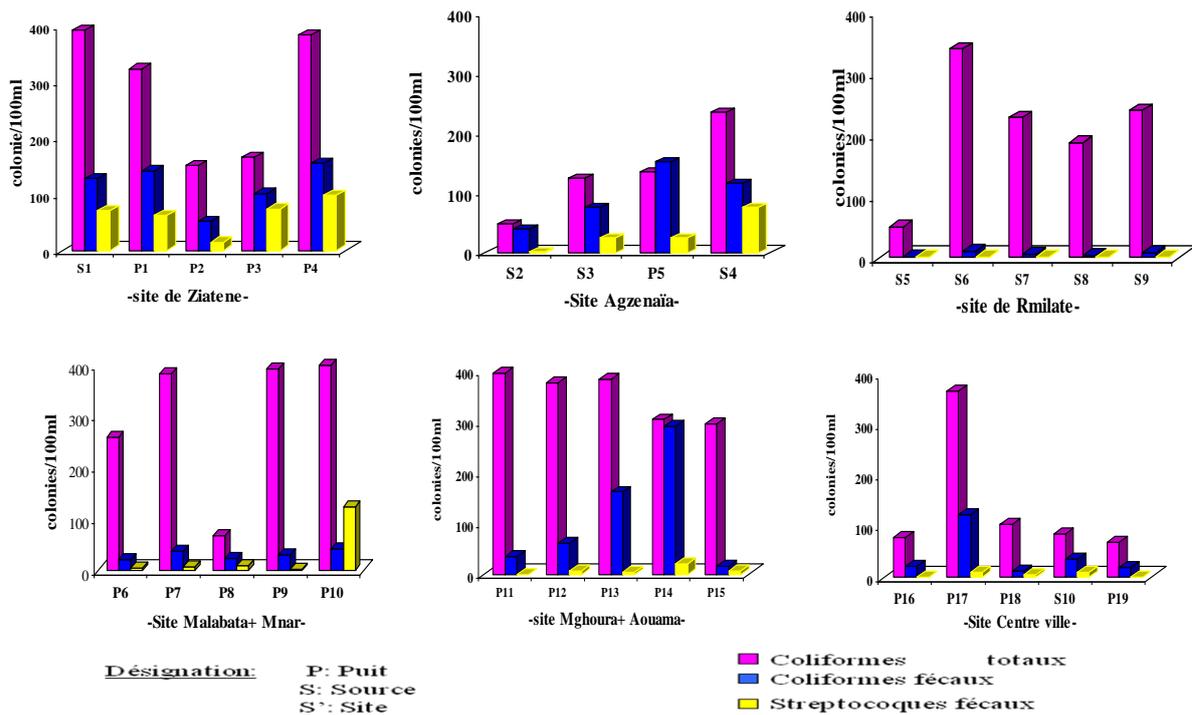
✓ Streptocoques fécaux (Figure 2)

Les streptocoques fécaux, bactéries également indicatrices d'une contamination fécales sont présents, mais beaucoup moins abondants que les coliformes fécaux.

L'étude de la variation spatiale des 3 souches bactériennes sur les 6 sites montre une omniprésence des coliformes totaux. Ceci peut être expliqué par une contamination environnementale.

La présence des coliformes fécaux et streptocoques fécaux s'explique par contre par une contamination d'origine fécale. La variation spatiale de cette contamination est très hétérogène entre les sites et entre des points de prélèvement du même site.

A partir de ces résultats le degré de qualité bactériologique de ces eaux et la qualifiée non- conforme aux normes. Ces derniers exigent l'absence totale des germes indicateurs de contamination fécale dans les eaux destinées à l'alimentation humaine.



**Figure 2 :** Variation spatiale de nombres des trois souches bactériennes dans chaque site.

### Conclusion et perspectives

La répartition des valeurs de chaque paramètre chimique et bactériologique a été étudiée afin de caractériser la qualité générale des eaux des puits et des sources de Tanger.

Les résultats de notre étude fournissent une première description de l'état de pollution et permettent d'élaborer une grille de qualité avec une meilleure connaissance des relations entre ces eaux et leurs environnement.

Ces eaux sont globalement de mauvaise qualité. Elles sont globalement douces et présentent un déséquilibre géochimique caractérisé par une carence en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et un excès en  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ .

Elles connaissent une pollution organique importante caractérisée par des valeurs élevées de DBO5, DCO et MES.

La pollution par les métaux lourds et aussi présente (Pb, Ni, Cd et Cr). Ces eaux présentent une dégradation bactériologique manifestée par la présence des bactéries indicatrices d'une contamination fécale.

Cette pollution est de type diffuse et ponctuelle dont l'origine peut être attribuée à la présence d'une décharge non contrôlée et des points noirs; au manque du réseau d'assainissement; à l'absence du traitement des eaux usées et au manque d'hygiène.

Dans l'absence de tout traitement, des études complémentaires seraient impératives pour chercher des paramètres de pollution plus dangereux tels que les pesticides et autres métaux lourds.

## **Références**

1. Allain-ElMansouri B., « La distribution d'eau potable à Rabat-Salé (Maroc) : Fontaine ou branchement individuel», Cahiers d'URBAMA, (Tours) in «L'EAU ET LA VILLE AU MAROC un service public local en mutation»; Correspondances n°62 août-septembre-octobre (2010).
2. Administration de l'industrie – Division de la Normalisation(SNIMA).source ONEP. Qualité des eaux d'alimentation humaines - Normes marocaines - arrêté d'homologation N° 382-89 (octobre 1988) B.O N°3990(Avril 1989).
3. AFNOR, 1986 in Rodier 1996. DUNOD ; 8<sup>ème</sup> édition, ISBN 2100024167.
4. AMHARREF M., BERNOUSSI A.. Vulnérabilité et risque de pollution des eaux souterraines. Actes des JSIRAUF, Hanoi, 6-9 novembre (2007).
5. Les perspectives de l'environnement (2001), Rapport de l'OCDE
6. A-t-il un risque de pénurie ? dossier sur l'eau du CNRS
7. Ferland J., Lacouline R., Lamontagne Ch, Ouellet M. Guide technique de captage d'eau souterraine pour des résidences isolées.

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