



Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux traitées de la ville de Nouakchott, Mauritanie

Brahim Ahmed Dick^{1,2}, Anas Driouich¹, Khalid Digua¹, M. S.A. Kankou²,
Yahya Maham Ould Sidi^{2,4}, Mohamed Fakhroui⁴, Mohamed El Kory Chiekh³, Hassan Chaair¹

¹ Laboratoire de Génie des procédés et Environnement, FST Mohammedia, Université de Hassan II de Casablanca, BP 140 Mohammedia, Tél. (+212) (0) 52331 5352, Maroc.

² Laboratoire de l'unité de recherche Eau, Pollution, Environnement, FST, Université de Nouakchott Allasseriya, Mauritanie, BP 5026, Tél. (+222) 45 25 11 68 / 4525 30 07

³ Laboratoire National de contrôle de la Qualité des eaux-INRSP, Nouakchott, Mauritanie, BP: 596, Tel : (+222) 36 34 47 81

⁴ Centre Geophysic-Natural Patrimony and Geen Chemistry (GEOPAC), Laboratoire Geo-Boidevervité et Naturel Patrimoine, Institut Scientifique, Université Mohammed V de Rabat. Avenue Iben Batota, BP: 703 : 10106, Rabat-Agdal-Maroc

Infos

Received: 30 June 2018
Accepted: 15 August 2018

Keywords - Mots clés

Suivi, eau, traitement, qualité, physicochimique, Nouakchott, Mauritanie

Corresponding authors emails

bradick2005@yahoo.fr ;
h.chaair@yahoo.fr

Abstract - Résumé

Dans le but de suivre la qualité physico-chimique de l'eau traitée de la ville de Nouakchott en Mauritanie, qui joue un rôle très important comme source principale d'eau potable, nous avons effectué deux prélèvements chaque mois au niveau de deux sites : Eau traitée à la sortie de la station du traitement et le château du consommateur à Nouakchott, Mauritanie entre Septembre 2015 et Aout 2016. Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau de la ville de Nouakchott présentés dans ce travail, ont montré que le pH est proche de la neutralité (7.74), la conductivité moyenne est de 121.9 µS/cm. En ce qui concerne les composés azotés, les teneurs en nitrates, nitrites et ammonium sont respectivement 0.59, 0.005 et 0.03 mg/l. Ces valeurs sont nettement inférieures aux valeurs moyennes de la norme de l'eau potable préconisée par l'OMS. Les valeurs de la turbidité, le chlore total, le chlore libre et l'aluminium sont respectivement 2.34 NTU, 0.48 mg/l, 0.40 mg/l, et 0.05 mg/l qui sont très faibles par rapport à la norme de l'OMS de l'eau potable. D'après ces études tous les paramètres physicochimiques répondent aux normes de l'OMS des eaux d'alimentation et démontrent que l'eau de surface alimentant la ville de Nouakchott est de bonne qualité.

In order to follow the physicochemical quality of the treated water of the city of Nouakchott, in Mauritania, who play a very important role as main source of drinking water, we made a sampling every two months at two sites : Treated water at the release of treatment station and the consumer castle in Nouakchott between 09/2015 and 08/2016. The results of the analysis of physicochemical parameters of the treated water of the city of Nouakchott presented in this work showed that the pH is close to neutrality (7.74), conductivity average is 121.9µS/cm. Regarding nitrogen compounds, the contents in nitrates, nitrite and ammonium are respectively 0.59mg/l, 0.005mg/l and 0.03mg/l, these value are much lower values way to the standard of the WHO's drinking water. Regarding turbidity, total chlorine, chlorine free and the aluminum are very low and are respectively 2.34 NTU, 0.48 mg/L, 0.40 mg/L and 0.05 mg/L. Physicochemical parameters values show that the surface water feeding the city of Nouakchott is classified as excellent.

1. INTRODUCTION

Le problème de la qualité, de la quantité et du développement économique de la population dans de nombreux pays, en particulier ceux qui reçoivent peu de pluie, comme les pays du Sahel, nécessite la recherche de méthodes modernes de prospection des ressources en eau.

La Mauritanie, par exemple, à cause de son climat sahélien est un pays déficitaire en eau. En effet, la faible pluviométrie, l'importance de l'évaporation ainsi que la nature géologique du pays font que la Mauritanie est pauvre en ressources hydriques. Les ressources en eau en Mauritanie sont donc limitées alors que ses besoins en cette substance vitale augmentent. C'est le cas de Nouakchott qui fait partie des régions du monde où les ressources en eau potable sont extrêmement limitées. Nouakchott est la capitale de la Mauritanie, située au bord de l'océan Atlantique, est approvisionnée en eau potable à partir du fleuve Sénégal. Un prétraitement de l'eau du fleuve est effectué à Beni Naji suivi d'un traitement (chloration) au niveau de la station de PK 17 de Nouakchott avant que l'eau soit distribuée dans le réseau.

Même si le risque infectieux demeure toujours l'objectif numéro un du traitement de l'eau, le problème des contaminations chimiques est devenu de plus en plus important. Cela est dû autant à la disponibilité de nouvelles techniques de détection qui mettent en évidence la présence de multiples contaminants chimiques à très faibles concentrations que du manque de connaissances sur leurs effets [1]. C'est particulièrement le cas pour les sous-produits générés par la désinfection de l'eau [2].

2. MÉTHODES ET MATÉRIELS

2.1. Réactifs, leur pureté et origine

Produit	Caractérisation	Symbole chimique	Fabricant
Ethylène diamine tétra acétique (EDTA)	Masse molaire : $292,2426 \pm 0,0119$ g/mol C 41,1 %, H 5,52 %, N 9,59 %, O 43,8 %	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	VWR CHEMICALS
Chlorure d'Ammonium	Masse molaire $53,491 \pm 0,002$ g/mol H 7,54 %, Cl 66,28 %, N 26,19 %	NH ₄ Cl	VWR CHEMICALS
Ammoniac	$32,0305 \pm 0,0004$ g/mol H 17,76 %, N 82,25 %	NH ₃	Merck
Eriochrome noir T (NET)	$461,38 \pm 0,025$ g/mol C 52,06 %, H 2,62 %, N 9,11 %, Na 4,98 %, O 24,27 %, S 6,95 %	C ₂₀ H ₁₂ O ₇ N ₃ SNa	VWR CHEMICALS
Hydroxyde de sodium	Masse molaire $39,9971 \pm 0,0004$ g/mol, $\geq 97\%$, H 2,52 %, Na 57,48 %, O 40 %	NaOH	SIGMA - ALORICH
Murexide	$84,1857 \pm 0,01$ g/mol C 33,81 %, H 2,84 %, N 29,57 %, O 33,78 %	C ₈ H ₈ O ₆ N ₆ , H ₂ O	VWR CHEMICALS
Nitrate d'argent	$169,8731 \pm 0,0013$ g/mol Ag 63,5 %, N 8,25 %, O 28,26 %	AgNO ₃	SIGMA - ALORICH
Bichromate de potassium	$294,1846 \pm 0,0035$ g/mol Cr 35,35 %, K 26,58 %, O 38,07 %	K ₂ Cr ₂ O ₇	SIGMA - ALORICH
Acide nitrique	Masse Molaire $63,0128 \pm 0,0012$ g/mol, 65% H 1,6 %, N 22,23 %, O 76,17 %	HNO ₃	Merck
Acide Chlorhydrique	Masse molaire $36,461 \pm 0,002$ g/mol H 2,76 %, Cl 97,23 %, 37%	HCl	Merck
Phénolphtaléine	Masse molaire $318,3228 \pm 0,0182$ g/mol C 75,46 %, H 4,43 %	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	SIGMA - ALORICH
Méthyle orange	Masse molaire $327,33$ g·mol ⁻¹	C ₁₄ H ₁₄ O ₃ N ₃ SNa	SIGMA - ALORICH
Acide sulfurique	Masse molaire $98,078 \pm 0,006$ g/mol, 98 %, H 2,06 %, O 65,25 %, S 32,69 %	H ₂ SO ₄	Merck
α -naftylamine	$\geq 99,0\%$ d=1.114 g/mL at 25 °C(lit.) Molecule Masse 143.19g/mol.	C ₁₀ H ₉ N	SIGMA - ALORICH
p-aminobenzène	Masse moléculaire $197,241$ g/mol $\geq 88\%$	NH ₂ C ₆ H ₄ COOH	SIGMA ALORICH

Produit	Caractérisation	Symbole chimique	Fabricant
nitrite de sodium	68,9953 ± 0,0008 g/mol N 20,3 %, Na 33,32 %, O 46,3	NaNO ₂	SIGMA - ALORICH
Iodure de potassium	Masse molaire : 166,0028 g/mol	KI	SIGMA - ALORICH
Dichlorure de mercure	Masse molaire 271,5 ± 0,02 g/mol Cl 26,12 %, Hg 73,89 %	HgCl ₂	SIGMA - ALORICH
Chlorure de baryum	Masse molaire : 208,23 g/mol	BaCl ₂	SIGMA- ALORICH
Gélatine	Les acides aminés constituant la gélatine sont : la glycine (21 %), la proline (12 %), l'hydroxyproline (12 %), l'acide glutamique (10 %), l'alanine (9 %), l'arginine (8 %), l'acide aspartique (6 %), la lysine (4 %), la sérine (4 %), la leucine (3 %), la valine, la phénylalanine et la thréonine (2 %), l'isoleucine et l'hydroxylysine (1 %), la méthionine et l'histidine (< 1 %) et la tyrosine (< 0,5 %)	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	VWR CHEMICALS
Thymol	150,2176 ± 0,0093 g/mol C 79,96 %, H 9,39 %, O 10,65 %	C ₁₀ H ₁₄ O	VWR CHEMICALS
Solution standard de sodium 1000ppm	Masse molaire 58.44g/mol, For atomic absorption. (1mL = 1mg Na) Solute: Sodium Chloride Solvent: Distilled Water.	Na	Merck
Solution standard de potassium 1000ppm	Masse molaire 74.548g/mol, For atomic absorption. (1mL = 1mg K) Solute: Sodium Chloride Solvent: Distilled Water	K	Merck

2.2. Méthodes d'analyses

Les dix-neufs (19) paramètres physico-chimiques étudiés : la température, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la dureté, le calcium, le magnésium, le sodium, le potassium, les nitrates, les nitrites, l'ammonium, l'aluminium, le sulfate, le chlorure, les carbonates, l'oxydabilité, le chlore total et le chlore libre.

Le pH et la température ont été déterminés par un pH-mètre de marque Hanna muni d'une sonde mesurant la température. La conductivité électrique a été mesurée par un conductimètre de marque Hanna. La dureté, les ions calcium et magnésium sont dosés par la méthode volumétrique avec EDTA 0,02 N. Les chlorures sont dosés par la méthode volumétrique avec nitrate d'argent 0,1N. Les carbonates sont dosés par une méthode volumétrique avec HCl 0,1N. Les nitrates, nitrites, ammonium et sulfates sont dosés par un spectrophotomètre UV-Visible de type 722 S Beijing. Les nitrates sont dosés par la méthode colorimétrique en présence de salicylate de sodium. Les nitrites sont dosés par la méthode colorimétrique en présence de naphtylamine et éthylène diamine. Les ions ammonium sont dosés par la méthode colorimétrique en présence du réactif Nessler. Les sulfates sont dosés par la méthode colorimétrique en présence du réactif chlorure de baryum.

Les ions sodium et potassium sont dosés par un photomètre à émission atomique de type Corning 410. L'aluminium, le chlore total et le chlore libre sont dosés par un photomètre de Wagtech avec la méthode de DPD.

3. RESULTATS

La qualité physico-chimique de l'eau traitée de Nouakchott en Mauritanie a été suivie par le biais de l'analyse de l'eau récoltée au niveau de deux (2) sites : *Eau traitée à la sortie de la station du traitement et le château du consommateur.*

3.1. Evolution des paramètres physiques

Les analyses effectuées montrent que le pH de l'ensemble des échantillons est compris entre 7,22 et 8,26 (Tableau 1). En ce qui concerne la minéralisation de l'eau de Nouakchott, les mesures de la conductivité de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre 105.7 et 138.1 µS/cm (Tableau 1). Les

Tableau 1. Résultats des paramètres physiques de l'eau

Paramètre	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	--	7.22	8.26	7.74
Conductivité	µS/cm	105.7	138.1	121.9
TDS	g/l	0.053	0.069	0.061
Turbidité	NTU	0.73	3.95	2.34

mesures de la TDS de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre 0,053 et 0,069 g/l (Tableau 1).

Les valeurs de la turbidité sont situées entre 0.73 et 3.95NTU (Tableau 1).

3.2. Evolution des paramètres chimiques

Les teneurs en sodium et en potassium des échantillons varient respectivement de 6 à 7 mg/l et de 1 à 2 mg/l. Les teneurs en calcium et magnésium varient entre 12.02 mg/l et 16.03 et de 1.94 et 3.88 mg/l. Les teneurs en chlorure et carbonates varient entre 14.20 et 28.40 mg/l et de 24.40 et 48.80 mg/l. Les teneurs de l'oxydabilité en mgd'O₂/l varient entre 0.192 et 0.704 (Tableau 2).

Les teneurs en chlore total et en chlore libre des échantillons varient respectivement entre 0.09 à 0.88 mg/l et de 0.02 à 0.79 mg/l. En ce qui concerne les composés azotés (nitrates, nitrites et ammonium), leurs teneurs sont très faibles.

Les teneurs en nitrate et en nitrites des échantillons varient respectivement de 0.24 à 0.95 mg/l et de 0.00 à 0.01 mg/l. Les teneurs en ammonium des échantillons varient de 0.00 à 0.06 mg/L. Les teneurs en sulfates des échantillons varient de 16 à 23 mg/L. Les teneurs en aluminium des échantillons varient 0.02 mg/L à 0.08 mg/L (Tableau 3).

Tableau 2. Résultats des paramètres chimiques de l'eau

Paramètres	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne
Dureté total	°f	4.40	5.80	5.1
Calcium	mg/l	12.02	16.03	14.02
Magnésium	mg/l	1.94	3.88	2.91
Sodium	mg/l	6	7	6.5
Potassium	mg/l	1	2	1.5
Chlorure	mg/l	14.20	28.40	21.3
Carbonates	mg/l	24.40	48.80	36.6
Oxydabilité	Mg d'O ₂ /l	0.192	0.704	0.448

Tableau 3. Résultats des paramètres toxiques de l'eau

Paramètres	Unité	Minimum	Maximum	Moyenne
Chlore total	mg/l	0.09	0.88	0.48
Chlore libre	mg/l	0.02	0.79	0.40
Nitrates	mg/l	0.24	0.95	0.59
Nitrites	mg/l	0.00	0.01	0.005
Ammonium	mg/l	0.00	0.06	0.03
Sulfates	mg/l	16	23	19.5
Aluminium	mg/l	0.02	0.08	0.05

4. DISCUSSION

Dans le cadre de notre étude, nous avons effectué au total 100 prélèvements pour les analyses physico-chimiques. Les différents échantillons d'eau traitée, et du château du consommateur à Nouakchott sont prélevés pour être analysés. Les prélèvements ont été effectués dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 1 litre. A cause des variations qui peuvent affecter les échantillons d'eau pendant le transport, certains paramètres sont déterminés immédiatement sur le site même de prélèvements tels que le pH, la température, la conductivité électrique, la TDS, le chlore total, le chlore libre et la turbidité.

L'effet le plus important lié à la santé qui caractérise la turbidité est probablement sa capacité de protéger les bactéries et les virus contre la désinfection [3]. L'épidémie d'hépatite infectieuse survenue à Delhi, en Inde, attribuable à la communication en masse d'une source d'eau brute alimentant une usine de traitement par des eaux usées, s'est également accompagnée d'une augmentation importante de la turbidité de l'eau brute [4].

La turbidité de l'eau brute du fleuve Sénégal lors des études varie entre 87 à 490 NTU. La présence très élevée des germes indicateurs de la contamination fécale, constituent sans doute une menace pour les habitants qui tirent l'eau nécessaire à la majeure partie de leurs besoins [5]. De ce fait la turbidité de l'eau traitée au niveau de la ville de Nouakchott a été mesurée et elle s'est avérée entre 0.73 et 3.95 NTU.

Les valeurs repérées sont inférieures à la limite qui est de 5 NTU, ce qui induit que l'eau potable de la ville de Nouakchott ne présente pas une contamination par des germes fécaux.

Le traitement de l'eau au niveau de Nouakchott se fait actuellement avec le sulfate d'aluminium qui a été démontré d'après plusieurs études qu'il induit le risque du développement de la maladie neuronale dégénérative d'Alzheimer [6].

La teneur de l'aluminium varie au cours de l'étude de 0,02 à 0,08 mg/l (Tableau 3), le taux normal de l'aluminium est fixé par le comité Européen entre 0,1 et 0,2 mg/L. Au cours de cette l'étude, il a été observé une variation de la teneur en aluminium lors des prélèvements au niveau des différents sites. Cette variation peut être expliquée par les méthodes de traitement de coagulation-floculation au sulfate d'aluminium.

La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité [7]. Les mesures de la conductivité de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre 105.7 et 138.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tableau 1). On observe de très faibles variations entre les différents points de prélèvement.

L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux. Il provient également de l'excrétion des organismes vivants et de la réduction et la biodégradation des déchets, sans négliger les apports d'origine domestique, industrielle et agricole [8]. Les ions ammonium proviennent de la dégradation des protéines animales (cycle de l'azote), des effluents domestiques (urée) et des ruissellements urbains [2, 9]. L'ammonium étant toxique pour l'organisme humain, la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau. C'est un élément indicateur de la pollution [10]. On remarque que la teneur de l'ammonium varie au cours de l'étude de 0,00 et 0,06 mg/L, le taux normal de l'ammonium est fixé à 0,5 mg/L selon l'OMS [11]. Au cours de l'étude, il a été observé une variation de la teneur en ammonium lors des prélèvements au niveau des différents sites. Cette augmentation peut être expliquée par les méthodes de traitements utilisés.

Les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et des nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques: la méthémoglobinémie et un risque de cancer. La teneur en nitrates varie au cours de l'étude de 0.24 à 0.95 mg/L (Tableau 3). Les teneurs en nitrates enregistrées au niveau de tous les sites sont très inférieures à 50 mg/L considérée comme étant la valeur limite pour l'eau potable selon les normes de l'OMS [11].

Les nitrites sont de puissants oxydants qui ont la capacité de transformer l'hémoglobine en méthémoglobine, rendant le sang incapable de transporter l'oxygène jusqu'aux tissus. De tels effets ont été observés chez de nombreuses espèces animales [7]. Les nitrites sont toxiques pour l'organisme humain, sa présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau [3]. On remarque que la teneur en nitrites a varié au cours de l'étude de 0,00 à 0,01 mg/l (Tableau 3).

5. CONCLUSION

Les résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau traitée de la ville de Nouakchott en Mauritanie, présentés dans ce travail, ont montré que le pH est proche de la neutralité (7.74), la minéralisation est moyenne et est due à la conductivité avec une moyenne de 121.9 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Les valeurs moyennes de la dureté, des ions calcium, magnésium, sodium et le potassium sont respectivement 5.1 $^{\circ}\text{f}$,

14.02 mg/L, 2.91 mg/l, 6.5 mg/L et 1.5 mg/L. En ce qui concerne les composés azotés, les teneurs en nitrates, nitrites et ammonium sont très faibles. Les teneurs en nitrate, nitrites et ammonium des échantillons sont respectivement 0.59 mg/l, de 0.005 à 0.03 mg/L. Les teneurs du sulfates des échantillons sont très faibles sont 19.5 mg/L. En ce qui concerne les composés ; chlore total, chlore libre, et l'aluminium leurs teneurs sont très faibles. Elles sont respectivement 0.48, 0.40, et 0.05 mg/L. Ainsi, tous les paramètres physicochimiques étudiés sont conformes à ceux de l'OMS concernant l'eau potable.

REFERENCES

- [1] AN. TAÏBI, J. GASSANI, AV. ELGHADI, A. BALLOUCHE, G. MOGUEDET, M. L O. BABA et M O. JIDDOU. Diagnostic de la dynamique des ressources hydriques de surface et des processus «désertification» du lac d'Aleg et de son bassin versant (Brakna, Mauritanie) par télédétection satellite multitemporelle, *Télédétection*, vol. 5, n° (1-2-3), (2005), p.123–137.
- [2] KM. UDERT, TA. LARESEN, M. BIEBOW and W. GUJER. Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. *Water Res.*, 37, (2003), 2571-2582.
- [3] B.M.SEMEGA. Interactions physico-chimiques des eaux de la nappe côtière du Trarza (Mauritanie) à Idini et le long du littoral sud. Thèse de Doctorat de l'université, Nice, 1995.
- [4] SC. JAMES. Metals in municipal landfill leachate and their health effects. *Am. J. Public Health*, 67, (1977), 429.
- [5] Mc Lachlan DR, Bergeron C, Smith JE, Boomer D, Rifat SL : Risk for neuropathologically confirmed Alzheimer's disease and residual aluminum in municipal drinking water employing weighted residential histories. *Neurology* 1996 Feb ; 46(2) : 401-5
- [6] K. MINT MOHAMED SALEM, AD. N'DIAYE, MOSAO. KANKOU et A. TINE. Evaluation de la qualité de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal. *Science Lib*, 3, 110706, (2011), p.12.
- [7] MOSA. OULD KANKOU. Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Thèse de Doctorat, l'université de Limoges, option Chimie et Microbiologie de l'Eau, France, 2004.
- [8] P. JAGALS, WOK. GRABOW and JC. De VILLIERS. « Evaluation of indicators for assessment of human and animal faecal pollution of surface runoff », *Wat. Sci. Tech.*
- [9] SL. BONTE, M. PONS, O. POTIER and P. ROCKLIN. "Relation between Conductivity and Ion Content in Urban Wastewater" *Journal of Water Science*, 21, 4, (2008), 429- 438
- [10] D. BASSIROU, HO JIDDOU. Colloque international organisé par le Ministère de l'Hydraulique et de l'Energie sur Eau, Environnement, Développement Novembre 2002.
- [11] OMS. Rapport sur la santé dans le monde, résumé d'orientation.