

ORIGINAL RESEARCH PAPER

**EVALUATION OF THE QUALITY OF DRINKING
WATER PRODUCED BY THE TREATMENT PLANT:
CASE OF MAURITANIA**

**EVALUATION DE LA QUALITE DES EAUX POTABLES
PRODUITES PAR LA STATION DE TRAITEMENT :
CAS DE LA MAURITANIE**

**Mohameden Tfeila¹, Khadija Zahidi¹, Mohamed Ould Sid'Ahmed
Ould Kankou², Salah Souabi^{1*}, Moulay Abdelaziz Aboulhassan³**

¹*Université Hassan II, Faculté des Sciences et Techniques, Laboratoire
GEE, BP 146, Mohammedia, Maroc*

²*Université des Sciences, de Technologies et de Médecine, Laboratoire de
CEE, BP 5026, Nouakchott, Mauritanie*

³*Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Al Hoceima, Département
GCE, BP 03, Ajdir Al-Hoceima, Maroc*

*Corresponding author: salah.souabi@gmail.com

Received: July, 20, 2015

Accepted: September, 18, 2015

Abstract: This study aims to evaluate the performance of treatment plants after three years of operation of the city of Nouakchott. It essentially aims to study the evolution of various raw water qualities during the different processing steps (T °, pH, EC, MES, Cl⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, sulfate...). The water treatment in Béni Nadji pretreatment station has led to a significant removal of turbidity, organic matter, and a 99-100 % elimination of SS (Suspended Solids). For drinking water, the total hardness varies between 3.8 and 5.6 °fH. The value of turbidity in drinking water was between 0.2 and 0.3 NTU with turbidity varying between 21 and 330 NTU in the surface water. Aluminum surface concentration surface was between 0.1 and 0.7 mg·L⁻¹. The nitrate concentration varies between 0.5 and 2 mg·L⁻¹, which is lower than that suggested by The World Health Organization (50 mg·L⁻¹).

As a result of this study, we concluded that water clarification phases of Nouakchott must be improved.

Keywords: *drinking water, Nouakchott, quality, water treatment*

INTRODUCTION

L'eau constitue une ressource indispensable à la vie et au développement socio-économique du monde. La répercussion de disponibilité de l'eau se manifeste aussitôt dans plusieurs aspects de vie quotidiens de l'homme. L'alimentation, l'hygiène et toutes les activités humaines sont affectées par la quantité et la qualité de l'usage de l'eau. Ainsi le problème de la pollution des ressources en eaux touche l'ensemble des continents de la planète [1]. Depuis les cinquante dernières années, la Mauritanie dépendant essentiellement pour l'approvisionnement en eau potable aux ressources souterraines 95 %, mais cette ressource a connu une raréfaction à cause, des grandes sécheresses récentes, qui ont contribué à un exode rural massif vers les centres urbains qui a conduit à un accroissement de la population et de son niveau de vie que du développement accéléré des techniques industrielles modernes. Ce mouvement a engendré une surexploitation des ressources souterraines. Donc on est passé de l'emploi des eaux de sources et de nappes, à une utilisation de plus en plus accrue des eaux de surface. La capitale Nouakchott, comme le plus grande partie du pays, était alimentée à partir de l'eau souterraine précisément à travers le champ captant depuis 1958. Mais en raison des problèmes cités précédant, l'Etat Mauritanien était dans l'obligation de chercher une autre source d'approvisionnement de la capitale qui comprend un tiers des mauritaniens. Etant donné que la seule source principale d'eau de surface est le fleuve Sénégal, projet d'Aftout Essahili a été initié en 1970. Il a débuté à approvisionner Nouakchott en octobre 2010. Ce projet, le plus grand jamais entrepris en Mauritanie, permettra d'assurer à long et moyen terme l'approvisionnement de la capitale. L'importance de ce projet pour les habitants de Nouakchott nous oblige à évaluer sa performance après trois ans de son fonctionnement en vérifiant s'il répond au besoin en eau potable des habitants de Nouakchott d'un point de vue quantitative et qualitative. Une gestion rationnelle de la consommation en eau en Mauritanie a permis de réduire considérablement la consommation. Cette bonne gestion dépend de plusieurs paramètres, en particulier la prévention et la sensibilisation. En fonction des usages, des besoins, des intérêts et des valeurs de chacun, l'eau est objet de multiples représentations qu'il s'agit d'appréhender pour mieux comprendre le rapport des hommes à cette ressource naturelle [2].

Notre travail a pour objectif de répondre aux questions précédentes en étudiant la qualité de l'eau au cours de potabilisation au niveau des stations de traitement d'Aftout Essahili. Il consiste essentiellement à étudier l'évolution de divers paramètre de qualité de l'eau au cours des différentes étapes de traitement, puis on va étudier le pouvoir de l'eau prétraitée à garder sa qualité entre Béni Nadji et Nouakchott (170 km).

MATERIELS ET METHODES UTILISES

La Figure 1 illustre la localisation de sites de traitement pour la production d'eau potable.



Figure 1. Localisation de sites de traitement

Description des ouvrages des stations de traitement du projet d'Aftout Essahili

Le Projet Aftout-Essahili alimente la ville de Nouakchott depuis le fleuve Sénégal distant de près de 200 km il comprend les ouvrages suivants : la prise d'eau sur le fleuve Sénégal et les ouvrages de traitement de Béni Nadji et de PK17.

- **La prise d'eau sur le fleuve Sénégal.** L'eau brute prélevée du fleuve Sénégal passe à travers une vanne sur l'ouvrage de Ndadier et un canal d'amenée d'eau pour subir un traitement physique tel que le dégrillage et tamisage ensuite l'eau est pompée vers la station de prétraitement de Béni Nadji à travers deux conduites en parallèle de diamètre 1100 mm chacune et de 6 km de long environ, mises en pression par la station de pompage d'exhaure de l'Aftout de $2,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

- **Station de prétraitement de Béni Nadji** qui comprend un ouvrage d'entrée composée d'une chambre d'arrivée, une chambre de mélange et une chambre de répartition, deux décanteurs pulsatubes de 733 m^2 , chacun permettent d'éliminer la majeure partie des matières en suspension de l'eau brute, un réservoir d'eau prétraitée composée de deux bâches de 3000 m^3 chacune. Une unité de potabilisation permet d'assurer les besoins en eau de service de l'usine (préparation de réactifs, entretien, etc.) et également l'alimentation en eau potable du village de Keur Macene, situé à quelques kilomètres de l'usine. Une filière boue comprend un bassin d'équilibre, deux épaisseurs statiques avec recirculation de boues et une batterie de lagunes qui permettent d'augmenter la siccité des boues par évaporation et un laboratoire pour la préparation et le dosage des réactifs en plus de suivi de la qualité de l'eau. La Figure 2 illustre la localisation des ouvrages de la station de prétraitement de Béni Nadji.

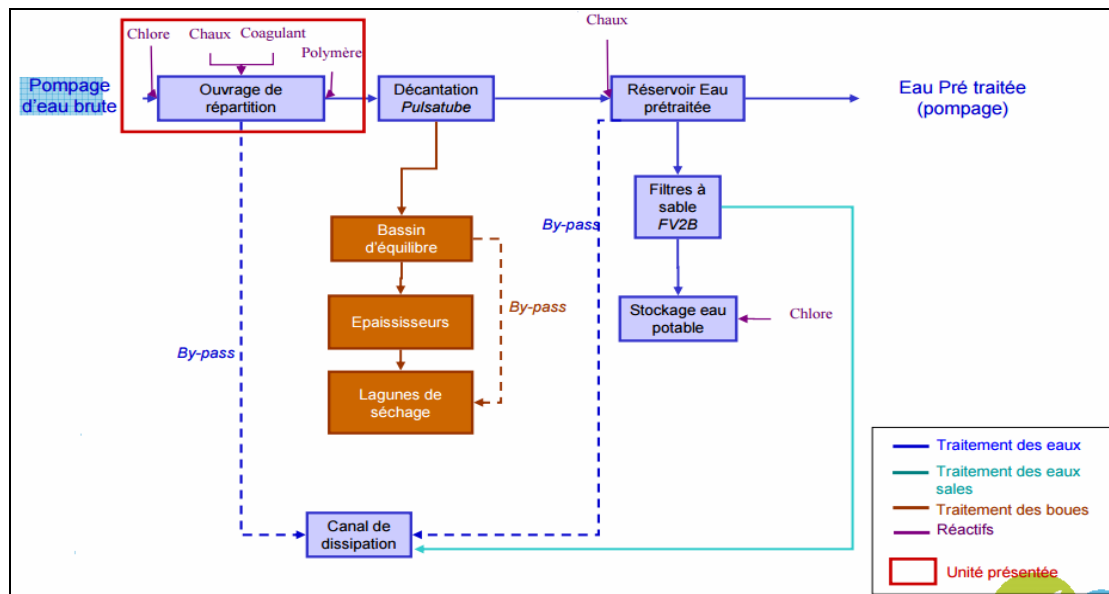


Figure 2. Localisation des ouvrages de la station de prétraitement de Béni Nadji

La Figure 3 donne la localisation des ouvrages de la station de filtration de Nouakchott (PK17).

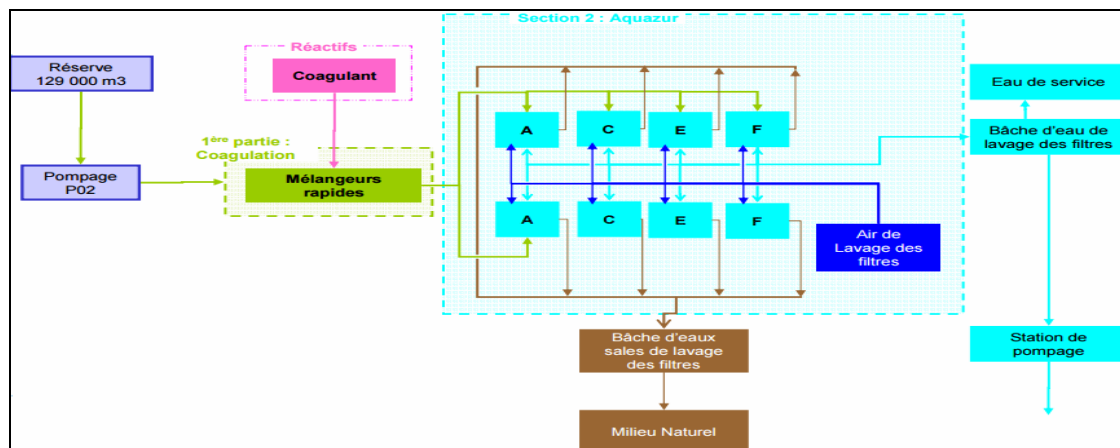


Figure 3. Localisation des ouvrages de la station de filtration de Nouakchott (PK17)

A, C, E et F sont des filtres

Modalité de prélèvement

Prélèvements effectués au niveau de la station de Béni Nadji

Les prélèvements d'échantillons se font à l'entrée de la station de Béni Nadji (eaux brutes), à la sortie de même station eau prétraitée. Pour la fréquence d'échantillonnage une fois par mois pour les mois de janvier, mars, mai, juillet, août et septembre durant l'année 2013.

A Béni Nadji l'eau subit les étapes de traitement suivant :

- la séparation mécanique ou dégrillage qui consiste à éliminer les matières flottantes grossières et les organismes aquatiques s'obtient par l'utilisation de grilles fixes suivies de tamis à maille grossière [3].

- préchloration – coagulation – floculation dont l’optimisation de la coagulation-floculation peut conduire à une élimination appréciable de la charge organique d’une eau de surface [4].

Prélèvements effectués au niveau de la station de Nouakchott

Les prélèvements d’échantillons se font à l’entrée d’un réservoir de 129000 m³ de capacité où une cascade assure l’oxygénation de l’eau après séjour dans la conduite de transfert, à la sortie d’une batterie de 8 filtres Aquazur V installées en aval d’une chambre de coagulation, qui permet de préparer l’eau prétraitée en cas de dosage de coagulant et après l’injection d’hypochlorite en tête pour l’eau potable. Pour la fréquence d’échantillonnage une fois par mois pour les mois de janvier, mars, mai, juillet, août et septembre durant l’année de 2013.

A Nouakchott l’eau subit une filtration et une désinfection.

Méthodes d'analyse utilisées

Les mesures effectuées sont:

- Les paramètres mesurés directement à savoir la température, le pH, la conductivité, la turbidité et l’oxygène dissous sont effectués respectivement par un pH-mètre, un conductimètre, un turbidimètre et un oxymètre ;
- Les paramètres mesurés par la méthode volumétrique tels que la dureté totale et les matières organiques ;
- Le reste des paramètres sont mesurés par la méthode spectrophotomètre tels que : NO₃⁻, NO₂⁻, sulfate, etc.
- La qualité microbiologique est déterminée par la méthode de filtration sur membrane.

Tous les paramètres ont été analysés selon la méthode Norme AFNOR (1999) [5].

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Température et pH

La température de l’eau, est un facteur écologique qui entraîne d’importantes répercussions écologiques. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans l’eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l’eau et particulièrement les microorganismes [6].

Les températures de l’eau brute de la rive droite du fleuve Sénégal et dans les stations de traitement mesurées en période de pluie sont légèrement supérieures à celles relevées en période de sèche (Figure 4).

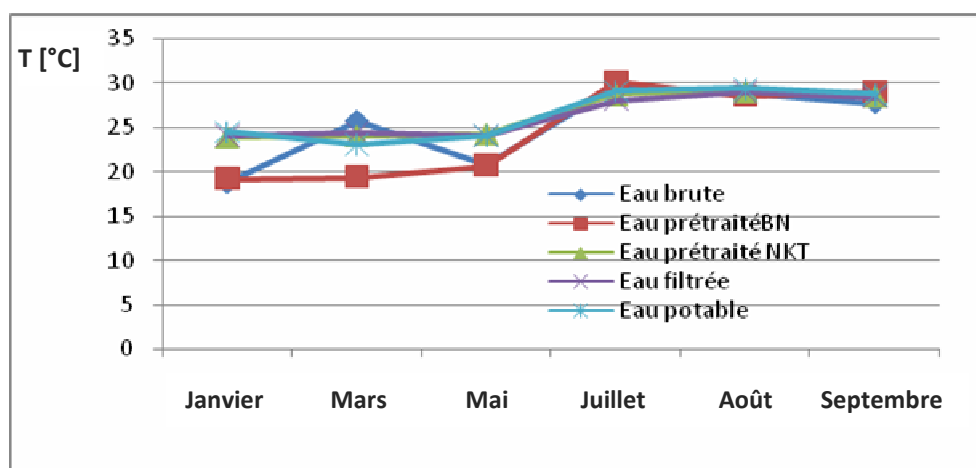


Figure 4. Variation de la température au cours de traitement en 2013

Le pH d'une eau est une indication de sa tendance à être acide ou alcaline, il est fonction de l'activité des ions hydrogènes H^+ présents dans cette eau. Dans les eaux naturelles cette activité est due à des causes diverses en particulier l'ionisation de l'acide carbonique et de ses sels. Habituellement, les valeurs du pH se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles. Il diminue en présence des teneurs élevées en matière organique et augmente en période d'été, lorsque l'évaporation est importante [7]. Le pH enregistré pour l'eau brute et au cours du traitement reste toujours dans les normes et oscille entre 7 et 8,4 (Tableau 1).

Tableau 1. Variation du pH au cours de traitement en 2013

	Janvier	Mars	Mai	Juillet	Août	Septembre
Eau brute	7,9	7,55	7,22	7,3	7	7,14
Eau prétraité BN	7,87	8,01	8,4	7,27	7,34	7,65
Eau prétraité NKT	7,72	8,03	7,79	8,02	7,97	8,33
Eau filtrée	8,03	7,9	8,06	7,9	7,6	7,8
Eau potable	8,01	7,51	7,9	8,07	8,26	8,18

La conductivité électrique

La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation d'une eau où chaque ion agit par sa concentration et sa conductivité spécifique. La conductivité électrique traduit le degré de minéralisation globale, elle nous renseigne sur le taux de salinité [8]. La variation de la conductivité durant six mois (janvier, mars, mai, juillet, août et septembre) est donnée sur la Figure 5.

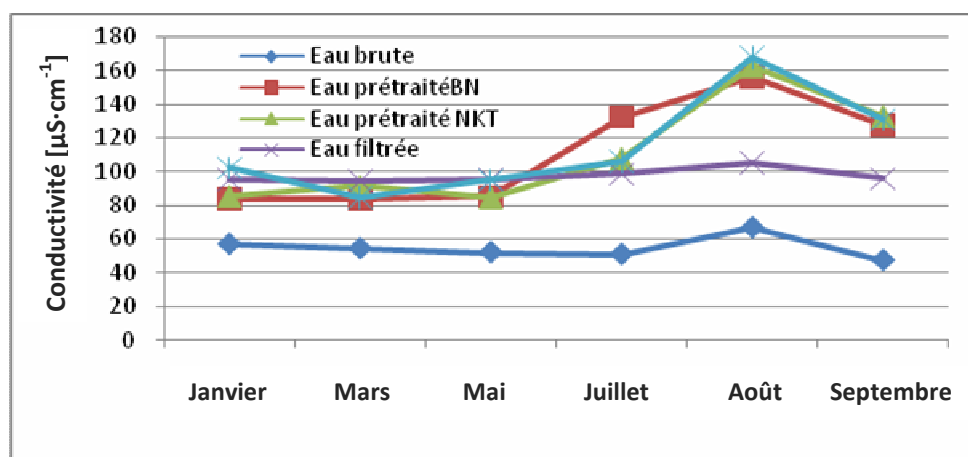


Figure 5. Variation de la conductivité électrique au cours de traitement en 2013

Nitrates et nitrites

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg·L⁻¹.

Les nitrates peuvent être à l'origine de la formation de nitrites et de nitrosamines, responsables de deux phénomènes potentiellement pathologiques : la méthémoglobinémie et un risque de cancer.

Les teneurs maximales en nitrates enregistrées pour l'eau brute et au cours du traitement et dans les divers mois restent toujours inférieures à 6 mg·L⁻¹ (Figure 6). Par contre, les teneurs minimales en nitrates enregistrées pour l'eau potable après le traitement varient entre 0,5 et 2 mg·L⁻¹ (Figure 6). En effet, la concentration en nitrates et en nitrites de l'eau traitée respectivement doit être selon l'OMS de 50 à 3 mg·L⁻¹.

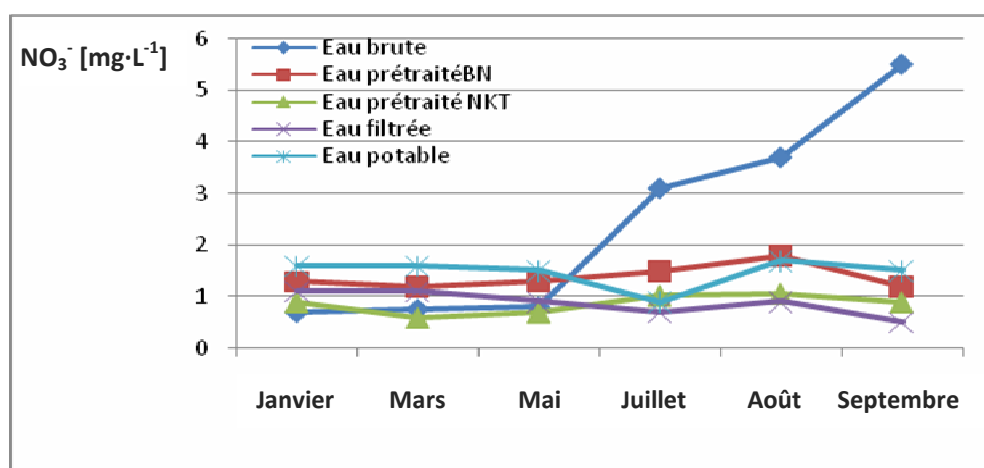


Figure 6. Variation de nitrates au cours de traitement en 2013

Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des concentrations faibles, une eau qui renferme des nitrites peut être considérée comme suspect. Il semble qu'une teneur d'azote nitreux supérieur à 0,10 mg·L⁻¹ puisse faire

soupçonner un apport d'eaux riches en matières organiques en voie d'oxydation. Cette concentration ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde.

Les teneurs maximales en nitrites enregistrées pour l'eau brute et au cours du traitement et dans les divers mois restent toujours inférieures à $0,023 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Par contre, les teneurs minimales en nitrates enregistrées pour l'eau potable après le traitement est de $0,001 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tableau 2).

Tableau 2. Variation de la concentration en nitrites le long de différentes étapes de traitement en 2013

	Janvier	Mars	Mai	Juillet	Août	Septembre
Eau brute	0,016	0,012	0,018	0,013	0,019	0,01
Eau prétraité BN	0,009	0,008	0,009	0,007	0,013	0,009
Eau prétraité NKT	0,022	0,017	0,019	0,001	0,008	0,006
Eau filtrée	0,01	0,003	0,002	0,001	0,005	0,002
Eau potable	0,008	0,012	0,011	0,014	0,006	0,009

La dureté totale

Ce paramètre représente la teneur de l'eau en sels de métaux alcalino-terreux (sels de calcium, magnésium, strontium et baryum). Etant donné que le strontium et le baryum sont souvent présents dans l'eau sous forme de traces, la dureté totale (le titre hydrotimétrique – TH) se réduit à sa concentration en ions calcium et magnésium, exprimés en mmoles ou en milligrammes par litre ($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ ou $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) ou en degré français ($^{\circ}\text{fH}$) [9].

Les teneurs maximales de la dureté totale enregistrées pour l'eau brute et au cours du traitement et dans les divers mois restent toujours inférieures ou égale à $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'eau prétraitée de Béni Nadji au mois de septembre (Figure 7). Par contre, les teneurs minimales de la dureté totale enregistrées pour l'eau brute et au cours du traitement est égale à $1,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

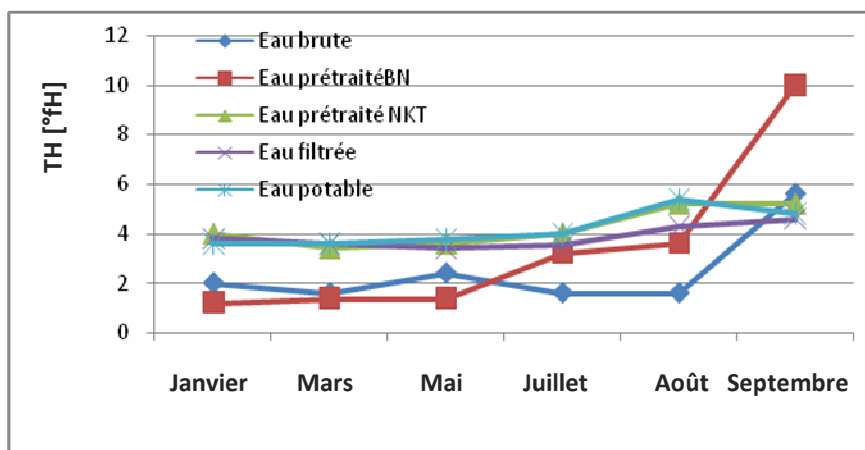


Figure 7. Variation de la dureté totale au cours de traitement en 2013

On remarque que la dureté totale dans les eaux traitées est plus élevée que celle de l'eau brute. On pourrait penser à un phénomène de concentration des eaux traité due à la

diminution du volume d'eau. Ces résultats montrent que l'eau potable produite est très douce (Tableau 3)

Tableau 3. La plage de valeurs du titre hydrotimétrique (TH) dans l'eau potable

TH [°fH]	0 à 7	7 à 15	15 à 30	30 à 40	> 40
Eau	très douce	eau douce	plutôt dure	dure	très dure

D'après Rauzy (2004) [10] une eau de distribution publique doit être agréable à boire, limpide et incolore. Elle ne doit pas présenter de risque pour la santé du consommateur à court terme (pas de microorganismes indésirables, ni de germes pathogènes) et à long terme (pas de substances chimiques indésirables, toxiques ou cancérogènes). L'eau doit être également, bien équilibrée, c'est à dire présenter le minimum d'évolution de qualité lors de son transport et de sa distribution. Elle ne doit être ni, agressive, vis-à-vis des dépôts de carbonate de calcium, ni corrosive, vis-à-vis des métaux présents dans les matériaux des réseaux de distribution.

L'oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec la valeur de pH , l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques, les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau [11].

Les teneurs maximales en oxygène dissous enregistrées pour l'eau brute et au cours du traitement et dans les divers mois restent toujours inférieures à $8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, elle est pour l'eau prétraitée à Nouakchott au mois de janvier (Figure 8). Par contre, les teneurs minimales en oxygène dissous enregistrées est $3,77 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'eau brute au mois de septembre (Figure 8).

On remarque que les teneurs en oxygène dissous sont plus élevés dans les mois de janvier, mars et mai que dans les mois de juillet, août et septembre. On pourrait penser à un phénomène de dilution des eaux brutes due à l'augmentation du volume d'eau dans la période de pluie.

On remarque aussi que les teneurs en oxygène dissous sont plus élevées pour les eux prétraité à Nouakchott qu'aux autres étapes de traitement grâce à l'existence d'une cascade qui assure l'oxygénation de l'eau prétraité après séjour dans la conduite de transfert (170 km).

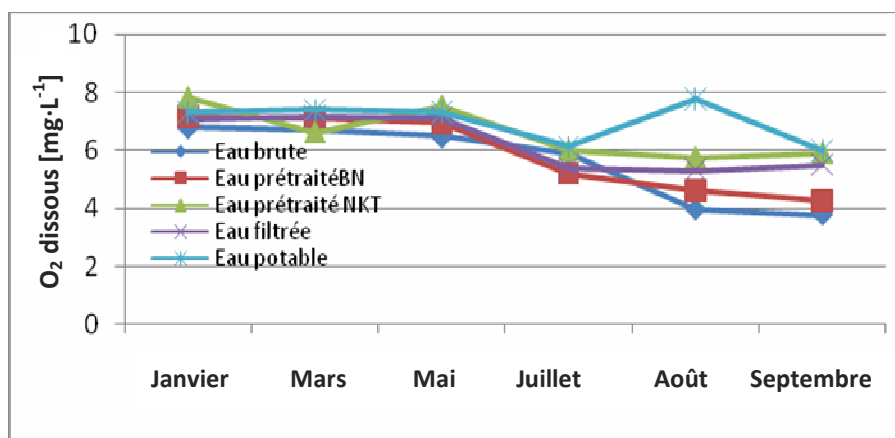


Figure 8. Variation de l'oxygène dissous au cours de traitement en 2013

Les sulfates

Le soufre est un élément non métallique qui existe à l'état naturel dans les sols et les roches sous forme organique (soufre protéique) et à l'état minéral (sulfures, sulfates et soufre élémentaire). Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, présent dans certains minéraux : gypse, baryte.

La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre. Les eaux de surface contiennent des teneurs très variables de sulfates. Leur concentration dans les eaux de surface est généralement comprise entre 2,2 et 58 mg·L⁻¹ [7].

Les teneurs maximales en sulfate enregistrées pour l'eau brute, au cours du traitement et pour l'eau potable et dans les divers mois restent toujours inférieures à la valeur fixée aux normes de l'OMS sur l'eau potable mise à jour en 2006 qui est de 500 mg [12].

On remarque que les teneurs en sulfate sont plus élevées dans l'eau prétraité et potable que dans l'eau brute avec une valeur maximale de 39 mg·L⁻¹ pour l'eau potable au mois d'août (Figure 9).

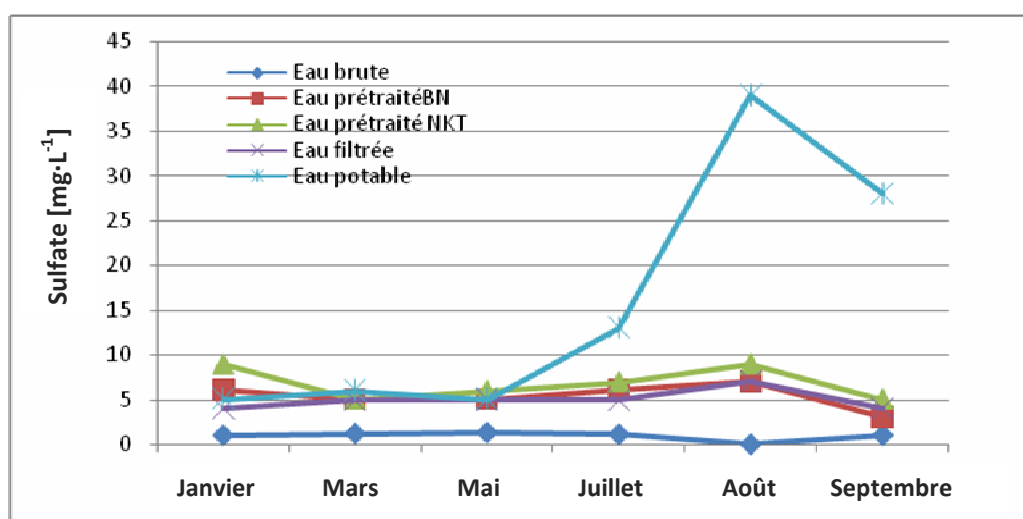


Figure 9. Variation des sulfates au cours de traitement en 2013

Le chlore libre

La plupart des usines de traitement de l'eau potable utilisent le chlore comme désinfectant. Le chlore utilisé dans le traitement de l'eau potable peut pratiquement éliminer les maladies d'origine hydrique car, il peut tuer ou inactiver la plupart des microorganismes communément présents dans l'eau. Toutes les sources d'approvisionnement en eau potable devraient être désinfectées, sauf exemption spécifique de la part d'une autorité responsable.

La majorité des usines de traitement de l'eau potable utilisent une forme de chlore pour désinfecter l'eau potable, soit pour traiter l'eau directement dans l'usine, soit pour maintenir une concentration résiduelle de chlore dans le réseau de distribution afin d'y prévenir la croissance bactérienne, soit les deux.

La désinfection est un volet essentiel du traitement de l'eau potable destinée au public ; les risques pour la santé associés aux sous-produits de désinfection sont moindres que ceux que comporte la consommation d'eau qui n'a pas été désinfectée de manière adéquate.

Les concentrations de chlore libre mesurées pour l'ensemble des échantillons de l'eau prétraité à Béni Nadji à l'eau potable sont comprises entre de 0,04 et 0,73 mg·L⁻¹ (Figure 10). En effet, la concentration en chlore libre de l'eau traitée doit être selon l'OMS de 0,2 à 0,5 mg·L⁻¹. On remarque que la concentration de chlore libre dans l'eau prétraité à Béni Nadji et plus important que sa concentration dans l'eau prétraité dès qu'il arrive à Nouakchott. On pourrait penser à un phénomène de croissance bactérienne due au séjour de l'eau dans la conduite de transfert entre les deux stations de traitement (170 km).

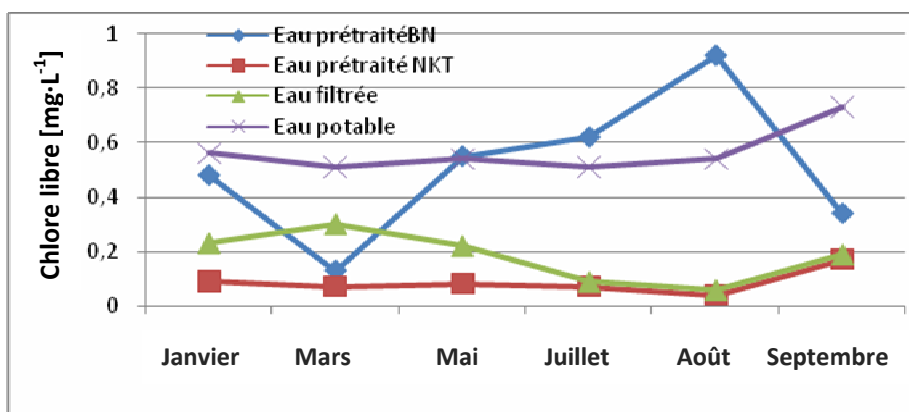


Figure 10. Variation du chlore libre au cours de traitement en 2013

L'aluminium

L'aluminium est le troisième élément constitutif de l'écorce terrestre et l'élément métallique le plus abondant [13].

L'utilisation de coagulants à base d'aluminium dans les traitements de l'eau comporte des avantages et des inconvénients, même si l'on a parfois attribué certaines affections neurologiques à la présence d'aluminium dans l'eau potable. Les coagulants minéraux sont des sels d'aluminium partiellement hydrolysés. L'aluminium est un métal réactif

que l'on trouve généralement lié à d'autres éléments ou composés. La capacité des composés d'aluminium de se dissoudre dans l'eau dépend de la condition de l'eau, principalement de son pH . Lorsque l'aluminium s'agglomère dans l'eau, il entraîne d'autres substances : c'est ce qu'on appelle la coagulation. Si les conditions sont bonnes, les matières coagulées (le floculat) forment de grosses particules lourdes qui forment rapidement un dépôt dans la colonne d'eau. Il reste cependant toujours des résidus d'aluminium après dissolution. Dans l'eau traitée, la quantité totale d'aluminium peut être inférieure, mais une plus grande proportion du résidu est sous forme dissoute [14]. Les résultats obtenus des essais réalisés pour l'eau potable au niveau de la station de potabilisation de Nouakchott montrent que les teneurs en aluminium résiduel dans tous les mois restent toujours inférieures aux valeurs déterminées dans les normes de l'OMS sur l'eau potable mise en jours en 2006 [12] qui est $0,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ à l'exception du mois de janvier où elle atteint $0,68 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Figure 11). En effet, la concentration en aluminium de l'eau traitée doit être selon l'OMS de $0,2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

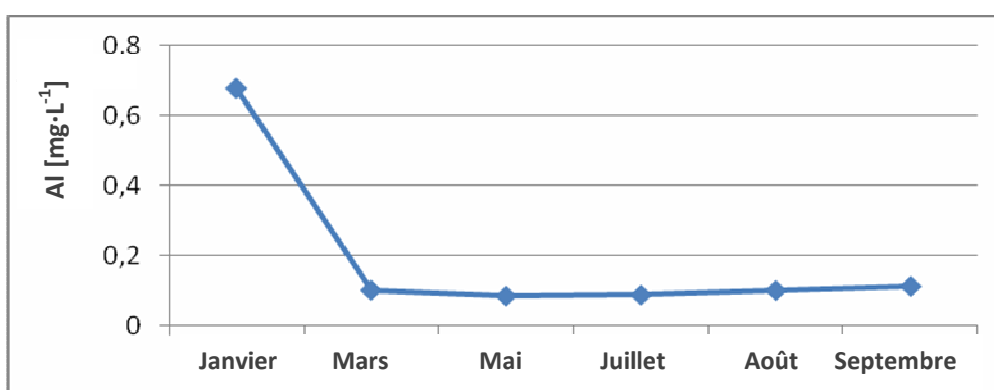


Figure 11. Variation d'aluminium résiduel dans l'eau potable en 2013

La turbidité

Dans le domaine du contrôle de la qualité des eaux, la mesure de la turbidité s'avère un paramètre probant dans beaucoup de cas d'applications. C'est le cas dans le traitement des eaux potables, la fabrication des boissons et dans le secteur chimique. La turbidité d'une eau est une mesure globale qui prend en compte toutes les matières colloïdales, insolubles, d'origine minérale ou organique. Des particules en suspension existent naturellement dans l'eau, comme le limon, l'argile, les matières organiques et inorganiques en particules fines, le plancton et d'autres microorganismes. La turbidité est représentative de la transparence d'une eau [15]. On trouve des valeurs très élevées au niveau du captage de la Station de Traitement de Béni Nadjî au bord du fleuve Sénégal oscillant entre 21,3 et $330 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Ces teneurs de turbidité enregistrées dépassent largement la valeur limite acceptable pour les eaux destinées à la consommation humaine qui est de 5 NTU [15]. On remarque qu'il y a une diminution successive des valeurs de la turbidité jusqu'à qu'elle atteigne des valeurs comprises entre 0,24 et 0,29 NTU pour l'eau potable, mais on remarque aussi qu'il y a une augmentation de la turbidité pour l'eau prétraitée dès qu'il arrive à Nouakchott par apport à l'eau prétraitée à Béni Nadjî dans la saison de pluie au mois de juillet et août (Tableau 4). On pourrait penser à un phénomène d'accumulation des matières

colloïdales dans les conduites de transfert de l'eau prétraité entre Béni Nadji et Nouakchott (170 km).

Tableau 4. Variation de la turbidité au cours de traitement en 2013

	Janvier	Mars	Mai	Juillet	Août	Septembre
Eau brute	43,2	43,21	21,3	26,9	330	158
Eau prétraité BN	0,87	0,95	0,82	1,04	0,81	0,9
Eau prétraité NKT	0,85	0,85	0,56	1,22	1,07	0,89
Eau filtrée	0,55	0,5	0,56	0,68	0,65	0,66
Eau potable	0,24	0,29	0,29	0,48	0,28	0,26

Matières en suspension

Les matières en suspension (MES), représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonctions de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. [16]. Les teneurs élevées en matières en suspension (Tableau 5) peuvent être considérées comme une forme de pollution.

On remarque que les teneurs en MES pour les échantillons prélevés au niveau du captage de la Station de Béni Nadji montrent des teneurs maximales égales à $275 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tableau 5) dans la période de pluie. Ceci est dû à des pluies abondantes qui entraînent une très forte érosion des terrains au voisinage du fleuve Sénégal (lessivage des sols). Par contre le traitement dans la station de prétraitement de Béni Nadji assure une élimination définitive des MES de 99 % à 100 %.

Tableau 5. Variation des MES au cours de traitement en 2013

	Janvier	Mars	Mai	Juillet	Août	Septembre
Eau brute	32	23	28	9	275	142
Eau prétraité BN	1	0	1	0	1	1
Eau prétraité NKT	0	0	0	0	0	0
Eau filtrée	0	0	0	0	0	0
Eau potable	0	0	0	0	0	0

Matières organiques

La matière organique naturelle est un ensemble de macromolécules provenant de la dégradation de débris animaux et végétaux ainsi que de la production primaire du phytoplancton dans les eaux naturelles. Les eaux de surface contiennent généralement de 2 à $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de carbone organique total (COT) mais certaines valeurs plus élevées (jusqu'à $30 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ de COT) peuvent être rencontrées dans les eaux retenues (barrages, lacs) [17].

Les teneurs maximales en matière organique enregistrées pour l'eau brute et au cours du traitement et dans les divers mois restent toujours inférieures à $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, elle est de $3,4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'eau brute au mois d'août (Figure 12). Par contre, les teneurs minimales en matière organique enregistrées est $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'eau filtré au mois de septembre (Figure 12).

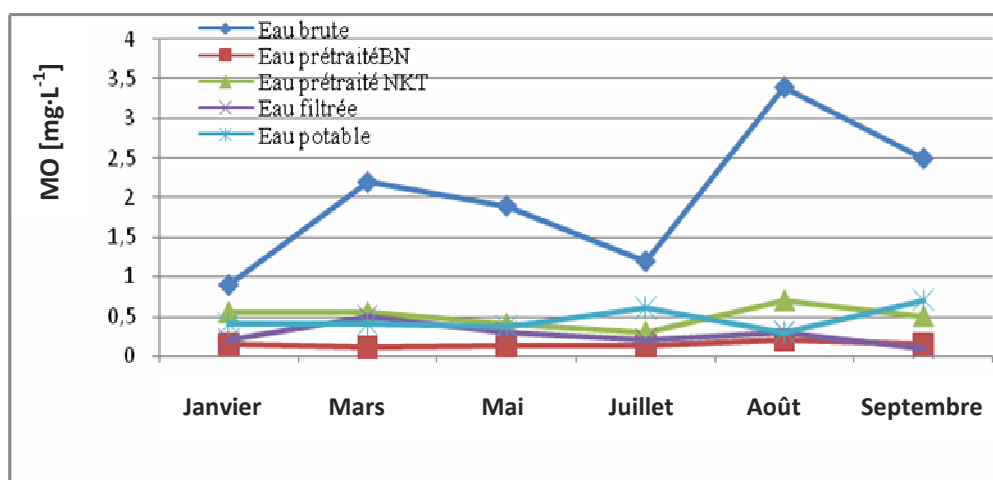


Figure 12. Variation de la matière organique au cours de traitement en 2013

On remarque que les teneurs en matière organique pour l'eau brute sont plus élevées durant les mois d'août, septembre et janvier que dans les autres mois. On remarque aussi que les teneurs en matière organique sont plus élevées pour les eaux prétraitées à Nouakchott par rapport à l'eau prétraitée à Béni Nadji. On pourrait penser à un phénomène de croissance des microorganismes due au séjour de l'eau dans la conduite de transfert (170 km).

Evaluation quantitative

Les débits entrants aux stations de traitement d'Aftout Essahili, restent inférieurs au débit nominal qui est de $170000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ pour la station de prétraitement de Béni Nadji avec une capacité future poussée à $255000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ et de $150000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ pour la station de potabilisation de Nouakchott (PK 17) en première phase et à l'avenir de $225000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$. Le rendement hydraulique sur chaque usine est de 97 %. Le Tableau 6 illustre la variation des débits bruts et des eaux prétraitées et des eaux traitées.

Tableau 6. Variation des débits d'eau brute et d'eau traitée

Nature de l'eau	Eau brute [$\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$]	Eau prétraitée [$\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$]	Eau traitée [$\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$]
Débit actuel [$\text{m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$]	175000	170000	150000
Débit à l'horizon	263000	255000	225000

La distribution en permanence d'une eau potable impose le respect de quelques règles simples, qui sont la garantie de la bonne qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau. Parmi celles-ci, l'Organisation Mondiale de la Santé qui considère les trois points suivantes comme actions préventives pour aboutir à une eau potable de très bonne qualité :

- Utiliser une ressource de meilleure qualité possible ;
- Employer tous les moyens possibles pour assurer la protection des captages ;
- Assurer de manière permanente la désinfection de l'eau à la rentrée de la station et après traitement.

Par ailleurs, la mission de service public de distribution de l'eau potable ne se limite pas à une distribution continue et sécurisée de l'approvisionnement en eau. D'après Yezza *et*

al. (2005) [18], les exigences des usagers en maîtrise de qualité de service et de fiabilité sont devenues plus pressantes dans le monde. D'après le même auteur, la protection de la population vis-à-vis des maladies d'origine hydrique dépend de l'application et du suivi de la réglementation dans chaque pays. La garantie de stabilité de la qualité de l'eau en cours de distribution ne repose donc pas que sur des obligations de désinfection mais aussi sur des obligations d'affinage de l'eau tel que l'élimination des composés azotés (ion ammonium, azote organique) et de la matière organique bioassimilable et le bon entretien des installations.

Les mesures de la conductivité électrique de l'ensemble des échantillons pour l'eau brute et dans les stations de traitement montrent qu'elles sont comprises entre 52,2 et 102 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ au cours des mois de janvier, mars et mai (Figure 5). De même au cours des mois de juillet, août et septembre, les valeurs de la conductivité électrique oscillent entre 51 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et 168,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Figure 3). On remarque que la conductivité dans les eaux au cours de traitement plus élevée que la conductivité de l'eau brute. On pourrait penser à un phénomène de concentration des eaux traitées due à la diminution du volume d'eau.

Le pH des eaux potables est un peu basique alors que celui des eaux brutes se rapproche de la neutralité, et d'autre part la fourchette de pH des eaux brutes et au cours du traitement reste toujours dans les normes et oscille entre 7 et 8,4 (Tableau 1). Au cours des mois de janvier, mars et mai les températures varient légèrement et oscillent entre 18,8 °C et 24,1 °C (Figure 4). Par contre, au cours du mois de juillet, août et septembre les températures ont connu une croissance importante où il passe de 24,1 au mois de mai à 29,7 et oscillent entre 27,8 °C et 30,1 °C (Figure 4). Par ailleurs, les teneurs des nitrates enregistrées dans tous les mois sont très inférieures à 50 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Figure 6), considérée comme étant la valeur limite pour l'eau potable selon les normes de l'OMS [12]. Ceci indique que l'eau étudiée n'est pas assujettie à un risque de pollution par les nitrates ni avant ni après le traitement.

Les nitrites peuvent être rencontrés dans les eaux, mais généralement à des concentrations faibles (Tableau 2), une eau qui renferme des nitrites peut être considérée comme suspect. Il semble qu'une teneur d'azote nitreux supérieur à 0,10 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ puisse faire soupçonner un apport d'eaux riches en matières organiques en voie d'oxydation. Cette concentration ne devrait pas être dépassée dans une eau d'origine profonde.

Les différentes analyses effectuées sur les échantillons de l'eau brute à l'entrée de la station de Béni Nadjî ont permis de dégager le comportement de certains paramètres descriptifs de la qualité physico-chimique des eaux. En effet les analyses attestent que la concentration de la quasi-totalité des paramètres répond aux normes en vigueur donc ne montre pas une pollution des eaux de surface.

Toutefois les matières en suspensions atteignent 275 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ au mois d'août, avec une turbidité de 330 NTU. Ceci influence fortement sur la qualité de l'eau prétraité arrivées à Nouakchott et dans ce cas, c'est la Station de potabilisation du PK 17 qui va assurer la production d'eau potable pour les wilayas de Nouakchott en entrant parfois une phase de coagulation - floculation.

Sur la base des caractéristiques d'eau brute du fleuve Sénégal, les procédés de traitement appliqués dans les deux stations de traitement doivent permettre de réduire la turbidité, les matières en suspension et les matières organiques à la sortie de la station de prétraitement de Béni Nadjî et dans la station de potabilisation de Nouakchott. En

effet, on remarque que le traitement dans la station de prétraitement de Béni Nadji assure une élimination quasi totale des MES variant de 99 % à 100 %.

D'après Maazouzia *et al.* (2007) [19], durant la filtration sur sable lorsqu'une eau ne contenant aucune matière en suspension exprimé en sa turbidité son débit est constant, et les volumes recueillis sont proportionnels au temps de passage. En effet, une élimination remarquable des nitrites allant jusqu'à 100 % pour une teneur de $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a été observée (qui dépasse la norme de $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) [19]. Les mêmes auteurs ont remarqué que l'augmentation de la concentration en nitrate est plus importante dans le cas du lit filtrant du sable de Taghit alors qu'une bonne correction de la turbidité a été observée tandis que la conductivité demeure indifférente. En effet, une analyse comparative des moyennes (Test T pour échantillons appariés) de la turbidité et des matières organiques au cours de traitement reste très intéressante pour le suivi de la qualité de l'eau traitée. Dans le but de suivre la variation de la qualité de l'eau au cours de traitement, une analyse comparative des moyennes (Test T pour échantillons appariés) a été appliquée aux paramètres qui ont connu une perturbation de la qualité de l'eau au cours de traitement (la turbidité et les matières organique).

La procédure du Test T pour Echantillons Appariés compare la moyenne de deux variables pour un seul groupe. Elle permet de calculer les différences entre les valeurs des deux variables pour chaque observation et de tester si la moyenne diffère de 0. Le Tableau 7 illustre les résultats obtenus pour le Test T cas de la turbidité.

Tableau 7. Test T de la turbidité durant l'année 2013

	Moyenne	T	P - Value	Intervalle de confiance	
EB - EPB	102,87	2,068	0,093	-24,98	230,72
EPB - EPN	-0,0083	-0,108	0,91	-0,206	0,895
EPN - EF	0,306	4,084	0,01	0,113	0,499
EF - EPO	0,235	4,09	0,009	0,0873	0,382

La différence de la turbidité la plus importante est celle qu'est entre l'eau filtrée (EF) et l'eau potable (EPO) en plus d'une différence significative entre l'eau prétraitée de Nouakchott (EPN) et l'eau filtrée. Une augmentation de la turbidité entre l'eau prétraitée de Béni Nadji (EPB) et l'eau prétraitée de Nouakchott a été notée. Cette comparaison nous a permis de déduire une baisse dans le rythme d'élimination ou une croissance de la turbidité du au séjour de l'eau prétraité dans la conduite de transfert (170 km). En outre, il est à noter que le plus important effet lié à la santé qui caractérise la turbidité est sa capacité de protéger les bactéries et les virus contre la désinfection [20]. Par ailleurs, le Tableau 8 illustre les résultats du Test T des matières organiques.

Tableau 8. Test T des matières organiques

	Moyenne	T	P - Value	Intervalle de confiance	
EB - EPB	1,87	5,15	0,004	0,93	2,8
EPB - EPN	-0,35	-7,26	0,001	-0,48	-0,28
EPN - EF	0,28	3,44	0,019	0,05	0,40
EF - EPO	-0,19	-1,81	0,129	-0,47	0,08

La différence des matières organiques la plus importante est celle observée entre l'eau prétraitée de Béni Nadji et l'eau produite à Nouakchott. Cette comparaison nous permet de déduire une baisse dans le rythme d'élimination ou une croissance des matières

organiques dans les ouvrages de la station de traitement de Nouakchott. Par ailleurs, la qualité microbiologique de l'effluent de la station de prétraitement de Béni Nadji est conforme à la norme de potabilité car cette station assure une élimination totale des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux.

CONCLUSIONS

Les résultats des analyses des eaux traitées montrent que le traitement en station de prétraitement de Béni Nadji est efficace en raison d'abord du fait que le jar-test s'effectue souvent surtout en période de pluie, de même que les analyses physico-chimiques de l'eau brute sont effectuées par jours. Ces résultats montrent que les eaux traitées en station ont subi une amélioration importante surtout du point de vue des matières en suspension de la turbidité et de la matière organique.

Pour l'eau potable, la dureté totale varie entre 3,8 et 5,6 °fH alors que la turbidité marque une valeur comprise entre 0,2 et 0,3 NTU avec une turbidité variant entre 21 et 330 NTU dans le cas des eaux de surface. Quant à l'aluminium, sa concentration dans l'eau potable varie entre 0,1 et 0,7 mg·L⁻¹. La concentration en nitrates reste très inférieure à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé (50 mg·L⁻¹).

A travers cette étude, nous sommes arrivés à la conclusion que les phases de clarification des eaux de la station de traitement de Nouakchott doivent être améliorées pour assurer élimination de l'effet du transport sur la qualité de l'eau prétraité (170 km) comme cela a été démontré dans les différentes analyses des données.

Dans les pays en développement les défis de l'avenir se posent maintenant en termes d'économie de l'eau et de recours de plus en plus importants aux ressources en eau non conventionnelles. En maître de sécurisation de l'approvisionnement en eau potable, il est devenu primordial de s'appuyer sur des approches durables, dont notamment la gestion de la demande : par des encouragements à la diffusion des techniques d'économie d'eau, des instruments juridiques. Par ailleurs, il est possible d'influencer le comportement du consommateur afin qu'il rationalise sa consommation ou qu'il contribue l'augmentation de l'offre en consentant les investissements requis pour la mise en valeur des ressources non-conventionnelles.

REFERENCES

1. Kherrati, I., Alemad, A., Joti, B., Abdelsalam, I., Ramzi, M., Aboubaker Alzwi, S., Chiguer, H., El Kharrim, K., Kherrati, B., Belghyti, D.: Qualité des eaux potables de la nappe phréatique Maâmora, Gharb-Kénitra - Maroc, *ScienceLib Editions Mersenne*, **2014**, **6**, N° 141203, 17 p;
2. Michel-Guillou, E.: La construction sociale de la ressource en eau, *Pratique psychologiques*, **2011**, **17** (3), 219-236;
3. Gomella, C., Guerrée, H.: *Le traitement des eaux de distribution*, Ed. Eyrolle, Paris, **1973**;
4. Afoufou, F., Achour, S.: Application du procédé combiné préoxydation-coagulation-post-chloration à l'eau de barrage d'Aïn Zada – Sétif, *Larhyss Journal*, **2003**, (02), 91-103;
5. AFNOR: *La qualité de l'eau*, **1999**;
6. N'Diaye, A.D., Mint Mohamed Salem, K., Ould Kankou, M.O.S.A.: Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal, *Larhyss Journal*, **2013**, (12), 71-83;

7. Ghazali, D., Zaid, A.: Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès-Maroc), *Larhyss Journal*, **2013**, (12), 25-36;
8. Dick, B.A., Kory, M.B.E., Ould Cheikh, M.E.K., N'Diaye, A.D., Tine, A.: Suivi de la qualité physicochimique de l'Eau du lac d'Aleg en Mauritanie, *Science Lib*, **2011**, 3, N° 111211, 10 p;
9. Derwich, E., Benaabidate, L., Zian, A., Sadki, O., Belghity, D.: Caractérisation physico-chimique des eaux de la nappe alluviale du haut Sebou en aval de sa confluence avec Oued Fès, *Larhyss Journal*, **2010**, (08), 101-112;
10. Rauzy, S.: L'assurance qualité des eaux de consommation humaine : rôle des laboratoires agréés, *Revue Française des Laboratoires*, **2004**, (364), 37-40;
11. IBGE (Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement): *Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface*, http://www.ibgebim.be/uploadedFiles/Contenu_du_site/Centre_de_documentation/Fiche_Eau_02_FR.pdf?langtype=2060;
12. OMS: *Travailler ensemble pour la santé*, **2006**, http://www.who.int/whr/2006/whr06_fr.pdf?ua=1;
13. Gourrier-Fréry, C., Fréry, N.: Aluminium, *EMC - Toxicologie Pathologie*, **2004**, 1 (3), 79-95;
14. Meghzili, B., Boussaa, M., Medjram, M.S.: Aluminium résiduel et optimisation des étapes de la clarification dans les stations de traitement des eaux, *ScienceLib Editions Mersenne*, **2012**, 4, N° 120118, 18 p;
15. N'Diaye, A.D., Thiam, O., Ould Kankou, M.O.S.A., Ibno Namr, K.: Turbidité et matières en suspension dans l'eau : Application à l'évaluation des métaux contenus dans l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal, *Larhyss Journal*, **2013**, (14), 93-105;
16. Ould Mohamedou, E., Lebkiri, A., Rifi, E.H., Lebkiri, M., Fadli, M., Pontie, M., Ould Mahmoud, A.K., Fagel, M.L.: Typologie physico-chimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal au niveau de la ville de Rosso (Mauritanie), *Afrique Science*, **2008**, 04 (3), 394-409;
17. Harrat, N.: Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eaux de surface, Thèse, Université Mohamed Khider de Biskra, Algeri, **2013**, <http://dspace.univ-biskra.dz:8080/jspui/handle/123456789/1081>;
18. Yezza, A., Le Gars, A., Sasseville, J.L., Zaara, M.: La Tunisie et le modèle public de distribution et d'exploitation de l'eau potable: la place des partenariats publics privés, *Desalination*, **2005**, 171 (1), 77-84;
19. Maazouzi, A., Ketteb, A., Badri, A.: Etude de procédés de filtration sur sable de la région de Béchar en pré traitement de l'eau potable, *Desalination*, **2007**, 206 (1-3), 358-368;
20. Mint Mouhamed Salime, K., N'Diaye, A.D., Kankou, M.O.S.A.O., Tine, A.: Evaluation de la qualité de l'Eau de la rive droite du fleuve Sénégal, *Science Lib*, **2011**, 3, N° 110706, 10 p.