

## ÉVALUATION TEMPORELLE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DU FLEUVE NIGER À NIAMEY

Ibrahim SOUMAÏLA SIDDO<sup>1\*</sup>, Mahaman Moustapha ADAMO<sup>1</sup>,  
Salifou ILLA<sup>2</sup> et Almoustapha ISSOUFOU IDÉ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université Abdou Moumouni, Département Génie Rural, Eaux et Forêts,  
Faculté d'Agronomie, BP 10960 Niamey, Niger

<sup>2</sup> Université Abdou Moumouni, Institut des Radio-Isotopes (IRI),  
BP 10960 Niamey, Niger

(reçu le 08 Mai 2022; accepté le 30 Juin 2022)

\* Correspondance, e-mail : [siddo855@gmail.com](mailto:siddo855@gmail.com)

### RÉSUMÉ

L'eau est, de nos jours, au cœur des grands enjeux mondiaux du fait de sa raréfaction et sa vulnérabilité. Elle fait l'objet de plusieurs formes d'usages qui influent directement sur sa qualité. Le suivi de sa qualité apparaît comme une nécessité primordiale afin de maintenir ses attributs et ses services à l'homme et à la nature. Les eaux de surface semblent être les plus vulnérables aux activités humaines. La ville de Niamey, capitale du Niger, est entièrement alimentée par l'eau du fleuve Niger, qui est traitée à l'usine de Goudel. Cette étude porte sur l'analyse de l'évolution décennale des principaux paramètres physico-chimiques de l'eau du fleuve Niger : la turbidité, les matières en suspension, le pH et la fraction oxydable de la matière organique. Les analyses ont été effectuées *in situ* et au laboratoire d'analyse de l'eau de l'usine de production d'eau potable de Goudel à Niamey. Il ressort des résultats que les taux annuels varient de 417,19 à 1032,3 NTU pour la turbidité, de 275,08 à 424,42 mg/L pour les MES, de 7,16 à 7,53 pour le pH et de 2,59 à 4,78 mg/L pour la matière organique. Les taux mensuels varient de 30,18 à 2834,8 NTU, de 24,82 à 1545,1 mg/L, 7,24 à 7,67 et 2,42 à 7,16 mg/L pour les paramètres respectifs susmentionnés. La qualité de l'eau du fleuve Niger à Niamey subit des fortes variations physico-chimiques annuelles et inter-saisonnières. La dégradation et le développement des activités industrielles et minières dans le bassin versant du fleuve Niger d'une part et la mauvaise gestion des déchets produits dans les villes en bordure du fleuve Niger constituent les principales sources de la perte de la qualité de ces eaux. Des dispositions doivent être prises pour protéger ce fleuve.

**Mots-clés :** *fleuve Niger, qualité, Niamey, variation.*

## ABSTRACT

### **Temporal evaluation of the physical parameters of the waters of the Niger River in Niamey**

Water is, nowadays, at the heart of major global issues because of its scarcity and vulnerability. It is the subject of several forms of use that directly influence its quality. Monitoring its quality appears to be an essential necessity in order to maintain its attributes and its services to man and nature. Surface waters seem to be the most vulnerable to human activities. The city of Niamey, capital of Niger, is entirely supplied with water from the Niger River, which is treated at the Goudel plant. This study focuses on the analysis of the decadal evolution of the main physico-chemical parameters of the water of the Niger River : turbidity, suspended solids, pH and the oxidizable fraction of organic matter. The analyzes were carried out in situ and in the water analysis laboratory of the Goudel drinking water production plant in Niamey. The results show that the annual rates vary from 417.19 to 1032.3 NTU for turbidity, from 275.08 to 424.42 mg/L for suspended matter, from 7.16 to 7.53 for pH and from 2.59 to 4.78 mg/L for organic matter. The monthly rates vary from 30.18 to 2834.8 NTU, from 24.82 to 1545.1 mg/L, 7.24 to 7.67 and 2.42 to 7.16 mg/L for the respective parameters aforesaid. The water quality of the Niger River in Niamey undergoes strong annual and inter-seasonal physico-chemical variations. The degradation and development of industrial and mining activities in the watershed of the Niger River on the one hand and the poor management of waste produced in the towns along the Niger River are the main sources of the loss of the quality of these waters. Arrangements must be made to protect this river.

**Keywords :** *Niger river, quality, Niamey, variation.*

## I - INTRODUCTION

L'eau est un élément de la vie quotidienne, elle est si familière qu'on oublie souvent son rôle, son importance et sa nécessité absolue [1]. Sans l'eau, aucune forme de vie ne saurait exister sur terre. Pourtant, partout dans le monde, la pression sur les ressources en eau est à la hausse [2]. Ces menaces sont dues à la croissance démographique brutale [3, 4] et à la détérioration de la qualité des ressources en eau, par prolifération des différentes sources de pollution [2] telles que les pesticides [5], les produits phytosanitaires [6, 7] et les établissements industriels [8]. La présence des macropolluants et micropolluants dans les eaux de surface dégrade leur qualité, et celle des ressources, et compromet aussi la santé de la population utilisatrice des eaux et produits halieutiques [9, 10]. La pollution des eaux de surface pourrait engendrer diverses maladies telles que : choléra, typhoïde, hépatites,

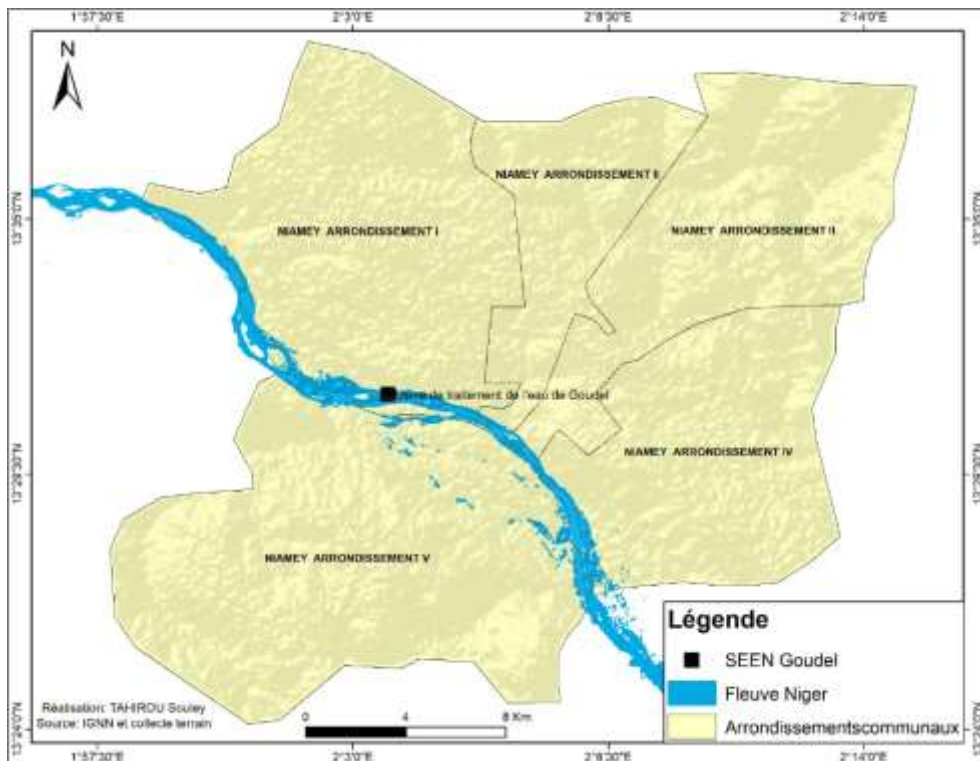
bilharziose et intoxications chimiques [11]. Elle est en partie due à l'absence de traitements adaptés des eaux usées générées et leur rejet direct dans le milieu naturel [12]. Pourtant, la connaissance de la qualité et de la fragilité des eaux de surface reste limitée [13]. Cela fait de la qualité de l'eau un enjeu indéniable auquel les populations, les producteurs, les industriels et les pouvoirs publics doivent s'intéresser et gérer avec prévision et précaution. Garantir une qualité d'eau douce adaptée aux besoins humains et écologiques est donc un aspect important de la gestion intégrée de l'environnement et du développement durable [14, 15]. Comme la consommation d'eau polluée par les populations a pour conséquence le développement des maladies hydriques [10], la problématique de l'eau de boisson constitue un enjeu d'importance majeure en termes de santé publique au Niger [16]. Principale source d'eau potable pour la population de la ville de Niamey et des villages riverains, le suivi de la qualité de l'eau du fleuve Niger et la diffusion des résultats de son état revêt une importance afin que les utilisateurs de cette eau prennent conscience des enjeux environnementaux locaux et régionaux. Cette étude revêt un intérêt particulier du fait qu'elle retrace l'évolution décennale de la qualité de l'eau du fleuve Niger à Niamey.

## II - MÉTHODOLOGIE

L'eau du fleuve est prélevée au niveau de Goudel en amont du seuil de Goudel (*Figure 1*). Les données exploitées sont celles des analyses effectuées par le laboratoire de l'usine de Goudel de 2011 à 2020. Les analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau brute du fleuve Niger à Niamey, sont réalisées quotidiennement. Les paramètres examinés dans le cadre de cette étude sont ceux qui sont déterminants dans le processus de traitement de l'eau et des références de qualité [17]. Il s'agit de la turbidité, le pH, les matières en suspension (MES) et la fraction oxydable de la matière organique (MO). Les appareils et méthodes pour la détermination de ces paramètres sont dans le *Tableau 1*.

**Tableau 1 :** Appareils et méthodes de mesure des paramètres

Paramètres	Méthodes / appareils
Turbidité	Turbidimètre néphélométrique TL2310
Matières en suspension	Spectrophotomètre de marque METTLER TOLEDO
pH	pH-mètre de marque METTLER TOLEDO
Matière organique	Méthode d'oxydabilité au permanganate de potassium



**Figure 1 : Point de prélèvement des échantillons**

L'analyse statistique des données a été réalisée au moyen de deux logiciels :

- GenStat pour la comparaison des moyennes avec le test de Newman-Keuls au seuil de 5 % ;
- R pour l'étude des corrélations par Analyse Factorielle de Correspondance (AFC) afin de ressortir les corrélations entre les variables et le temps.

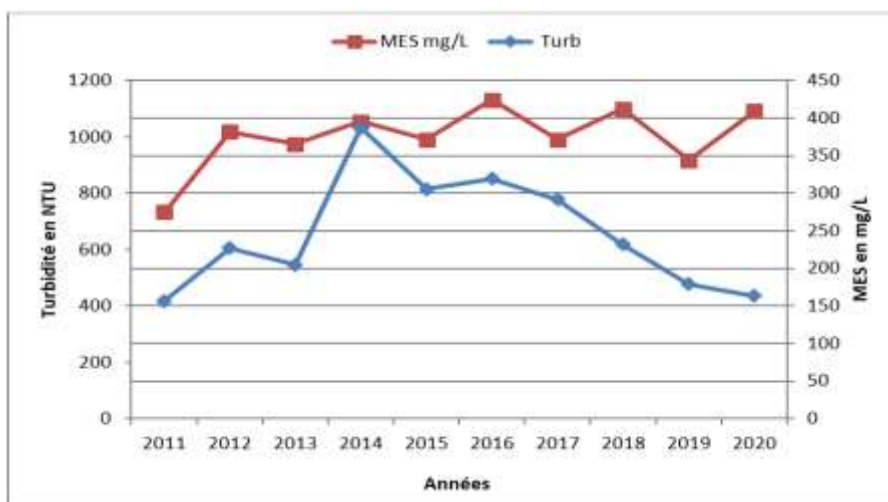
L'interprétation des données a permis de ressortir les évolutions annuelles et inter saisonnières des paramètres suivis.

### III - RÉSULTATS

#### III-1. Évolution interannuelle de la turbidité et des MES

La turbidité et la teneur en MES varient d'une année à une autre (**Figure 2**). L'analyse de l'évolution de la turbidité moyenne montre que les valeurs minimale et maximale ont été atteintes respectivement en 2011 (417,19 NTU) et 2014 (1032,33 NTU). La turbidité moyenne a connu une progression entre 2011 et 2014, et a amorcé une régression quasi progressive jusqu'en 2020. La

variation des MES a une dynamique sinusoïdale. La valeur minimale (275,08 mg/L) a été enregistrée en 2011 et la valeur maximale (424,42 mg/L) en 2016. La comparaison des moyennes par le test de Newman keuls au seuil de 5 % a montré qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les valeurs moyennes interannuelles de MES ( $P < 0,649$ ) mais la différence est hautement significative entre les teneurs moyennes de turbidité ( $P < 0,001$ ). Ainsi, l'eau a été plus opaque en 2014 avec en moyenne 1032,3 NTU par an, qui est supérieure aux turbidités moyennes de 2011, 2020, 2019 et 2013 avec des valeurs respectives de 417,19 ; 435,7 ; 476,7 et 546,4 NTU.



**Figure 2 :** Évolution interannuelle de la turbidité et des MES de 2011 à 2020

### III-2. Évolution interannuelle du pH et de la matière organique

Le pH ou potentiel hydrogène de l'eau donne l'acidité ou la basicité de l'eau. L'ensemble des réactions chimiques en dépendent. L'analyse décennale du pH, montre que ses valeurs sont harmonieusement distribuées autour de la moyenne (moyenne de 7.402 avec un écart type de 0,109 et une covariance de 0,0118). La fraction oxydable de la matière organique dissoute a, quant à elle, connu une évolution quasi ascendante de 2011 à 2020 (**Figure 3**). Ainsi, l'année 2019 a enregistré le plus grand taux de matière organique (MO) avec  $4,78 \pm 2,24$  mg/L contre  $2,67 \pm 0,5$  mg/L en 2011. L'analyse de variance par le test de Newman keuls au seuil de 5% met en évidence une différence statistiquement significative entre les valeurs du pH ( $P < 0,001$ ) et entre celles de la matière organique ( $P < 0,001$ ). De ce fait, le pH de 2011 est supérieur aux pH de 2019, 2015, 2018, 2017 et 2020. En plus, ceux de 2012, 2016 et 2014 sont également supérieurs à ceux de 2017 et 2020. Par rapport à la MO, les taux de 2017, 2020, 2018 et 2019 sont supérieurs aux taux des années 2013, 2014, 2011 et 2012, mais égaux à ceux de 2015 et 2016.

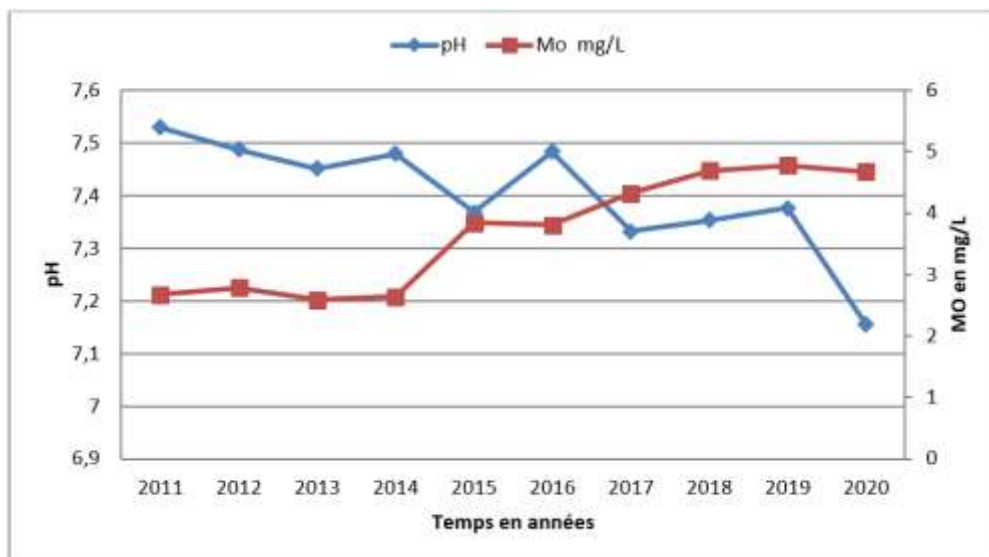
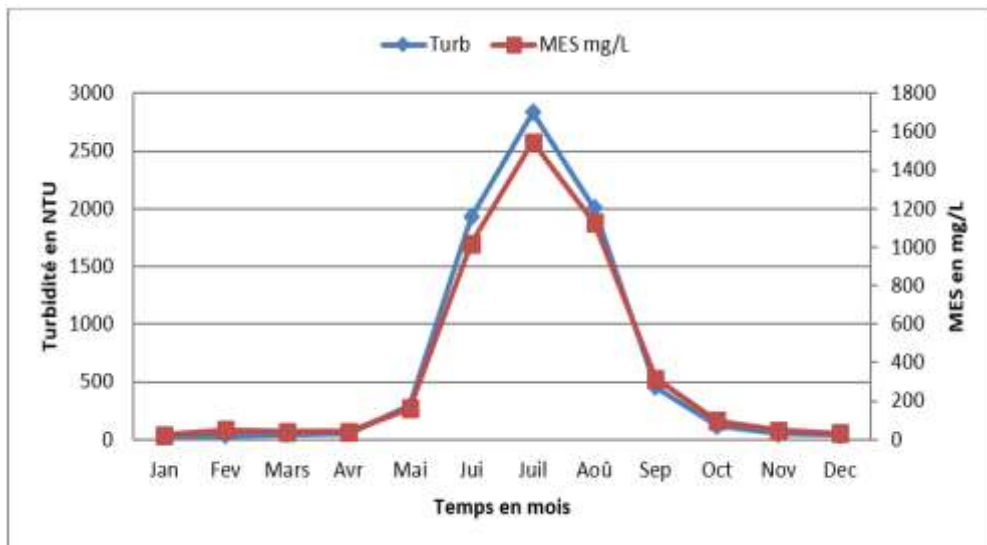


Figure 3 : Évolution interannuelle du pH et de la matière organique

### III-3. Évolution inter saisonnière de la turbidité et des MES

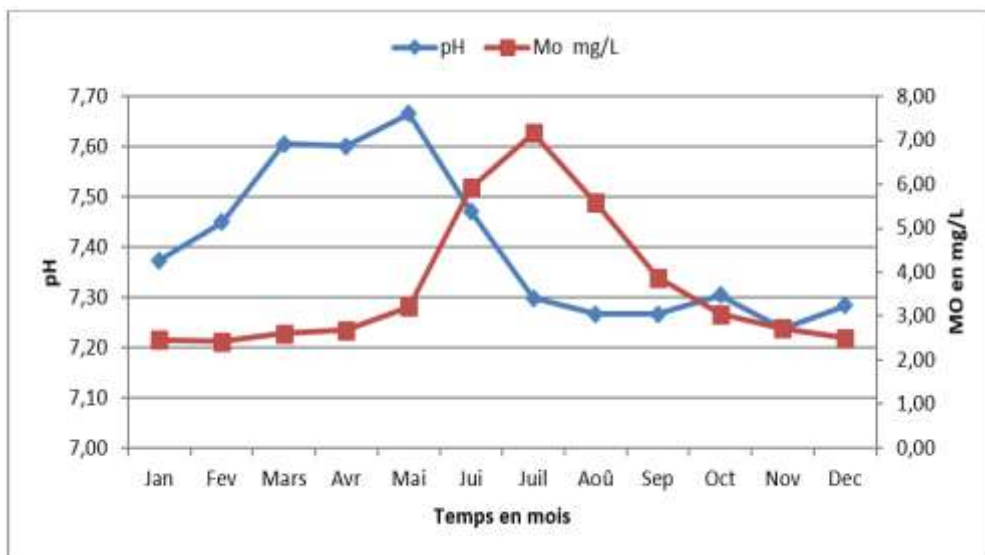
La turbidité de l'eau et le taux de matières en suspension varient fortement en fonction des saisons (saison des pluies et saison sèche). Les courbes de la turbidité et des MES suivent une évolution semblable. Les plus grandes valeurs sont obtenues pendant la saison des pluies et particulièrement en juillet, tandis que les plus faibles valeurs sont enregistrées en janvier qui correspond au milieu de la saison sèche (*Figure 4*). La comparaison des moyennes par le test de Newman keuls au seuil de 5% montre qu'il y a des différences hautement significatives entre les teneurs mensuelles de turbidité ( $P < 0,001$ ) et entre celles de MES ( $P < 0,001$ ). Ainsi, le mois de juillet avec en moyenne 2834,8 NTU est supérieur aux mois de juin et août. Ces derniers sont statistiquement supérieurs aux neuf mois restants. En ce qui concerne les MES, les différences statistiques suivent la même logique que celle des turbidités mensuelles.



**Figure 4** : Évolution de la turbidité et MES en fonction des mois

#### III-4. Évolution inter saisonnière du pH et de la matière organique

Le potentiel d'hydrogène et le taux de matière organique ont varié différemment en fonction de la saison. Pendant toutes les 2 saisons, le pH a connu une légère variation allant de 7,24 à 7,67, avec une moyenne de 7.40 et un écart type de 0.153 (*Figure 5*). Le pH est élevé pendant les mois les plus chauds de la saison sèche (mars, avril, mai). En ce qui concerne la matière organique, son taux semble suivre le régime saisonnier. Il commence à augmenter en mai-juin (début de la saison des pluies) et atteint le pic en juillet (7,16 mg/L), pour ensuite commencer à baisser avec la diminution des pluies. Le mois de février a la plus faible valeur de taux en MO (2,42 mg/L). Le taux moyen de matière organique oxydable sur les douze (12) mois est de 3.68 avec un écart type de 1,62. L'analyse statistique met en évidence des différences hautement significatives entre les valeurs mensuelles du pH ( $P < 0,001$ ) et entre celles de MO ( $P < 0,001$ ). Par rapport à la MO, les eaux du mois de juillet comportent les plus forts taux de matière organique oxydable. Globalement, les 3 mois de la saison des pluies (juin, juillet et août) ont les plus forts taux de MO que les autres neuf mois de l'année.

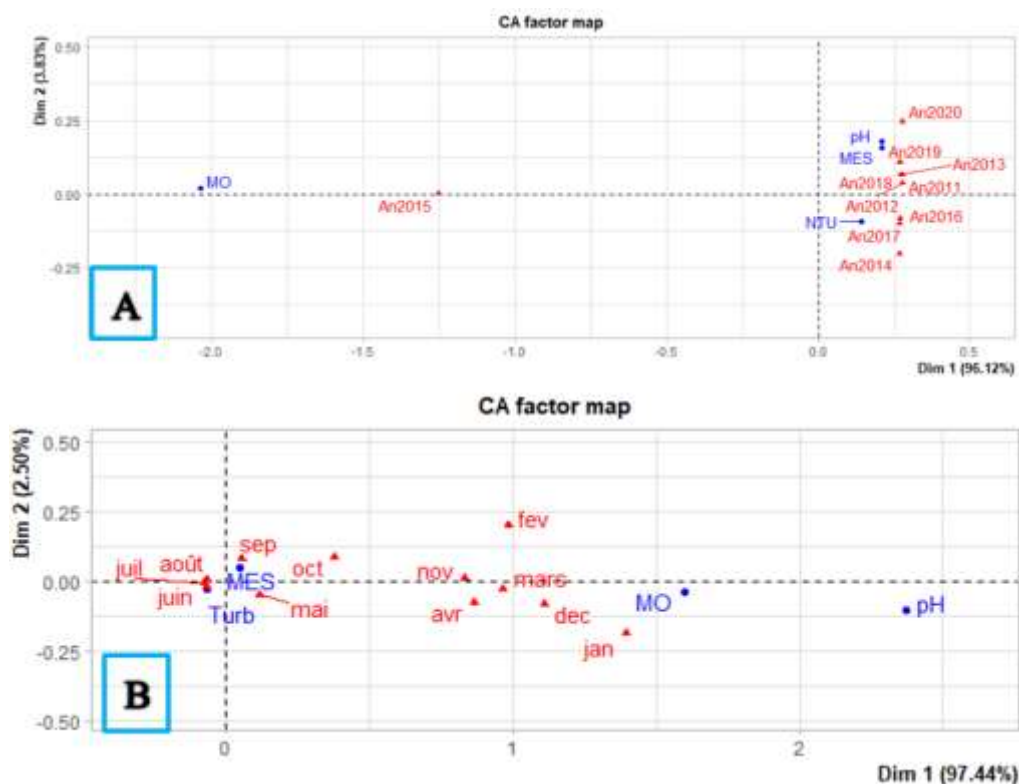


**Figure 5 :** Évolution inter saisonnière du pH et matière organique

### III-5. Étude des corrélations

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) avec le Logiciel R a permis de faire ressortir les corrélations entre les variables et leurs associations avec les années ou les mois. Ainsi, la **Figure 6A** montre que les deux dimensions (Dim 1 avec 96,12 %) et Dim 2 avec 3,83 %) sont largement suffisantes pour apprécier les comportements des variables. On constate de ce fait, qu'il existe une corrélation positive entre le pH, les MES et la turbidité et la proximité entre la qualité des eaux brutes des différentes années. En plus, concernant la variabilité saisonnière, la **Figure 6B** avec des dimensions assez représentatives (Dim 1 = 97,44 % et Dim 2 = 2,5 %) montre la corrélation positive entre les mois pluvieux (juin, juillet et août) et ceux proche de la saison pluvieuse (mai, septembre et octobre) où les MES et la turbidité sont importants. Il montre également la similarité entre la qualité des eaux en saison sèche correspondant aux mois de novembre, décembre janvier, février, mars et avril.





**Figure 6 :** *Corrélation entre les variables et le temps*

*A : Corrélation entre les variables et les années ; B : Corrélation entre les variables et les mois.*

#### IV - DISCUSSION

L'analyse des données du suivi journalier a permis de mettre en évidence l'évolution inter annuelle et inter saisonnière de la qualité de l'eau du fleuve Niger à Niamey avec des écarts statistiquement significatifs pour certains paramètres. Ainsi, l'analyse de variance des données interannuelles par le test de Newman keuls au seuil de 5 % a mis en évidence une différence statistiquement significative entre les valeurs du pH ( $P < 0,001$ ), entre celles de la matière organique ( $P < 0,001$ ) et entre celles de turbidité ( $P < 0,001$ ). Mais la différence n'est pas significative entre les taux de MES ( $P < 0,649$ ). L'analyse inter saisonnière fait ressortir la variation de la qualité de l'eau en fonction de la saison. La comparaison des moyennes par le test de Newman keuls au seuil de 5 % a montré qu'il y a des différences hautement significatives entre les 4 paramètres ( $P < 0,001$ ). Sur les dix ans, le pH a une valeur moyenne annuelle de  $7,4 \pm 0,11$  et mensuelle de  $7,4 \pm 0,15$  ; ce qui

corrobore le résultat obtenu par [18] qui est de 7,49. Du fait que l'eau du fleuve Niger est largement utilisée dans la production des cultures irriguées, cette valeur moyenne du pH est également légèrement supérieure aux valeurs du pH pour une eau d'irrigation qui est de 5 à 7 ; et est supérieure à sa valeur optimale qui est de 5,5 à 6,5, pour laquelle la solubilité de la plupart des microéléments est optimale [19]. Avec une turbidité moyenne d'environ 2834,8 NTU et 1545,13 mg/L de MES pour le mois de juillet, l'eau du fleuve a donc une teneur élevée d'éléments en suspension pendant toute la saison des pluies. L'eau est, de ce fait, chargée. Cette charge peut, en certains cas, conduire à un colmatage rapide des filtres ou des goutteurs dans le cadre d'une irrigation localisée, d'où l'intérêt de connaître le pouvoir colmatant des eaux [17], surtout quand elles sont destinées à ce type d'irrigation ou encore à l'aspersion. La variation de la qualité de l'eau en fonction des périodes serait liée aux apports des affluents du fleuve Niger. En effet, la qualité des eaux superficielles est fonction de l'environnement physico-géographique caractérisant la région [20]. Dans le contexte de cette étude, les mois pluvieux correspondant à la période de crue locale [21] se caractérisent par des teneurs élevées de turbidité, de MES et de MO. Les valeurs élevées de ces paramètres sont dues à l'eau de ruissellement qui entraîne avec elle des particules plus ou moins grosses, en fonction de la quantité d'eau en mouvement et de la pente [22]. Ce qui traduit parfaitement la différence de la qualité des eaux du fleuve Niger à Niamey. Les mois de juin, juillet et août ayant les plus grandes valeurs de turbidité et de MES correspondent aux mois où les précipitations locales sont abondantes avec des valeurs moyennes décennales respectives de 973,32 mm, 1453,3 mm et 1977,09 mm (relevés pluviométriques de l'Institut des Radio-Isotopes sur une période de dix ans). Les charges importantes en saison pluvieuse sont aussi attribuables à la dégradation des sols du bassin du Niger qui sont peu protégés par la végétation [23]. En plus, compte tenu du caractère limité des ressources en eau douce, d'une part, et de l'accroissement de la demande, d'autre part, il est crucial de protéger et de bien gérer les ressources en eau [24] surtout celle du fleuve Niger dont la disponibilité pose problème en période d'étiage. Et la dégradation de sa qualité est un problème crucial au Delta du Niger au Nigéria [25].

## **V - CONCLUSION**

L'eau est le fluide le plus utilisé dans le monde. C'est une denrée à caractère universel dont dépendent toutes les vies sur terre. Elle est la ressource la plus commune, renouvelable mais aussi limitée et fragile. Sa gestion durable dans une perspective de garantir son service à travers sa disponibilité, sa qualité, son accessibilité, nécessite un suivi afin de concilier des objectifs économiques, sociaux et environnementaux complexes. Le résultat de cette étude portant sur l'évolution décennale de la qualité de l'eau du fleuve Niger à Niamey montre

une variabilité de la qualité de l'eau aussi bien en fonction des mois qu'en fonction des années. La différence est hautement significative pour tous les paramètres ( $P < 0,001$ ), excepté le taux inter annuel de MES ( $P < 0,649$ ). En conclusion, en raison de son taux élevé de turbidité et de MES, l'eau du fleuve Niger à Niamey est de mauvaise qualité pendant certaine période de l'année et nécessite un traitement préalable pour toutes formes d'utilisation exigeant une eau moins chargée.

## RÉFÉRENCES

- [1] - A. KETTAB, Les ressources en eau en Algérie : stratégies, enjeux et vision. *Desalination*, 136 (2001) 25 - 33
- [2] - N. NOUAYTI, D. KHATTACH et M. HILALI, *J. Mater. Environ. Sci.*, 6 (4) (2015) 1068 - 1081
- [3] - J.-P. CHIPPAUX, S. HOUSSIER, P. GROSS, C. BOUVIER et F. BRISSAUD, *Bull Soc Pathol Exot*, 94, 2 (2002) 119 - 123
- [4] - J. G. T. YOUMBI, R. FEUMBA, V. T. NJITAT, G. MARSILY et G. E. EKODECK, *C. R. Biologies*, 336 (2013) 310 - 316
- [5] - V. AUDREY, L'agriculture biologique comme réponse à la pollution de l'eau : apports de la géographie pour comprendre les dynamiques en cours. Histoire. Université de Lyon, France, (2016) 448 p.
- [6] - B. DE-BRUYN, C. FREISSIN et M. VAUCLIN, *La Houille Blanche*, 2 (2006) 106 - 112
- [7] - N. CARLUER, G. LE HENAFF, C. MARGOUM et V. GOUY, *TSM Eau et santé : les micropolluants dans la chaîne trophique*, N° 12 (2011)
- [8] - S. HEBERT et S. LEGARE, Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau, Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement. Ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV-2001-0141, rapport n° QE-123, Canada, (2000) 24 p.
- [9] - A. ADJAGODO, D. T. M. AGASSOUNON, N. C. KELOME et R. LAWANI, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (3) (2016) 1459 - 1472
- [10] - H. A. BOUBAKAR, Aquifères superficiels et profonds et pollution urbaine en Afrique : Cas de la communauté urbaine de Niamey (NIGER). Thèse de doctorat présentée pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Abdou Moumouni de Niamey, Spécialité : Sciences de la Terre Option : Hydrogéologie, (2010) 250 p.
- [11] - A. EL OUALI LALAMI, M. MERZOUKI, O. EL HILLALI, S. MANIAR et S. IBNSOUDA KORAICHI, *Larhyss Journal*, 09 (2010) 55 - 72
- [12] - F. MERHABI, H. AMINE et J. HALWANI, *Lebanese Science Journal*, 20 (1) (2019) 10 - 34

- [13] - M. H. CHADEN, Évaluation de la qualité de l'eau du bassin supérieur de la rivière du Litani, Liban : approche hydrogéochimique, Université de Lorraine, École Doctorale Science et Ingénierie Ressources Procèdes Produit Environnement, France, (2014) 268 p.
- [14] - A. TALHAOUI, E. H. ABDELLAH, H. JADDI, H. OUSMANA et I. MANSSOURI, *European Scientific Journal*, 16 (2) (2020) 64 - 85
- [15] - C. FAYE, *Larhyss Journal*, 32 (2017) 107 - 126
- [16] - C. HINDEN, Analyse des conditions hydrogéologiques et sanitaires dans le contexte des problèmes de contamination fécale. Mémoire de licence, Institut de géographie, Faculté des géosciences et de l'environnement, Université de Lausanne, (2008) 119 p.
- [17] - J. RODIER, B. LEGUBE, N. MERLET, R. BRUNET, J. MIALOCQ, P. LEROY, M. HOUSSIN, G. LAVISON, C. BECHEMIN, M. VINCENT, P. REBOUILLON, L. MOULIN, P. CHOMODE, P. DUJARDIN, S. GOSSELIN, R. SEUX et F. AL MARDINI, L'Analyse de l'eau. 9e édition entièrement mise à jour. Dunod, Paris, (2009) 1579 p.
- [18] - B. ALHOU et I. BOUKARI, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (5) (2016) 2369 - 2378
- [19] - I. COUTURE, Analyse d'eau pour fin d'irrigation. MAPAQ Montérégie-Est, (2004) 8 p.
- [20] - Z. BOUGUERIOUNE et M. TOUMI, Évaluation de la qualité des eaux de surfaces dans la partie aval d'Oued Kebir (Jijel N.E algérien), Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme : Master Académique en Géologie. Université Mohammed Seddik Benyahia –Jijel, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Algérie, (2018) 64 p.
- [21] - S. A. IDRISSE, Modélisation SWAT du transport des sédiments dans la connaissance régionale de la dynamique d'ensablement du bassin actif du fleuve Niger : application au bassin de Goroual. Thèse de doctorat de l'Université Abdou Moumouni. Spécialité : Hydroclimatologie et SIG. Mention : Agronomie, (2018) 154 p.
- [22] - O. DELESTRE, Simulation du ruissellement d'eau de pluie sur des surfaces agricoles. Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'université d'Orléans, Discipline : Mathématiques Appliquées. École Doctorale sciences et technologie. Université d'Orléans. France, (2010) 297 p.
- [23] - M. G. GOUBE, Amélioration des propriétés physico-chimiques des sols de terrasses du fleuve Niger par sous-solage et apport du gypse et/ou du fumier. Rapport de stage présenté en vue de l'obtention de la maîtrise en sciences agronomiques. Faculté d'Agronomie de l'université de Niamey, (1986) 34 p.
- [24] - ONU, L'eau, source de vie 2005-2015 : une décennie internationale d'action. Département de l'information de l'ONU, (2005) 20 p.
- [25] - J. K. NDUKA et O. E. ORISAKWE, *Environ Sci Pollut Res*, 18 (2011) 237 - 246