



CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DE LA RIVE DROITE DU FLEUVE SENEGAL

ABDOULAYE DEMBA N'DIAYE ^{1*}, KHADIJETTOU MINT MOHAMED SALEM ², MOHAMED OULD SID'AHMED OULD KANKOU ²

¹ Laboratoire de Chimie de l'Eau, Service de Toxicologie et de Contrôle Qualité, Institut National de Recherches en Santé Publique, BP 695, Tél. (222) 525 31 75, Nouakchott, Mauritanie.

² Laboratoire de Chimie de l'Eau et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques, université de Nouakchott- BP 5026, Tél. (222) 525 13 82, Nouakchott, Mauritanie.

* abdouldemba@yahoo.fr

RESUME

L'étude concerne l'analyse des paramètres physico-chimiques (T°, pH, C.E, MES, Cl⁻, NH₄⁺, NO₃⁻ et MO) le long de la rive droite du fleuve Sénégal. Ainsi, des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de dix sites d'études en saison des pluies et en saison sèche.

L'application des méthodes d'analyses statistiques sur les résultats physicochimiques ont montré l'existence de deux groupes d'eau : un groupe d'eau ayant une température élevée, basique et de salinité et de minéralisation exprimée par la conductivité électrique, les chlorures et les matières oxydables. Ce groupe est caractéristique de l'eau du fleuve Sénégal pendant la saison sèche et un groupe d'eau riche en matières et particules en suspension et dissoutes et contenant de l'azote ammoniacal. Ce groupe est caractéristique de l'eau du fleuve Sénégal pendant la saison des pluies. Cette étude nous a permis de ressortir également l'influence primordiale des variations saisonnières et des activités anthropiques. Il s'agit d'un plus, pour les modalités de traitement adéquat de cette eau qui est actuellement approvisionnée pour l'alimentation de la ville de Nouakchott en eau potable.

Mots clés : physicochimique, eau, rive droite, fleuve Sénégal, Mauritanie.

ABSTRACT

The study concerns the analysis of physico-chemical parameters (Temperature, pH, Electrical Conductivity, Suspended Matter, Chlorides, Ammonia, nitrates and Oxidizable Matters) along the right bank of the Senegal River. Thus, water samples were performed at ten study sites during the rainy season and dry season.

The application of statistical analysis methods on physicochemical results showed the existence of two groups of water: a group of high temperature water, basic and salinity and mineralization expressed by electrical conductivity, chlorides and oxidizable matters. This group is characteristic of the Senegal River during the dry season and a group of rich water and dissolved and suspended particles and nitrogen-containing ammonia. This group is characteristic of the Senegal River during the rainy season. This study allowed us to also highlight the paramount influence of seasonal variations and human activities. This is one more, for adequate treatment modalities of this water is currently supplied to the power of the city of Nouakchott in drinking water.

Keywords: *physico-chemical, water, right bank, Senegal River, Mauritania.*

INTRODUCTION

Le fleuve Sénégal subit des contraintes qui menacent ses qualités physiques, chimiques et bactériologiques. A différents points géographiques ce cours d'eau reçoit des rejets d'eau usée domestique ou industrielle (Semega, 1995). De nombreuses études y ont été conduites, précisant différents états physico-chimiques et microbiologiques de l'eau de la Rive droite du fleuve Sénégal. Elles ont mis en évidence d'une part la présence très élevée des germes indicateurs de la contamination fécale, qui constituent sans doute une menace pour les habitants qui tirent l'eau nécessaire à la majeure partie de leurs besoins. D'autre part, parmi les paramètres physiques et chimiques étudiés, les valeurs de la turbidité sont très importantes, comme la littérature l'indique cette forte turbidité pourrait être un vecteur de tous les microbes, parasites, et autres (Mint Mohamed Salem et al., 2011). La présente étude, qui s'inscrit dans la suite des travaux, se propose d'apporter modestement une contribution à l'étude de la qualité de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal.

MATERIELS ET METHODES

Milieu et site d'étude

Tous les travaux de terrain ont été effectués sur la zone d'étude située sur la rive droite du fleuve Sénégal (Figure 1).

Les échantillons ont été prélevés dans des villages situés à Rosso au niveau de dix (10) sites numérotés de 1 à 10 : Bag de Rosso (1), N'diourbel (2), Assekaf 1 (3), Assekaf (4), le Sept Km (5), village des pêcheurs 1 (6), village des pêcheurs 2 (7), village des pêcheurs 3 (8), village des pêcheurs 4 (9) et village des pêcheurs 5 (10).

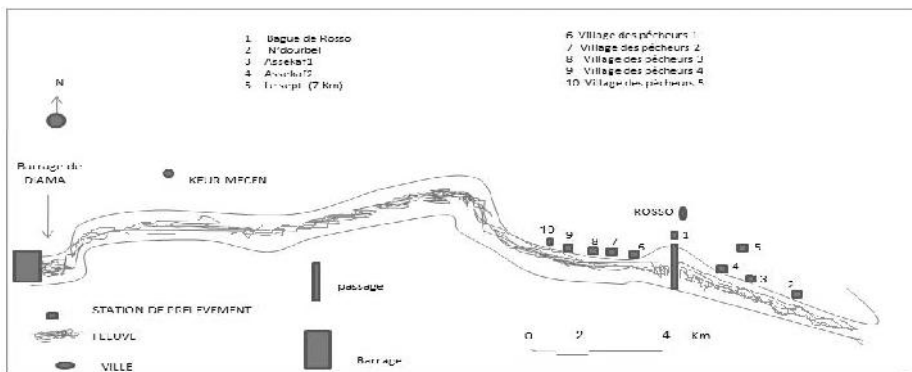


Figure 1 : Localisation des sites de prélèvements

Méthodes d'analyses

Les prélèvements ont été effectués trimestriellement entre Novembre 2009 et Septembre 2010 dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 1litre. Les paramètres physicochimiques étudiés sont la température (T), le Potentiel d'Hydrogène (pH), la conductivité électrique (CE), les chlorures (Cl⁻), les Matières En Suspension (MES), les nitrates (NO₃⁻), l'ammonium (NH₄⁺) et les matières Oxydables (MO).

La température et le pH ont été déterminés par un pH-mètre de type Hanna HI 9024 muni d'une sonde mesurant la température. La conductivité électrique a été mesurée par un conductimètre de type Hanna HI 8733. Les chlorures sont mesurés par méthode volumétrique de Mohr en présence du nitrate d'argent. Les matières en suspension sont déterminées par filtration d'un volume d'eau usée sur filtre cellulosique (0,45 microns mètre) selon Rodier (1996). Les nitrates et l'ammonium 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. L'ammonium est dosé par la méthode colorimétrique en présence du réactif Nessler. L'oxydabilité (les matières oxydables: MO) est déterminée par oxydation à chaud en milieu acide. L'étude statistique a été basée sur l'ACP (Analyse en Composante Principale). La projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2 a été obtenue avec un logiciel XLSTAT 2010.

RESULTATS ET DISCUSSION

Aspect qualitatif de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal

Les figures 2 à 9 montrent les valeurs moyennes enregistrées au niveau des 10 sites de la rive droite du fleuve Sénégal durant la période Novembre 2009/ Septembre 2010.

Température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraîne d'importantes répercussions écologiques (Leynaud, 1968). 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 (W.H.O, 1987). Il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision. Parce que la température est un facteur écologique important. Au cours du mois de Novembre les températures varient légèrement et oscillent entre 27,3 °C et 28 °C (Figure 2). De même, au cours du mois de Mars, les températures oscillent entre 27,1 °C et 28,1 °C (Figure 2). Par contre au cours du mois de Juillet, les températures varient entre 26,1 °C et 28,9 °C (Figure 2). Au cours du mois de Septembre la température minimale est de 26,8 °C et la température maximale est de 28,9 °C (Figure 2). Les températures de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal mesurées en période d'étiage sont légèrement supérieures à celles relevées en période pluvieuse dans tous les 10 sites de prélèvements confirmant ainsi les travaux antérieurs (OMS, 1996).

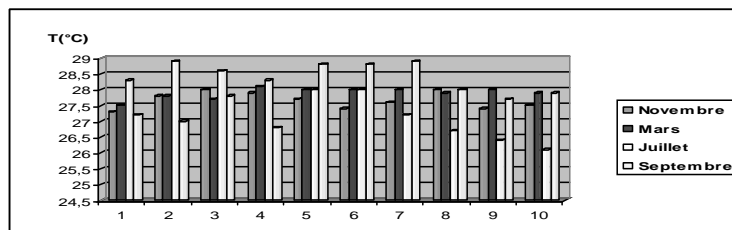


Figure 2 : Variation spatio-temporelle des valeurs de la température

pH

Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H^+ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique et il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates (Himmi et al, 2003). Le pH enregistré au cours du mois de Novembre oscille entre 6,6 et 7,8 (Figure 3). De même le pH varie aussi, au cours du mois de Mars, entre 6,7 et 7,5 (Figure 3). Au cours du mois de Juillet, les valeurs de pH varient entre 6,8 et 7,5 (Figure 3). Les valeurs de pH oscillent entre 6,8 et 7,7 au cours du mois de Septembre (Figure 3).

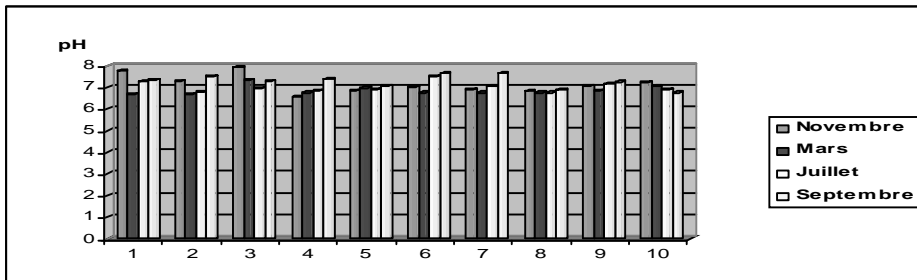


Figure 3 : Variation spatio-temporelle des valeurs du pH

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. Les mesures de la Conductivité électrique de l'ensemble des échantillons montrent qu'elles sont comprises entre 61 et 115 $\mu S/cm$ au cours du mois de Novembre (Figure 4). De même au cours du mois de Mars, les valeurs de la conductivité électrique oscillent entre 49 $\mu S/cm$ et 96 $\mu S/cm$ (Figure 4). Au cours du mois de Juillet, les valeurs de la conductivité électrique varient entre 49 $\mu S/cm$ et 78 $\mu S/cm$ (Figure 4). De même, au cours du mois de Septembre, les valeurs de la conductivité électrique oscillent entre 46 $\mu S/cm$ et 69 $\mu S/cm$ (Figure 4). On remarque que la conductivité dans la saison sèche plus élevée que la saison des pluies. On pourrait penser à un phénomène de dilution du fleuve Sénégal due à l'augmentation du volume d'eau (Ould Mohameddou, 2006).

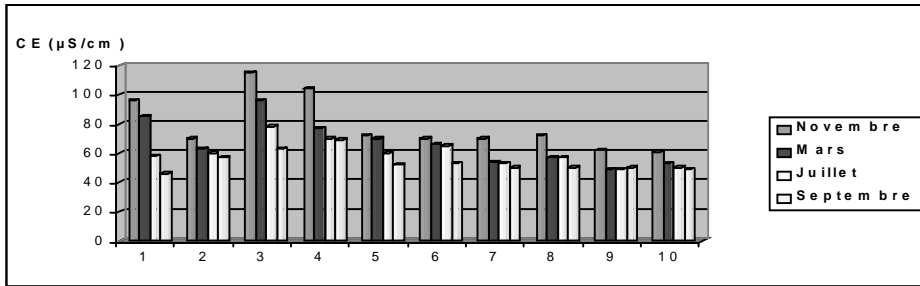


Figure 4 : Variation spatio-temporelle des valeurs de la conductivité

Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatique ainsi que sur la croissance des végétaux. Les chlorures existent dans la quasi-totalité des eaux à des teneurs variables. Au cours du mois de Novembre les teneurs en chlorures varient entre 17,8 mg/L et 35,5 mg/L (Figure 5). Les teneurs en chlorures, au cours du mois de Mars, oscillent entre 17,8 mg/L et 35,5 mg/L (Figure 5). Au cours du mois de Juillet les teneurs en chlorures oscillent entre 17,8 mg/L et 35,5 mg/L (Figure 5). Au cours du mois de Novembre, les teneurs en chlorures varient entre 17,8 mg/L et 35,5 mg/L (Figure 5). On constate qu'il n'y a pas de variation importante de chlorures en fonction des saisons. Par contre il y'a des fluctuations en fonction des sites. On considère que l'effet de l'Océan Atlantique n'est pas négligeable dans la zone. Surtout qu'il est le plus proche du barrage de Diama comme la zone d'étude (Rosso à 110 Km du Diama et 135 Km de l'Océan Atlantique) (Ould Kankou, 2004).

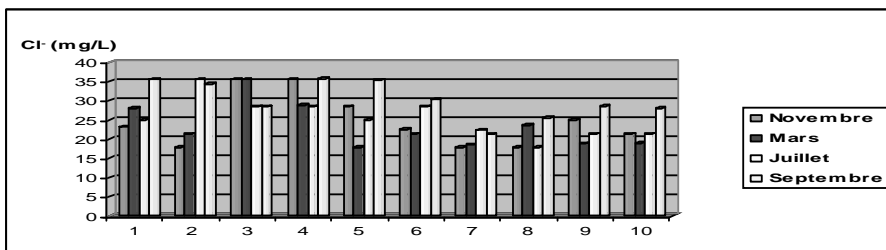


Figure 5 : Variation spatio-temporelle des valeurs des chlorures

Matières en suspension

Les matières en suspension, représentent l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, de régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, etc. (Rodier, 1996). Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau, lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (Hébert et Légare, 2000). La teneur en matières en suspension des eaux est fonction de la nature du terrain traversé. Les valeurs des matières en suspension en période de crue (hiver) sont élevées par rapport à celles de la période d'étiage. Ceci est dû à des pluies abondantes qui entraînent une très forte érosion des terrains au voisinage du fleuve Sénégal (lessivage des sols) (Ould Mohameddou, 2006). Les teneurs les plus importantes en matières en suspension sont observées au mois de juillet (360 mg/L au niveau du site numéro 6 correspondant au village des pêcheurs 1; 320 mg/L au niveau du site numéro 9 correspondant au village de pêcheurs 4) (Figure 6).

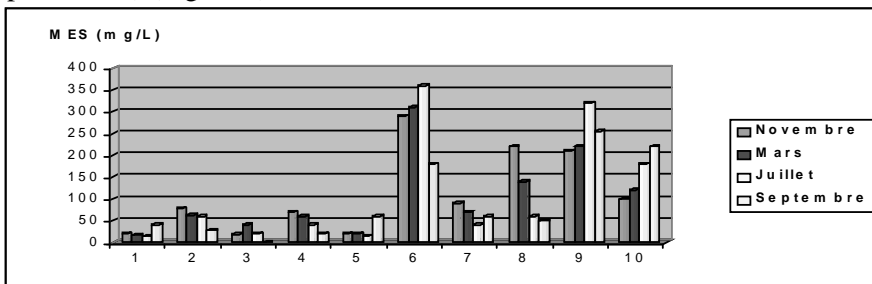


Figure 6 : Variation spatio-temporelle des valeurs en MES

Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faible proportion, inférieure à 0,1mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Il constitue un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (Chapman et al, 1996). L'ammonium constitue le produit de la réduction finale des substances organiques azotées et de la matière inorganique dans les eaux et les sols. 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. Les ions ammonium proviennent de la dégradation des protéines animales (cycle de l'azote), des effluents domestiques (urée) et des

ruissellements urbains (Udert et al, 2003 ; Bonté et al, 2008). L'ammonium étant toxique pour l'organisme humain, la présence en quantité importante dégrade la qualité de l'eau et un élément indicateur de la pollution. Les teneurs en ammonium enregistrées au cours du mois de Novembre varient entre 0,02 mg/L et 1,29 mg/L, de même au cours du mois de Mars elles varient entre 0,02 mg/L et 0,34 mg/L. Au cours du mois de Juillet les concentrations en ammonium enregistrées dans les dix différents sites prélevés oscillent entre 0,03 mg/L et 0,36 mg/L (Figure 7). De la même manière, au cours du mois de Septembre, les concentrations en ammonium oscillent entre 0,03 mg/L et 0,41 mg/L (Figure 7). On observe une concentration maximale de 1,29 mg/L pour le site numéro 7 au cours du mois de Novembre (Figure 7). On observe aussi une concentration maximale de 0,34 mg/L au cours du mois de Mars (Figure 7). On observe au niveau du site numéro 7 et le site numéro 9 des concentrations de 0,36 mg/L et 0,31 mg/L (Figure 7). Les sites 7, 8 et 9 présentent des teneurs respectives en ammonium de 0,34 mg/L, 0,35 mg/L et 0,35 mg/L (Figure 7). Les teneurs en ammonium enregistrées pendant la saison des pluies sont plus importantes que celles trouvées pendant la saison sèche. Sauf au niveau du site 7 au cours du mois de Novembre. On remarque Le taux normal de l'ammonium est fixé à 0,5 mg/L selon l'OMS (1996) et que la variation entre les différents points de prélèvements est augmentée. Cette augmentation peut être expliquée par l'existence des contacts entre les déchets ou les urines avec ces points d'eau ou peut être due au lessivage.

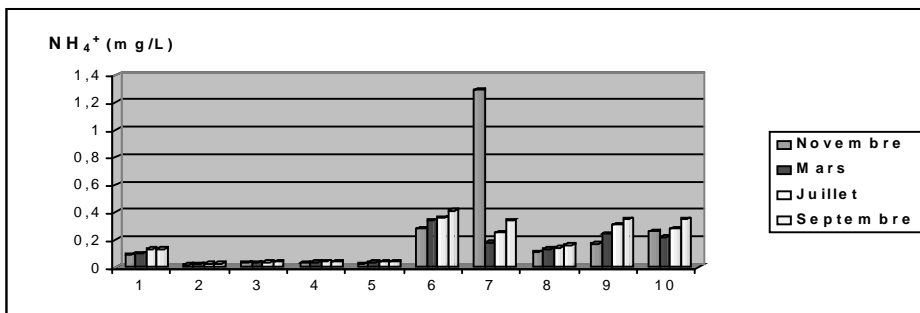


Figure 7 : Variation spatio-temporelle des valeurs en ammonium

Nitrates

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. Les nitrates, qui permettent de fournir de l'azote à la plante, sont les plus problématiques. En effet, apportés en excès, ils peuvent avoir plusieurs impacts négatifs sur les cultures: ils entraînent des retards de maturation, une altération de la qualité, etc. Sur le milieu naturel: les nitrates sont les principaux

responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. 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 au cours du mois de Novembre et Mars sont respectivement de 0,80 mg/L et 0,99 mg/L (Figure 8). Par contre, les teneurs maximales en nitrates enregistrées au cours du mois de Juillet et Septembre sont respectivement 1,1 mg/L et 2 mg/L (Figure 8). Cette augmentation peut-être liée à une fertilisation excessive des zones agricoles par les engrais. Les teneurs 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 (1996). Ce qui indique que l'eau étudiée n'est pas assujettie à un risque de pollution par les nitrates.

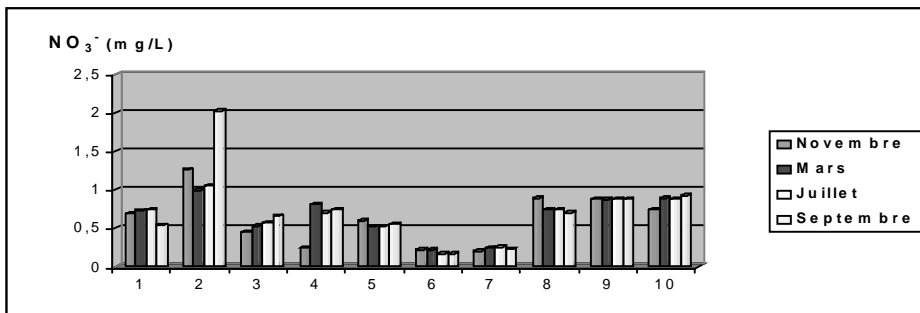


Figure 8 : Variation spatio-temporelle des valeurs en nitrates

Oxydabilité

Les teneurs maximales en matières oxydables observées sont les suivantes : Novembre (2,68 mg/L), Mars (3,45 g/L), Juillet (2,11 mg/L) et Septembre (2,45 mg/L) (Figure 9). Nous constatons que les teneurs en matières oxydables enregistrées pendant la saison sèche sont légèrement supérieures à celles enregistrées pendant la saison des pluies. Il faut savoir que les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures, etc.).

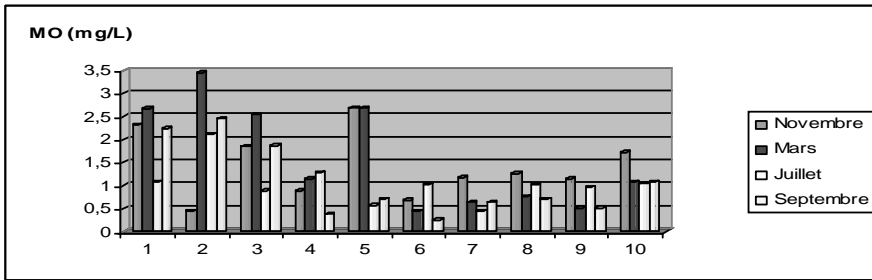


Figure 9 : Variation spatio-temporelle des valeurs des MO

Typologie Spatio- temporelle de la qualité de l'eau de la rive droite

Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres physicochimiques et pour mieux évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal, un traitement statistique ACP (analyse en composantes principales) a été appliqué à l'ensemble des paramètres en saison des pluies et en saison sèche. Cette méthode est largement utilisée pour interpréter les données hydrochimiques (Bennasser, 1997; El Morhit et al, 2008).

Pour le traitement des données par l'analyse en composante principale, nous avons utilisé 7 variables : la température, le pH, la conductivité électrique, les chlorures, les matières en suspension, l'ammonium et les Matières Oxydables et comme individus les 4 prélèvements effectués trimestriellement entre Novembre 2009 et Septembre 2010 en fonction des 10 sites choisis au niveau de la rive droite du fleuve Sénégal.

L'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que plus de 48,89 % sont exprimés. L'axe F1 possède une variance de 28,57 % est exprimé par la température, le pH, la conductivité électrique, les chlorures et les matières oxydables (Figure 10). L'axe F2 a une variance est égale à 20,82 % et est constitué par les matières en suspension et l'ammonium (Figure 10).

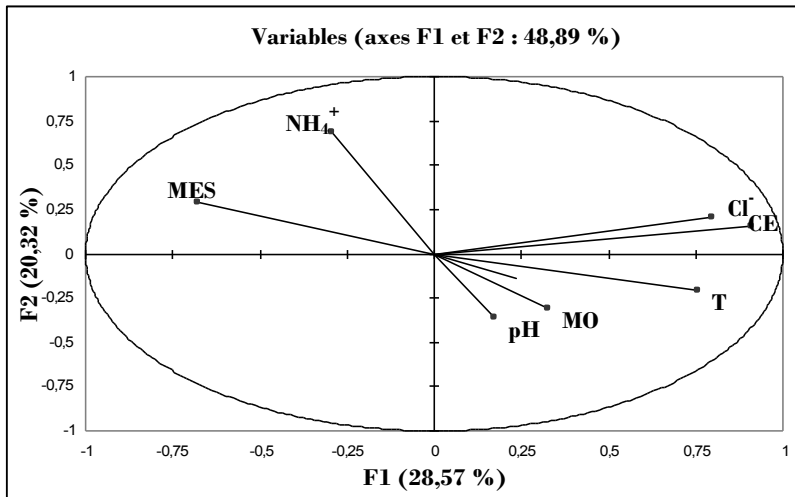


Figure 10 : Projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2

L'ACP nous montre l'existence de deux groupes d'eau :

- un groupe d'eau ayant une température élevée, basique et de salinité et de minéralisation exprimée par la conductivité électrique, les chlorures et les matières oxydables. Ce groupe est caractéristique de l'eau du fleuve Sénégal pendant la saison sèche. Car pendant la saison sèche, on assiste à une diminution du volume de l'eau du fleuve Sénégal. Cette diminution du volume engendre une légère minéralisation de cette eau. On considère que l'effet de l'Océan Atlantique n'est pas négligeable dans la zone. Surtout qu'il est le plus proche du barrage de Diama comme la zone d'étude (Rosso à 110 Km du Diama et 135 Km de l'Océan Atlantique) (Ould Kankou, 2004).

-un groupe d'eau riche en matières et particules en suspension et dissoutes et contenant de l'azote ammoniacal. Ce groupe est caractéristique de l'eau du fleuve Sénégal pendant la saison des pluies. Car pendant la saison des pluies, le fleuve Sénégal devient trouble, on observe des débris de végétaux, des boues apportés par le phénomène de lessivage.

L'ACP nous montre la présence d'un seul axe de pollution qui est l'axe F1 constitué par une eau riche en matières et particules en suspension et dissoutes et de l'azote ammoniacal. Nous pouvons dire que la pollution la plus importante est observée, en général, pendant la saison des pluies. Cette pollution est plutôt physique liée aux paramètres physiques de l'eau que sont la turbidité et les matières en suspension. Nous pouvons dire qu'il y'a deux facteurs essentiels dans cette étude : le facteur saison et facteur humain. Pendant la saison des pluies nous assistons à un phénomène de lessivage, dont la conséquence est le transport des déchets et autre vers le fleuve. La saison sèche dont on assiste à une diminution du volume du fleuve dont la conséquence est la minéralisation

de cette eau. Le facteur humain vaut dire l'activité de l'homme vis-à-vis le fleuve Sénégal dont les résultats sont la présence des déchets domestiques, des excréments d'animaux, champs rizicoles et autres au bord du fleuve Sénégal.

CONCLUSION

L'ACP nous montre l'existence de deux groupes d'eau : un groupe caractéristique de l'eau du fleuve Sénégal pendant la saison sèche un groupe est caractéristique de l'eau du fleuve Sénégal pendant la saison des pluies. L'ACP nous a permis de ressortir également l'influence primordiale des variations saisonnières et des activités anthropiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BENNASSER L. (1997). Diagnose de l'état de l'environnement dans la plaine du Gharb: suivi de la macro-pollution et ses incidences sur la qualité hydrochimique et biologique du bas Sebou. Thèse de doctorat d'état Es Science. Univ. Ibn Tofail; Kenitra, Maroc, 157p.
- BONTE SL., M. PONS, O. POTIER, P. ROCKLIN. (2008), "Relation between Conductivity and Ion Content in Urban Wastewater" *Journal of Water Science*, vol. 21, n° 4, 429- 438
- CHAPMAN D., KIMSTACH V. (1996). Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E and FN Spon, London, pp. 59-126.
- EL BLIDI S., FEKHAOUI M., EL ABIDI A., IDRISSE L., BENAZZOU T., (2006). Contamination des rizières de la plaine du Gharb (Maroc) par des métaux traces. *Vecteur environnement*, janvier, 46–53.
- EL MORHIT M., FEKHAOUI M., SERGHINI A., EL BLIDI S., EL ABIDI A., BENNAAKAM R., YAHYAOUI A., JBILOU M. (2008) Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, n°30, 39-47.
- HEBERT S., LEGRE S. (2000). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- HIMMI N., FEKHAOUI M., FOUTLANE A., BOURCHIC H., EL MMAROUFY M., BENAZZOUT T., HASNAOUI M. (2003). Relazione plankton-parametri fisici chimici in un bacino dimaturazione (laguna mista Beni Slimane – Morocco. *Rivista Di Idrobiologia*. Università degli studi di perugia, Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia laboratorio Di Idrobiologia "G.B. Grassi", 110–111p.

- LEYNAUD G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- MINT MOHAMED SALEM K., AD. N'DIAYE, MOSAO. KANKOU, A. TINE. (2011). Evaluation de la qualité de la qualité de l'Eau de la Rive droite du fleuve Sénégal. *Science Lib*, 3, 111002 p.12.
- OMS. 1996. Rapport sur la santé dans le monde, résumé d'orientation. <URL: <http://www.oms.ch/whr/1998/exum98f.htm>, 1996
- OULD MOHAMEDOU E. (2006). Evaluation de la qualité physicochimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal : cas du Delta Mauritanien localisé dans la ville de Rosso. Mémoire DESA Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail Maroc,
- OULD KANKOU M.O.S.A. (2004). 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,
- RODIER J. (1996). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} éd. Denod, Paris, 1383
- SEMEGA BM. (1995) Interactions physico-chimiques des eaux de la nappe côtière du Trarza (Mauritanie) à Idini et le long du littoral sud. Thèse d'Université, Nice,
- UDERT KM., TA. LARSEN, M. BIEBOW, W. GUJER. (2003). Urea hydrolysis and precipitation dynamics in a urine-collecting system. *Water Res.*, 37, 2571" 2582
- W.H.O. (1987). Global pollution and health results of related environmental monitoring. Global Environment Monitoring system, WHO, UNEP