



L'INTERET DES METHODES D'ANALYSES STATISTIQUES DANS LA GESTION DU SUIVI DE LA QUALITE PHYSICO- CHIMIQUE DE L'EAU DE LA RIVE DROITE DU FLEUVE SENEGAL

**DIALLO A.D.^{1*}, IBNO NAMR K.¹, N'DIAYE A.D.², GARMES H.³,
KANKOU M.⁴, WANE O.⁵**

¹Unité Sciences du Sol & Environnement (LGMSS - URAC45) Département de Géologie,
Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, BP. 20 - El Jadida 24 000, Tél. :
212 (0) 523 342 325 / 343 003, Maroc.

²Laboratoire de Chimie de l'Eau, Service de Toxicologie et de contrôle Qualité, Institut
National de Recherches en Santé Publique de Nouakchott, BP 695, Tél. (222) 525 31
75, Mauritanie.

³Laboratoire Eau & Environnement (LEE), Unité de Chimie Analytique et Sciences de
l'Environnement Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Chouaib
Doukkali, BP. 20 - El Jadida 24 000, Tél. : 212 (0) 523 342 325 / 343 003, Maroc.

⁴Unité des Micropolluants Organiques, Département de Chimie, Faculté des Sciences et
Techniques, Université de Nouakchott, BP 5026, Tél. (222) 525 13 82, Mauritanie.

⁵Laboratoire Géosciences des ressources naturelles (GeoNaRes), Département de géologie,
Université Ibn Tofail - Faculté des sciences BP. 133, 14000 Kenitra- Maroc Tel: 212 6
64 65 28 66 - Fax: 212 5 37 32 94 33

aissatase@yahoo.fr , aissatase@gmail.com

RESUME

Dans le souci de mieux comprendre et de gérer la qualité des eaux de surface, on entreprend souvent de longues et fastidieuses campagnes d'analyses. Celles-ci génèrent généralement assez de données dont l'interprétation n'est pas toujours aisée. L'application de l'Analyse en Composantes Principales (AC) pour une telle tâche pourrait être salutaire. C'est dans l'optique d'une telle application que 26 paramètres physico-chimiques: Le potentiel d'hydrogène (pH); Conductivité électrique (CE); Total de solides dissous (TDS), Température (T°), turbidité (Turb), Dureté Totale (TH), bicarbonates (HCO₃⁻), sulfates (SO₄²⁻), nitrates (NO₃⁻), nitrites (NO₂⁻), chlorure (Cl⁻) orthophosphates (PO₄³⁻), sodium (Na⁺), potassium (K⁺), Magnésium (Mg²⁺),

Calcium (Ca^{2+}), oxydabilité au permanganate (MO), aluminium (Al), ammonium (NH_4^+), silice (SiO_2), zinc (Zn), plomb (Pb), cuivre (Cu), manganèse (Mn), fer (Fe) et fluore (F), ont été opté pour faire des analyses d'échantillons d'eau collectés au cours des mois de Juin, Juillet, Aout et Septembre, sur huit (8) sites d'études.

Cette étude nous montre qu'il est possible, dans la perspective de création d'un outil de gestion, de simplifier le modèle initialement construit à partir de 26 variables pour le ramener à la mesure d'une seule variable qui est la turbidité relativement simple et moins onéreuse. Cette réduction est d'autant plus intéressante que la variable à prendre en compte est de simple mesure. Dans la perspective de la création d'outils de gestion pour servir d'une bonne alternative, Dans le domaine du contrôle de la qualité, la turbidimétrie s'avère l'un des outils analytiques essentiels dans le traitement de l'eau à l'instar de la pH-métrie, la conductimétrie et la colorimétrie.

Mots clés : Analyse en Composantes Principales (ACP), Eau, Rive droite du Fleuve Sénégal, Mauritanie.

ABSTRACT

In order to better understand and manage the quality of surface water, is often undertaking long and tedious analysis campaigns. These usually generate enough data whose interpretation is not always easy. Application of Principal Component Analysis (PCA) for such a task could be beneficial . It is in the context of such an application as 26 physico-chemical parameters: The potential hydrogen (pH) , electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), temperature (T°), turbidity (Turb) Total Hardness (TH), bicarbonate (HCO_3^-), sulfate (SO_4^{2-}), nitrate (NO_3^-), nitrite (NO_2^-), chloride (Cl), orthophosphate (PO_4^{3-}), sodium (Na^+), potassium (K^+), magnesium (Mg^{2+}), calcium (Ca^{2+}), oxidizability permanganate (MO) , aluminum (Al) , ammonium (NH_4^+), silica (SiO_2), zinc (Zn), lead (Pb), copper (Cu), manganese (Mn), iron (Fe) and fluorine (F), derived from the analysis of water samples collected during the months of June, July, August and September 2012, of eight (8) locations at the right bank of the Senegal River.

This study shows that it is possible, with a view to creating a management tool to simplify the model initially constructed from 26 variables to bring it to the extent of one variable whose turbidity relatively simple and less expensive. This reduction is even more interesting that the variable is to consider measurement is simple. In view of the creation of management tools, this tool looks like a good alternative. In the area of quality control the turbidimetry prove essential analytical tools in the treatment of water like the pH-metry, the conductimetry and the colorimetry.

Keywords: Principal Component Analysis (PCA), Water, River Senegal, Mauritania

INTRODUCTION

Le fleuve Sénégal arrose quatre pays : la Guinée, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. Il est alimenté par trois affluents principaux : la Bafing, le Bakoye et la Falamé qui prennent tous les trois, leurs sources dans le massif du Fouta Djallon en Guinée. A ces trois affluents s'en ajoutent d'autres respectivement dans chacun des quatre pays tout le long des 1800 km de drainage jusqu'à l'embouchure à Diama en Mauritanie (Poussin, 2008). Il est le deuxième grand fleuve d'Afrique de l'ouest après le Niger 4 200 km, son bassin versant fait 337 000 km². Avec un débit moyen annuel actuel de l'ordre de 4076 m³/s en moyenne (OMVS, 2012). Le bassin est divisé en trois grandes régions : le haut bassin qui est montagneux, la vallée qui est connue depuis longtemps comme une zone agropastorale des pays riverains et le delta (Figure 1), qui est une région de grande diversité biologique et qui abrite plusieurs zones humides (Duvail, 2002; Mint. M. Salem et al. 2011).

La sécheresse des années 1970 et 1980, sur l'ensemble de l'Afrique de l'ouest a favorisé l'émergence des réponses comme les ouvrages hydrauliques. L'écoulement du fleuve était caractérisé par une forte irrégularité annuelle. Les conditions climatiques particulièrement dures ont entraîné un énorme déficit hydrique dans toute la vallée du fleuve Sénégal. En effet, le niveau des écoulements moyens annuels a connu une baisse très sensible lors ces années puisque les volumes d'eau écoulés ont diminué de 14 milliards m³/an entre 1968 et 1987(Zech, 1999)

Le barrage de Diama (1986), implanté dans l'estuaire du fleuve Sénégal, est situé à 26 km en amont de Saint Louis. Il empêche l'intrusion du biseau salé dans le delta et une partie de la moyenne vallée. Une transformation radicale de la vallée du Sénégal s'opère et marque une première rupture avec la construction des barrages de Diama et de Manantali à laquelle il faut associer la mise en eau de diverses infrastructures hydrauliques. Le barrage de Manantali (1988) est situé dans le bassin édifié sur le cours du Bafing, principal affluent du fleuve Sénégal. Le Bafing fournit approximativement 45% des apports du fleuve. Ce barrage a un rôle de stockage et de régulation avec des débits 2564 m³/s, (OMVS, 2012)

Dans la plupart des pays en voie de développement, le contrôle et le suivi de la qualité des eaux de surface utilisées pour la production des eaux de consommation ne sont pas systématiques par manque de moyen. Du point de vue scientifique, les campagnes de contrôles environnementaux produisent de grandes quantités de données qui ne sont pas souvent simple à interpréter (Kowaliski et al., 2006; Sotelo, et al., 2007).

Plusieurs études ont été faites sur la rive droite de la Mauritanie. Ces études ont montré d'une part que la qualité des eaux de la rive droite montre une faible minéralisation accompagnée d'une forte teneur en turbidité et des matières en suspensions lors de la saison de pluie (Diallo et al., 2012). Cette forte turbidité, pourrait être un vecteur de résidus de pesticides, des traces de métaux lourds et des organochlorés trouvés dans le sol de la rive droite du fleuve Sénégal et provoquent une pollution des eaux du fleuve par ruissellement. (Mint M. Salem et al., 2011; Kankou, 2004). D'autre part, la pollution du sol est la première responsable de la pollution des eaux et la raison pour laquelle des résidus de pesticides tels que le méthylparathion, le 2,3-dichloropropionanilide et le paranitrophénol ont été décelés sur le sol à la bordure de la rive droite du fleuve Sénégal (Kankou, 2004). Pendant la saison des pluies, par le phénomène de ruissellement et du lessivage du sol, ces pesticides pourraient atteindre cette eau sous forme de résidu qui pourrait la rendre très dangereuse à la consommation humaine. Ces travaux ont mis en évidence, 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 (Mint M. Salem et al., 2008)

Le fleuve Sénégal joue un rôle très important comme source principale d'eau de surface pour la Mauritanie et le Sénégal (Ndiaye, A.D., et al., 2013). A différents points géographiques ce cours d'eau reçoit des rejets d'eau usée domestique ou industrielle Dans la mesure où le fleuve Sénégal subit des contraintes qui menacent ses qualités physiques, chimiques et bactériologiques (Kankou, 2004). L'objectif de la présente étude est de faire une application de l'ACP, sur les données physicochimiques en vue d'une gestion et d'un contrôle de la qualité de l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal pendant les mois de Juin, Juillet, Aout et Septembre 2012.

Dans ce contexte, l'utilisation de l'ACP, pour l'interprétation des données semble une solution intéressante pour une meilleure compréhension de la qualité des eaux et des états écologiques des milieux étudiés (Simenov et al., 2003). Cette technique a également l'avantage d'identifier et de lier les différents facteurs (sources) aux effets observés sur les systèmes aquatiques. Elle est donc un meilleur outil de gestion des ressources en eaux permettant de trouver des solutions rapides aux problèmes de pollution (Ouyang et al., 2005; Mencia et al., 2008)

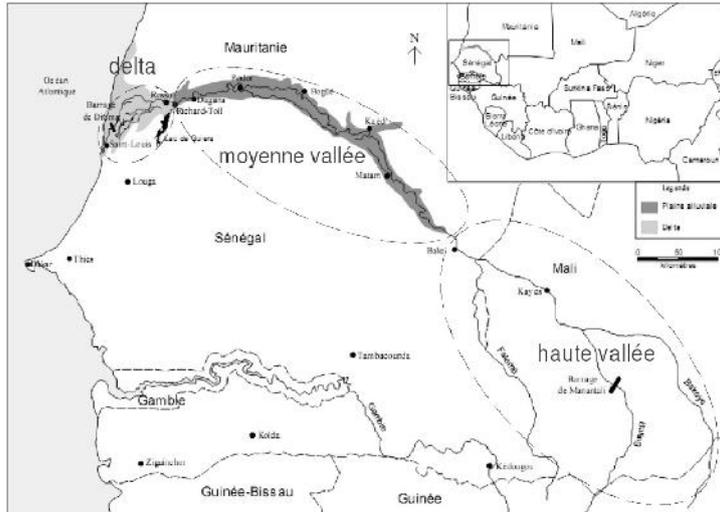


Figure 1 : Carte du bassin du fleuve Sénégal (Poussin, 2008)

MATERIEL ET METHODES

Milieu et Site d'étude

La région du Trarza se situe entre la latitude $16^{\circ}30'$ et $18^{\circ}30'$ et la longitude 14° et 16° , avec une superficie de $33\,000\text{ Km}^2$, la Wilaya du Trarza est limitée au nord par l'inchiri et l'Adrar, à l'est par le Brakna, au nord par le fleuve Sénégal et à l'ouest par l'océan atlantique, située à 204 Km de Nouakchott (Figure.2). L'échantillonnage des eaux s'étale du bag (S1) en passant par la ville de Rosso (S2, S3 et S4), le village du Garak (S5) et le village de pêcheur (S6), jusqu' en amont du périmètre irrigue (S7 et S8) (Figure. 2).

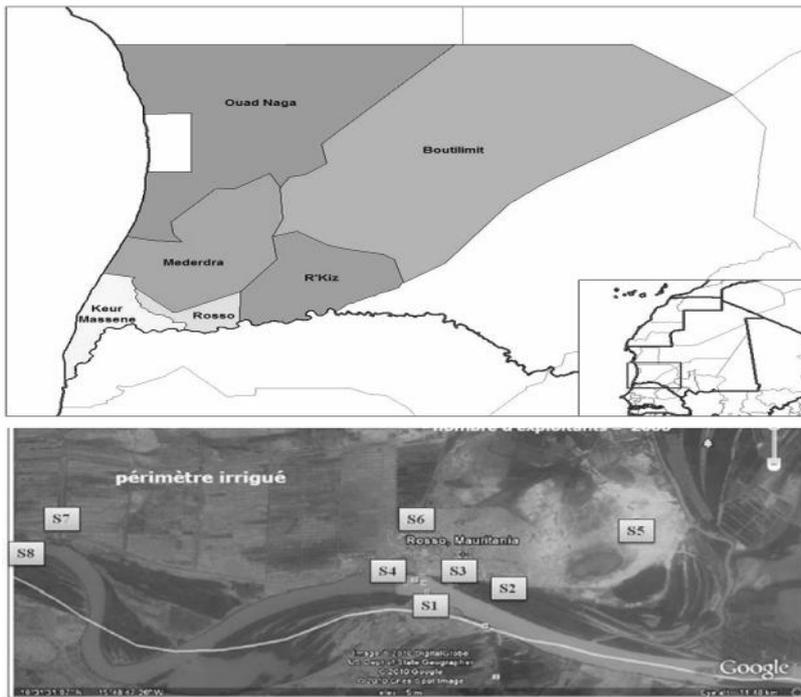


Figure 2 : Carte de localisation de la Wilaya de Trarza et les sites étudiés

Prélèvement et Analyses des eaux de la Rive droite du fleuve Sénégal

Les prélèvements d'eau ont été effectués sur 8 stations au cours des mois de Juin, Juillet, Août et Septembre 2012. Les échantillons prélevés dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 1 litre, conservés dans des thermostats et acheminés jusqu'au Laboratoire de Chimie de l'eau de l'INRSP (Institut National de Recherches en Santé Publique) à Nouakchott- Mauritanie.

Les paramètres physicochimiques étudiés sont: (pH, CE, TDS, T°, Turb, TH, HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , Cl^- , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , MO, Al, NH_4^+ , SiO_2 , Zn, Pb, Cu, Mn, Fe et F⁻). Les analyses ont été effectuées selon la méthode (Rodier, 1996) et par Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à Flamme et à Four de type graphite 990. Selon les normes Standardisées du l'INRSP a Nouakchott.

L'étude statistique a été basée sur l'analyse en composante principale. La matrice de corrélation intermédiaire et la projection des variables dans l'espace des axes F1 et F2 ont été obtenues avec un Logiciel XLSTAT 2012.

RESULTATS ET DISCUSSION

Analyse en Composantes Principales de l'eau de la Rive droite du fleuve Sénégal

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. Le traitement statistique de l'analyse en composantes principales a été réalisé avec le coefficient de Pearson, sur 8 stations et 26 variables : pH, CE, TDS, T°, Turb, TH, HCO₃ SO₄²⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, Cl⁻, PO₄³⁻, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, MO, Al, NH₄⁺, SiO₂, Zn, Pb, Cu, Mn, Fe et F). Cette méthode est largement utilisée pour interpréter les données hydrochimiques (Bennasser, 1997; Bounouira, 2007; EL Mohrit, et al., 2008).

Les valeurs propres des deux axes factoriels F1 et F2 et leur contribution à l'inertie totale, déterminent 61,89 % de l'information totale à raison d'une inertie de 40,53 % et 21,36 % respectivement pour F1 et F2. Une approche typologique des différentes variables (F1 et F2) selon leurs affinités et regroupements sur les deux premières composantes principales est présentée dans la figure.3.

Relation entre les deux premières composantes principales et les variables

Dans le plan formé par les composantes principales 1 et 2 (figure.3), les variables les plus corrélées à la CP 1 sont: pH, K, NH₄, NO₂, MO, Turb, Cu, Mn, Al, Fe, TDS, T, HCO₃, Mg et SO₄. Parmi ces variables, celles qui contribuent le plus à former la CP 1 on trouve deux groupes différents: Le premier regroupe pH, K, NH₄, NO₂, T, MO, Turb, Cu, Mn, Al et Fe, qui sont fortement corrélés entre elles et positivement a la F1, puisqu'ils définissent des vecteurs propres de même direction et le deuxième groupe qui est rassemblé par le TDS, HCO₃, Mg et SO₄, qui sont corrèles négativement a la CP1. Les corrélations entre ces variables sont d'autant plus fortes lorsque les variables sont positionnées aux extrémités de l'axe défini par la CP 1

Sur l'axe défini par la CP2, les variables les plus corrélées à cette composante principale sont : (Ca, PO₄, Na, Si, Pb et NO₃).

D'autres variables (CE, Zn, TH, Cl et F) étant proches du centre du plan factoriel, leur corrélation n'est certainement pas très forte. Ces variables sont probablement mieux expliquées par d'autres composantes principales, autres que la CP1 et 2.

Les éléments définissant des vecteurs propres de même direction sont corrélés. Ainsi, quatre différents groupes d'éléments peuvent être distingués :

*Turb, Mo, Cu, Mn, Al, Fe et Pb; *K, NH₄, NO₂ et pH; *Ca et PO₄;

* TDS, Mg et HCO₃.

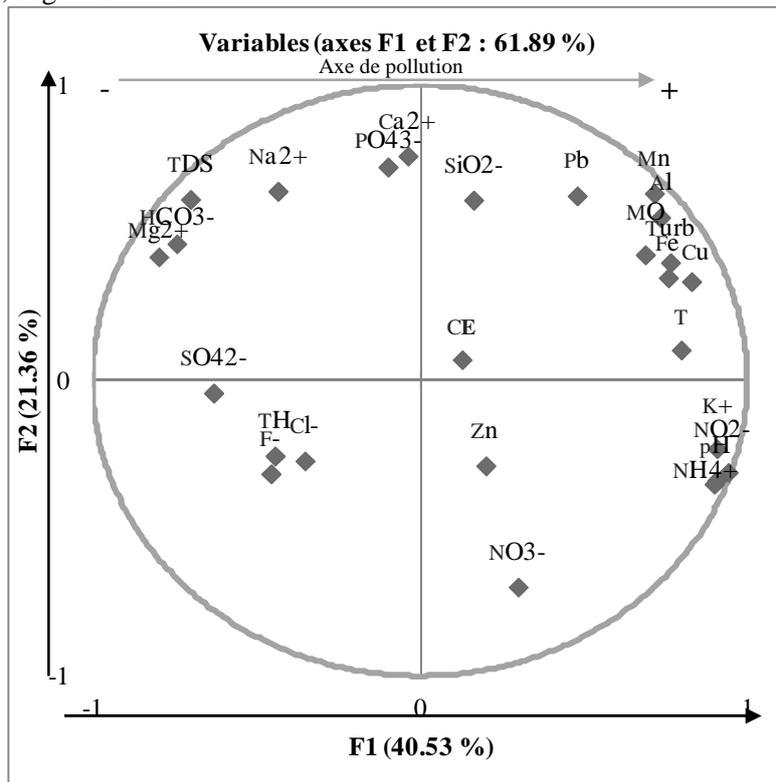


Figure 3 : Répartition des variables dans le plan factoriel formé par les CP 1 et 2

Les éléments, SiO₂, MO, Turb, T, CE, Cu, Mn, Al, Fe et Pb, occupent le quart supérieur droit du plan factoriel, ces éléments ont donc des liaisons "positives" avec les CP 1 et 2. D'autre part, et du fait de sa position au centre du plan factoriel, nous pouvons en déduire que le CE n'est pas très bien expliqué par les composantes principales 1 et 2.

Les variables Ca, PO₄, Na, TDS, Mg et HCO₃, occupent le quart supérieur gauche du plan factoriel, ces éléments ont donc des liaisons "négatives" avec la CP1 et "positives" avec la CP2.

K, NO₂, NO₃, NH₄, pH et Zn, occupent le quart inférieur droit du plan factoriel, ces éléments ont donc des liens "positifs" avec la CP 1 et "négatifs" avec la CP 2 et les variables K, NO₂, NH₄ et pH présentent des liens plus forts avec la CP 1 qu'avec la CP 2.

Les éléments SO₄, Th, Cl⁻ et F⁻, occupent le quart inférieur gauche du plan factoriel, ces éléments ont donc des liaisons "négatives" avec la CP1 et 2. Les variables Zn, CE, Th, Cl⁻ et F⁻ ne sont pas bien expliqués par les composantes principales 1 et 2 puisqu'il se situe au centre du plan factoriel.

Relation entre les deux premières composantes principales et les observations

L'analyse de la répartition des échantillons dans les plans factoriels permet de mettre en évidence les ressemblances et dissemblances existantes entre les échantillons en fonction de leur composition élémentaire. Afin d'identifier ces liens existant entre les échantillons et leur composition chimique, les coordonnées des observations ("scores") dans le plan factoriel CP 1, CP 2 ont été représentées sur la figure. 4.

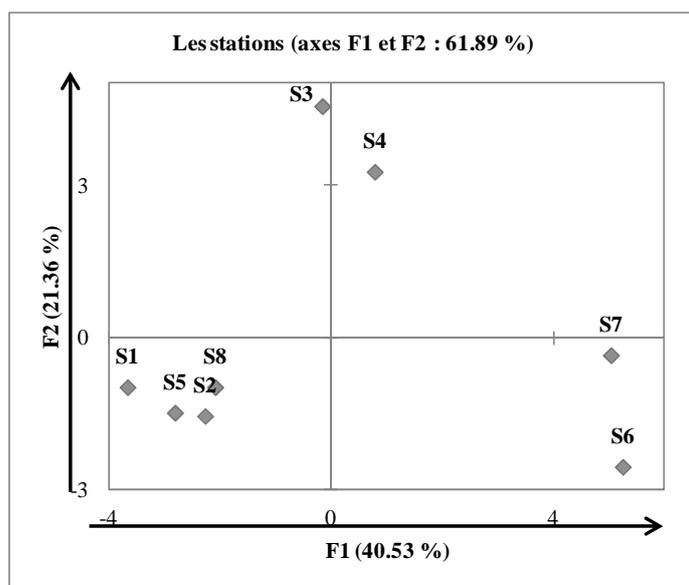


Figure .4 : Répartition des observations dans le plan factoriel formé par les CP 1 et 2.

La répartition des échantillons sur le plan factoriel F1, F2 fait apparaître qu'il est possible d'isoler plus aisément des petits groupes d'échantillons selon la classification ascendante hiérarchique (CAH), ainsi trois ensembles ont été identifiés (figure.4). Le premier groupe regroupe les échantillons mal expliqués par les composantes principales 1 et 2, ce sont essentiellement des échantillons provenant du Bag, la ville de Rosso, Garak et en amont du périmètre irrigué (S1 S2, S5 et S8). Un deuxième groupe est essentiellement défini par deux échantillons qui sont S6 et S7 situés de part et d'autre du périmètre irrigué. Sa localisation dans cet ensemble est liée à sa composition Turb, NH₄, NO₂, MO, K, T, pH, Cu, Mn, Al et Fe. Un troisième ensemble regroupe les échantillons S3 et S4 situés dans la ville de Rosso. Leurs localisations dans cet ensemble sont liées à leurs compositions en (Ca, PO₄, Pb, Na, TDS, SiO₂ et Pb).

Les groupes d'éléments identifiés à partir de l'analyse dans le champ des variables

Les deux premières composantes principales permettent d'expliquer 61.89 % de l'information contenue dans le tableau de données d'entrée. L'ensemble des composantes principales permet de discriminer des groupes de variables ayant des affinités plus ou moins grandes les unes avec les autres. Les associations d'éléments identifiées sur le premier plan factoriel témoignent davantage de la structure globale de l'ensemble des échantillons, tandis que les plans factoriels suivants décrivent davantage une information singulière portant sur quelques éléments et le plus souvent liée à quelques échantillons en particulier. En prenant en compte la totalité des informations apportées par les trois composantes principales (Tableau1), les différents éléments pris en compte dans l'analyse sont groupés. On distingue:

Les groupes d'éléments les mieux définis par la composante principale 1 sont :

- pH, K, T, NH₄, NO₂, MO, Turb, Cu, Mn, Al, Fe, TDS, HCO₃, Mg et SO₄. représente le groupe d'éléments qui est fortement corrélé à la composante principale 1.
- Na, TH, Pb et F représente le groupe d'éléments qui est moyennement corrélé à la composante principale 1.

Les groupes d'éléments les mieux définis par la composante principale 2 :

- (Ca, PO₄, Na, Si et Pb) et représente le groupe formé des éléments qui sont fortement corrélé à la composante principale 2.
- (NO₃) représente le groupe formé par un élément qui est corrélé négativement, à la composante principale 2.

Les autres éléments qui ne sont pas bien définis par les deux premières composantes, comme le Cl, TH, SO₄, CE et Zn sont les mieux définis par la composante principale 3.

Parmi les paramètres physicochimiques appartenant à l'axe F1, seule la turbidité est élevée, rendant ainsi l'eau impropre à une consommation. Les paramètres physicochimiques appartenant à l'axe F2 présentent une anomalie du point de vue consommation humaine qui est due aux orthophosphates. Probablement d'origine urbaine (composant des détergents) et agricole (lessivage d'engrais), les orthophosphates sont comme les nitrates un nutriment majeur des végétaux et peuvent entraîner leur prolifération à partir de 0,2 mg/l. On considère généralement que les phosphates constituent l'élément limitant des phénomènes d'eutrophisation. L'ACP nous indique la présence d'un axe de pollution (F1) qui est constitué par une eau turbide : riche en matières oxydables, des éléments traces métallique et des composés azotés. La turbidité comme étant un paramètre indicateur de pollution. Le plus important effet lié à la santé qui caractérise la turbidité est probablement sa capacité de protéger les bactéries et les virus contre la désinfection (Thayer, et al 2007). L'épidémie d'hépatite infectieuse survenue à Delhi, en Inde, attribuable à la communication

en masse d'une source d'eau brute alimentant une usine de traitement par des eaux usées, s'est également accompagnée d'une augmentation importante de la turbidité de l'eau brute (Hudson, 1962)

Tableau 1: Discrimination des groupes de variables en fonction de leurs contributions sur les 3 premières composantes principales et de leur proximité sur les plans factoriels.

	Composante principale 1	Composante principale 2	Composante principale 3
T	0.797	0.105	-0.377
pH	0.905	-0.336	0.114
CE	0.128	0.073	-0.849
TDS	-0.702	0.615	-0.200
Turb	0.764	0.401	0.437
TH	-0.444	-0.254	0.573
HCO3-	-0.744	0.465	-0.388
K+	0.906	-0.229	0.256
Na2+	-0.435	0.643	0.449
NH4+	0.897	-0.348	0.102
PO43-	-0.099	0.725	0.456
Ca2+	-0.038	0.762	0.131
Mg2+	-0.799	0.421	-0.278
SO42-	-0.631	-0.041	0.612
NO3-	0.299	-0.697	-0.348
MO	0.687	0.428	-0.252
NO2-	0.940	-0.309	0.091
Cl-	-0.353	-0.270	0.800
Al	0.733	0.554	-0.061
F-	-0.456	-0.314	-0.348
SiO2-	0.163	0.613	0.288
Cu	0.828	0.337	-0.015
Zn	0.200	-0.287	0.864
Pb	0.479	0.627	0.015
Mn	0.715	0.635	0.059
Fe	0.757	0.350	-0.019

Les pluies peuvent être un vecteur important pour le transport des déchets domestiques, urines, excréments d'animaux vers le fleuve par le phénomène de

lessivage. Les rejets urbains par temps de pluie sont susceptibles de modifier considérablement les conditions hydro biologiques du milieu récepteur selon deux mécanismes: impact volumique dû aux apports importants en milieu urbain et à la rapidité de ces apports et impact qualitatif par pollution massive et subite du milieu récepteur: apport d'une charge importante, dégradation bactériologique du milieu et introduction de micro polluants (fraction pluviale) (Baudu, 1995).

Les déchets continuent à être rejetés dans la nature sans aucun traitement. Pour mieux comprendre les dangers, on prend la ville de Rosso (S3 et S4) comme exemple de constat. Les déchets sont disposés de part et d'autre de la ville et en période de crue du fleuve ou de pluie, une grande partie se trouve immergés dans l'eau qui coule vers le fleuve. Les vêtements sont directement lavés dans le fleuve ou même s'ils n'y sont pas lavés, les eaux de lavage le rejoignent par les canaux de la ville. Ce qui justifie probablement la présence des phosphates élevés au niveau de l'axe F2. Il est important de remarquer que les Mauritaniens ont l'habitude de porter les habits de couleur et la teinture est faite localement en grande partie le plus souvent de base de produits asiatiques méconnue de tous (Kankou, 2004).

La matrice de corrélation étudiée entre les variables appartenant à l'axe F1 montre que la turbidité est relativement suffisante pour le contrôle qualité de l'eau pendant la saison des pluies. Donc surveiller l'eau de la rive droite du fleuve Sénégal avec ce paramètre physique pendant la saison des pluies revient à suivre relativement l'évolution de tous les paramètres appartenant à l'axe F1. Autrement dit, avec la turbidité on arrive à contrôler relativement l'axe de pollution.

L'ACP est donc un outil qui offre la possibilité de simplifier l'étude des milieux aquatiques et d'en alléger les coûts par la réduction du nombre de variables à prendre en compte. Nous avons montré au cours de cette étude qu'il est possible, dans la perspective de création d'un outil de gestion, de simplifier le modèle initialement construit à partir de 26 variables pour le ramener à la mesure d'une seule variable relativement simple et moins onéreuse (Turbidité). Dans la mesure où l'on observe au niveau de l'axe F1, que la conductivité électrique est le seul paramètre chimique qui présente une faible corrélation avec la CP1 et 2. Nous pouvons dire que la turbidité ne pourrait pas contrôler la minéralisation de cette l'eau sachant que la conductivité électrique nous renseigne aussi sur la salinité. Dans ce cas la recherche des micropolluants organiques (pesticides, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques et autres) doit être effectuée aux différents points le long de la rive droite du fleuve Sénégal.

CONCLUSION

Nous avons montré au cours de cette étude qu'il est possible, dans la perspective de création d'un outil de gestion, de simplifier le modèle initialement construit à partir de 26 variables pour le ramener à la mesure de la turbidité qui est relativement simple et moins onéreuse. L'ACP est donc un outil qui offre la

possibilité de simplifier l'étude des milieux aquatiques et d'en alléger les coûts par la réduction du nombre de variables à prendre en compte.

L'emploi de la turbidimétrie pour l'évaluation de la pollution des eaux se révèle positif et intéressant de par son caractère permanent et instantané.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BAUDU M., (1995), Pollution urbaine par temps de pluie: Qualité et traitement des rejets, recueil des interventions, université d'été- ensil- limoges, 20, 1-20.
- BENNASSER L. (1997), Diagnostic 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. these de doctorat d'état es science. univ. ibn tofail; kenitra, maroc, 157 p ;
- BOUNOUIRA H. (2007). Etude des Qualités Chimiques et Géochimiques du bassin versant du Bouregreg. Thèse doctorale, Université IBN TOFAIL, Kenitra, 295p.
- BOUSMAR Z., (1999). Momentum tranfer for pratical flow computation". journal of hydraulic engineering, 125 (7), 696-706;
- DIALLO A., IBNO NAMR K., N'DIAYE A.D., MOSAO. KANKOU. (2012). Etude de la qualité de l'eau de la vallée du fleuve Sénégal utilisée en irrigation dans la plaine de M'Pourié à Rosso (Mauritanie) Science Lib, 4, 120608, p.10 ;
- DUVAIL S. (2002). Modifications récentes de l'hydro système deltaïque mauritanien et politiques de gestion de l'eau dans le contexte de l'apres-barrages mémoire de l'université louis pasteur, UFR de géographie, Dakar; p. 57, 141p.
- EL MOHRIT M., FEKHAOUI M., SERGHINI A., EL BLIDI S., EL ABIDI A., BENNAKAM R., YAHYAOUI A., JBILOU M. (2008). Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité d.es eaux et des sédiments de l'estuaire du loukkos (cote atlantique, Maroc). bulletin de l'institut scientifique, rabat, section sciences de la terre, 30, 39-47 ;
- FELIPE-SOTELO M., ANDRADE J.M., CARLOSENA A., TAULER R. (2007). Temporal characterisation of river waters in urban and semi-urban areas using physico-chemical parameters and chemometric methods. analytica chimica acta 583, 128-137;
- HUDSON H. (1962), High- quality water production and viral disease. j. am. water works assoc., 54, 1265 ;
- KOWALISKI T., ZBYTNIIEWSKY R., SZPEINA J., BUSZEWSKY B. (2006). Application of chemometrics in river water classification. Water Res., 40, 744-752;

- MENCIO A, MAS-PIA J. (2008). assessment by multivariate analysis of groundwater-surface water interactions in urbanized mediterranean streams. *Journal of hydrology*, 352, 355-366.
- MINT MOHAMED SALEM K., N'DIAYE A.D., MOSAO. KANKOU, TINE A. (2008). Evaluation de la qualite de l'eau de la rive droite du fleuve senegal. *science lib*, 3, 111002, 12 ;
- MINT MOHAMED SALEM K., N'DIAYE A.D., MOSAO. KANKOU, TINE A. (2011). Evaluation de la qualite de l'eau de la rive droite du fleuve senegal. *science lib*, 3, 110706, p.12.
- N'DIAYE. A.D., MINT SALEM K., MOSAO. KANKOU. (2013). Contribution a l'Etude de la Qualite Physicochimiquede l'Eau de la Rive Droite du Fleuve Sénégal, *Larhyss Journal*, 12, p.13 ;
- ORGANISATION DE LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL (OMVS). (2012). Situation Hydrologique du Fleuve Sénégal.8p ;
- OULD KANKOU MOSA. (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.;
- OUYANG Y. (2005), Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Research*, 39, 2621-263, 5.
- POUSSIN J.C. (2008). Du diagnostic à l'action en agriculture Activités, espaces et modèles dans la vallée du fleuve Sénégal, Ecole Doctorale Sciences de l'Homme et de la Société (ED462), à l'Université de Reims. 144Pp ;
- RODIER J. (1996). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème Ed., Dunod, Paris, 1383.
- SIMENOV V., STRATIS J.A., SAMARA C., ZAHARIADIS G., VOUSTA D., ANTHEMEDIS A., SOFONIOU M., KOUMTZIS T. (2003). Assessment of the surface water quality in northern Greece, *Water Research*, 37, 4119-4124.
- THAYER B.B., RIAHI K., BOUDHARA H. (2007). Elimination de la turbidité par oxygénation et filtration successives des eaux de la station de Sfax (sud de la Tunisie), *revue des sciences de l'eau*, Vol. 20, 4, 355-365.