

Typologie physico-chimique et métallique des eaux du fleuve Sénégal au niveau de la ville de Rosso (Mauritanie)

Eby OULD MOHAMEDOU^{1,3*}, Ahmed LEBKIRI¹, El Housseine RIFI¹, Mustapha LEBKIRI¹, Mohamed FADLI², Maxime PONTIE³, Abdel Kader OULD MAHMOUD¹ et Mohamed Lemine FAGEL⁴

¹Laboratoire de chimie Organique et Procédés d'Extraction, Faculté des Sciences, université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc.

²Laboratoire de Biodiversité et Ressources Naturelles, Faculté des Sciences, université Ibn Tofail, Kenitra, Maroc.

³GEPEA, UMR- CNRS 6144, Université d'Angers, 2 Bd Lavoisier 49045 Angers cedex 01, France.

⁴Centre de Recherche Appliquée aux Energies Renouvelables (CRAER), Faculté des Sciences et Techniques, Université de Nouakchott, Mauritanie.

* Correspondance, courriel : ebymohamedou2000@yahoo.fr

Résumé

L'étude concerne une analyse de la typologie physico-chimiques et métalliques des eaux du fleuve Sénégal : Cas du delta Mauritanien localisé dans la ville de Rosso. L'évaluation de 19 variables est effectuée par dosage volumétrique et spectroscopique (spectroscopie d'absorption atomique Flamme et Four, ICP) selon le Rodier au cours de la période d'étude dans les deux saisons de l'année 2006 : Saison froide "Septembre" et saison sèche "Mars". Les résultats montrent que :

- Parmi 19 variables physicochimiques et métalliques évalués seules 14 déterminent la typologie physicochimique du milieu étudié.
- Deux groupements de relevées sont différenciés. Le premier rassemble des relevés tous effectués en été et caractérisés par des concentrations élevés en Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Zn^{2+} et faibles en NO_3^- et K^+ . Le second

groupement est formé par des relevés hivernaux présentant des caractéristiques physicochimiques opposées à celles des relevés du premier groupement. L'effet du facteur « saison » est donc bien dégagé. Pour les teneurs en Al^{3+} et le Sr^{2+} le facteur saison n'intervient pas. En outre, l'activité domestique et les rejets des eaux usées favorisent la pollution organique de certaines parties de la zone prospectée alors que les rejets des eaux usées industrielles de la sucrerie sénégalaise C.S.S. polluent en Al^{2+} et Sr^{2+} d'autres stations. Mais, d'une manière générale les teneurs des éléments chimiques évalués sont dans les normes de l'eau d'irrigation.

Mots-clés : *eau potable, eau usée, pollution, concentration métallique, paramètres physico-chimiques, fleuve Sénégal, Mauritanie*

Abstract

Physico-chemical and metal typology of Senegal river's water at Rosso city in Mauritania

The study concerns the determination of the quality and type physico-chemical and metal waters of the Senegal River: the case of delta Mauritanien located in the town of Rosso. The assessment of variables studied was done by volumetric and spectroscopic assay (atomic absorption spectroscopy and flame Four, according to Rodier ICP during the study period in both seasons of the year 2006: Cold Season "in September dry season" and "March". The results show that:

- Among 19 variables evaluated physicochemical and metal only 14 chemico-physical determine the type of environment studied.
- Two groups are identified differentiated. The first includes all statements made in the summer and have dialogues high Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Zn^{2+} and low in NO_3^- and K^+ . The second grouping is formed by winter surveys showing physicochemical characteristics opposite to those of in the first group the effect of the factor 'season' is well earned. For contents of Al^{3+} and Sr^{2+} season factor is irrelevant. The activity and domestic

wastewater discharges promote organic pollution in some parts of the area surveyed, while discharges of industrial wastewater of the sugar Sénégalaise CSS pollute in Al^{3+} and Sr^{2+} other stations. But, in general the levels of elements are evaluated in the prefectures of irrigation water.

Keywords : drinking water, sloppy water, pollution, metallic concentration, physico-chemical parameters, Senegal river, Mauritania.

1. Introduction

L'importance de l'eau dans l'économie humaine ne cesse de croître. Sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, 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. Ainsi, l'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile tant en raison du développement accéléré des techniques industrielles modernes que de l'accroissement de la population et de son amélioration de son niveau de vie [1].

Notons que le problème de la quantité et de la qualité des eaux nécessaires à la population et à son développement économique se pose pour de nombreux pays notamment ceux qui ne reçoivent que peu de précipitations tels que les pays du Sahel. La Mauritanie, par exemple, à cause de son climat à caractère sahélien, est un pays déficitaire en eau. En effet, la faible pluviométrie, l'importance de l'évaporation ainsi que la nature géologique du pays font que la Mauritanie est pauvre en ressources hydriques. Les ressources sont donc limitées alors que les besoins augmentent. En outre, c'est le fleuve Sénégal qui joue un rôle très important comme source principale d'eau de surface pour la Mauritanie, le Sénégal et le Mali. Les eaux de ce fleuve sont susceptibles d'être utilisées comme eaux potables et eaux d'irrigation. En effet, ce fleuve arrose les quatre pays et draine un bassin versant de 340000 km² [2]. Il est alimenté par trois affluents principaux : le Bafing, le Bakoye et la Falamé qui prennent tous leurs sources dans le massif du Fouta Djallon en Guinée et qui se regroupent pour former ce fleuve qui d'une longueur

de 1800 km traverse les quatre pays citées pour aboutir son embouchure juste après le barrage de Diama en Mauritanie [3].

Actuellement, ce fleuve vital subit des contraintes qui menacent ses qualités physiques, chimiques et métalliques. A différents points géographiques ce cours d'eau reçoit des rejets d'eau usée domestique ou industrielle. Sachant que la pollution de l'eau est comme étant toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue, soit de la santé, de la sécurité et du bien être publique, soit de ses usages destinés à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique [4], nous avons vu nécessaire d'estimer la qualité et la typologie physico-chimique des eaux du fleuve Sénégal au niveau du delta de la ville de Rosso et d'établir une typologie physico-chimique et métallique du milieu à ce niveau.

2. Matériel et méthodes

2-1. Stations d'études

Afin de contribuer à l'évaluation de la qualité des eaux sur notre environnement et de pouvoir envisager des solutions fiables et durables, nous avons choisi comme site d'étude le delta du fleuve Sénégal (Rosso) et cela pour plusieurs raisons. Le delta avoisine plusieurs agglomérations humaines (Keur, Mesein, Rosso Sénégal, Rosso Mauritanie,...) et une unité industrielle, Compagnie Sucrière Sénégalaise (**C.S.S**). Le milieu étudié reçoit des rejets domestiques et rejets industriels. Le risque de la contamination du Fleuve et de la nappe phréatique qui alimente toute la région en eau potable est potentielle. Ainsi, il d'une nécessité d'évaluer les caractéristiques physico-chimiques et métallique des eaux du fleuve Sénégal. Pour atteindre cet objectif, nous avons choisi quatre stations de prélèvement, situées sur l'axe du fleuve (**Figure 1**), dont trois sont en

Mauritanie et une au Sénégal. Celles-ci ont été choisies selon leur accessibilité, leur proximité d'éventuelles sources de pollution et leur répartition géographique est comme suite :

- La Station dite Moyen de Transport (**ST**) : située au Sud-Ouest de Rosso près du Bag assurant le lien de transport entre la Mauritanie et le Sénégal.
- La Station d'Agriculture (**SA**) : Située au Sud-Ouest de la ville de Rosso, à 7 km en aval de la station **ST**.
- La Station Domestique (**SD**) : située à 3 Km en amont de **ST** et juste dans la zone des rejets des eaux usées et où l'activité humaine est très importante (lavage du linge de vaisselle, etc.)
- La Station de Point de Rejet (**SPR**) : située, à 10 km en amont de **SD** et en aval des rejets des eaux usées de la **C.S.S**. Cette station a été subdivisée en deux sous-stations : **SRv** située à 5 m après le point de rejet et **SRm** à 5m en avant du point de rejet.

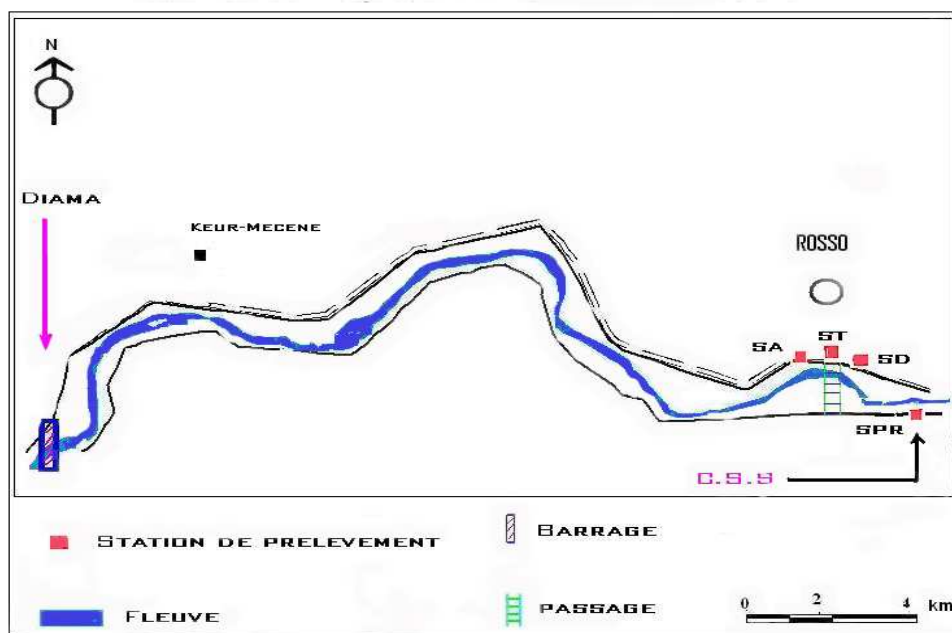


Figure 1 : Localisation des sites de prélèvement

Pour ce faire, nous avons estimé, en été et en hiver, 19 variables qui caractérisent le milieu prospecté (**Tableau 1**).

Tableau 1 : Codes employés pour les paramètres physicochimiques et métalliques évalués

Variables	Codes	Variables	Codes
Température	T	Sodium	Na ⁺
Potentiel hydrogène	pH	Potassium	K ⁺
Conductivité électrique	Cond	Dioxyde de carbone	CO ₂
Matières en suspension	M.E.S	Fer	Fe ²⁺
Nitrates	NO ₃ ⁻	Zenc	Zn ²⁺
Sulfates	SO ₄ ²⁻	Aluminium	Al ³⁺
Bicarbonates	HCO ₃ ⁻	Orthophosphates	PO ₄ ²⁻
Chlorure	Cl ⁻	Surinum	Sr ²⁺
Calcium	Ca ²⁺	Nitrites	NO ₂ ⁻
Magnesium	Mg ²⁺	-	-

2-2. Echantillonnage

Les prélèvements des eaux à analyser ont été effectués dans des bouteilles en plastique dans des zones où l'eau n'est pas stagnante [5].

2-3. Méthode d'analyse

Au même moment du prélèvement des échantillons d'eau, certaines mesures physico-chimiques de l'eau ont été effectués in situ : température de l'eau, conductivité électrique et pH. Le reste des évaluations a été réalisé par dosage volumétrique ou dosages spectroscopique, selon les méthodes d'analyse proposées par Rodier [6], dans le Laboratoire de l'Institut National de Recherches et Santé Publique en Mauritanie et le Laboratoire d'Analyses Physico-chimiques de l'ONHYM de Rabat, Maroc [7].

Par ailleurs, dans le but de visualiser et d'analyser les corrélations existantes entre les différentes variables à travers leurs structurations et leurs orientations, d'identifier les principaux facteurs responsables de la qualité des eaux de l'environnement prospecté, nous avons statistiquement traité l'ensemble des données par l'Analyse en Composantes Principales (**A.C.P**). Cette technique permet de déterminer un système d'axes de référence hiérarchisés tout en diminuant le nombre des dimensions de l'espace dans lequel on projette les points-observations. Elle est utile pour l'analyse des données quantitatives se présentant sous la forme de tableau à N observations et P variables [8, 9].

De même, pour faciliter la représentation graphique des résultats d'analyse, nous avons numéroté les prélèvements de la manière illustrée par le (**Tableau 2**) :

Tableau 2: *Numéros des prélèvements réalisés dans les cinq stations pendant les deux saisons de l'année (Crue, et étiage) Rosso 2006*

Stations	Été (03/06)	Hiver (09/06)
ST	1	6
SA	2	7
SD	3	8
SRv	4	9
SRm	5	10

2-4. Elaboration de la matrice

Durant deux saisons, l'état hydrochimique du fleuve est appréhendé à partir des mesures de 19 variables physicochimiques et métalliques. L'ensemble des données est regroupé sous forme d'une matrice constituée par un tableau à double entrée de type (19 variables x 10 prélèvements), (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Variation des paramètres physico-chimiques et métalliques des eaux du fleuve Sénégal, Rosso 2006 suite

Les axes	C1	C2	C3
Valeurs propres	9,08	3,80	2,21
% variance	47,80	20,02	11,65
% cumulée	47,80	67,82	79,48

3. Résultats

L'analyse des résultats permet de constater que la majeure partie des informations est expliquée par les trois premiers axes factoriels (**Tableau 4**). Les contributions des différents paramètres dans la formation des trois premiers axes factoriels C1, C2 et C3 sont respectivement de 47,80 %, 20,02 % et 11,65 % soit un totale de 79,47 % de l'information expliquée. Par suite, le maximum de l'inertie totale est cumulé par les plans formés par les axes factoriels C1 × C2 et C1 × C3. Ainsi, la signification physico-chimique et métallique des axes factoriels C1, C2 et C3 sont nécessaires.

Tableau 4 : Valeurs propres et pourcentages de contribution des trois premières composantes

N° des relevés	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₂	PO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	Fe ²⁺	Zn ²⁺	Al ³⁺	Sr ²⁺
1	1,7	13	3	20,2	0,25	0,75	0,108	0,078	0,046	0,026
2	2,6	11	4	17,2	0,36	1,1	0,078	0,108	0,054	0,074
3	2,32	15	5	23,5	0,123	0,235	0,098	0,092	0,122	0,18
4	2,65	12	5	15,35	0,32	0,05	0,056	0,099	0,105	0,1
5	2,54	10	3	24	0,105	0,15	0,073	0,085	0,071	0,031
6	0,56	9	7	22,6	0,23	0,76	0,102	0,071	0,062	0,086
7	1,35	8	6	12,65	0,215	1,05	0,114	0,069	0,059	0,037
8	0,95	7	10	19	0,405	0,98	0,121	0,0605	0,098	0,013
9	0,89	9	8	28,45	0,623	0,35	0,152	0,052	0,093	0,014
10	1,15	6	9	26,5	0,518	0,45	0,195	0,047	0,057	0,022

3-1. Signification des axes de l'A.C.P

Le degré de contribution de 19 variables physico-chimiques et métalliques dans l'inertie des axes factoriels C1, C2 et C3 est enregistré par le (**Tableau 5**).

Tableau 5: *Pourcentage de contribution de 19 variables physico-chimiques et métalliques dans la constitution des trois principaux axes factoriels*

Variables	C1	C2	C3
T	6,274	5,490	1,356
pH	1,269	11,563	<u>12,030</u>
Cond	2,326	<u>13,673</u>	0,364
M.E.S	5,189	4,160	4,115
NO ₃ ⁻	<u>8,184</u>	0,525	0,299
SO ₄ ²⁻	4,799	1,076	<u>12,105</u>
HCO ₃ ⁻	6,034	1,786	3,513
Cl ⁻	6,124	3,047	1,233
Ca ²⁺	<u>9,940</u>	0,145	0,000
Mg ²⁺	<u>8,526</u>	0,099	0,058
Na ⁺	<u>7,757</u>	0,384	5,590
K ⁺	<u>7,277</u>	6,310	1,140
CO ₂	1,746	7,158	<u>22,014</u>
Fe ²⁺	5,929	2,063	<u>8,400</u>
Zn ²⁺	<u>8,122</u>	1,906	3,095
Al ³⁺	0,991	<u>17,111</u>	6,314
PO ₄ ²⁻	3,619	5,931	3,150
Sr ²⁺	3,523	<u>9,425</u>	5,275
NO ₂ ⁻	2,372	8,148	<u>9,950</u>

3-2. Axes factoriels C1, C2 et C3

Rappelons que deux variables proches sur le graphique n'ont pas obligatoirement les comportements voisins et ce en raison de la projection qui peut parfois être non fiable. Il est donc conseillé de voir l'importance de cosinus carrés de l'angle formé par le vecteur de ce point et le plan de projection de la variable pour évaluer la qualité de la projection de cette variable sur cet tel ou tel axe factoriel. Le (**Tableau 6**) montre plus le cosinus carrée est élevé plus la variable est liée à l'axe

factoriel. A l'inverse, plus le cosinus carrés est proche de 0 (zéro) moins la variable est liée à cet axe.

Tableau 6 : Cosinus carrés des variables

	C1	C2	C3
T	0,570	0,209	0,030
pH	0,115	0,440	0,266
Cond	0,211	0,520	0,008
M.E.S	0,471	0,158	0,091
NO₃⁻	0,743	0,020	0,007
SO₄²⁻	0,436	0,041	0,268
HCO₃⁻	0,548	0,068	0,078
Cl⁻	0,556	0,116	0,027
Ca²⁺	0,903	0,006	0,000
Mg²⁺	0,774	0,004	0,001
Na⁺	0,705	0,015	0,124
K⁺	0,661	0,240	0,025
CO₂	0,159	0,272	0,488
Fe²⁺	0,539	0,078	0,186
Zn²⁺	0,738	0,073	0,069
Al³⁺	0,090	0,651	0,140
PO₄²⁻	0,329	0,226	0,070
Sr²⁺	0,320	0,359	0,117
NO₂⁻	0,215	0,310	0,220

L'analyse des corrélations entre les variables et les axes factoriels révèle la nature de ces axes. Le **Tableau 6** montre que les variables étudiées ne sont pas toutes bien représentées sur le cercle des corrélations ; certaines variables sont présentent des cosinus carrés trop faibles par rapport à l'unité ; en conséquence, ils ne sont pas bien représentés dans les cercles de projection d'où elles ne doivent pas prendre beaucoup d'espace dans l'explication de l'axe factoriel concerné. On en cite, le pH, NO₂⁻, Al³⁺, Cond, Sr²⁺ et CO₂.

En revanche, les variables qui contribuent d'une manière principale dans la constitution de l'axe C1 sont le Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Zn²⁺, NO₃⁻ et K⁺. Du coté positif vers le coté négatif (**Figure 2**) cette axe présente un gradient

de concentration croissant pour Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ et décroissent pour Zn^{2+} , NO_3^- et K^+ . L'axe C1 correspond aussi à gradient de salinité représentant les teneurs du Na^+ et K^+ du milieu. Notons que la majorité des paramètres signalés participent activement dans le degré de minéralisation des eaux du milieu.

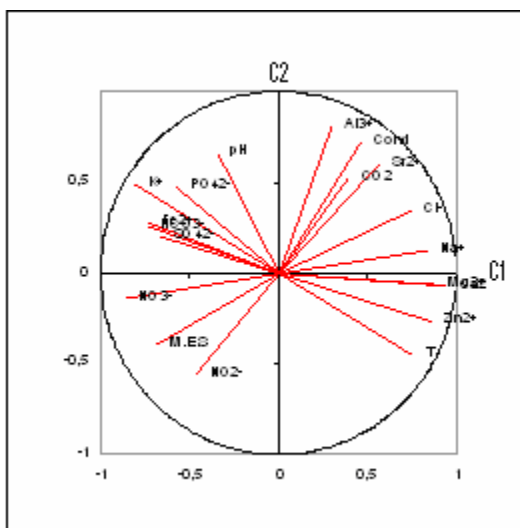


Figure 2 : Cercle de corrélation des différentes variables sur le plan factoriel C1 et C2

Concernant l'axe C2, trois variables, toutes situées de sont coté positif, contribuent remarquablement à sa constitution : Cond, Al^{3+} et Sr^{2+} . Ainsi, vis-à-vis des deux métaux Al^{3+} et Sr^{2+} , l'axe C2 représente un gradient de pollution métallique, croisent de coté négatif vers le coté positif de l'axe.

En outre, selon le **Tableau 5**, cinq variables participent activement dans la constitution de l'axe C3 à savoir pH, SO_4^{2-} , NO_2^- , CO_2 et Fe^{2+} . A l'exception du fer, cet axe correspond à un gradient de pollution organique. De même, seule le CO_2 est située sur le coté positif de l'axe cité (**Figure 3**).

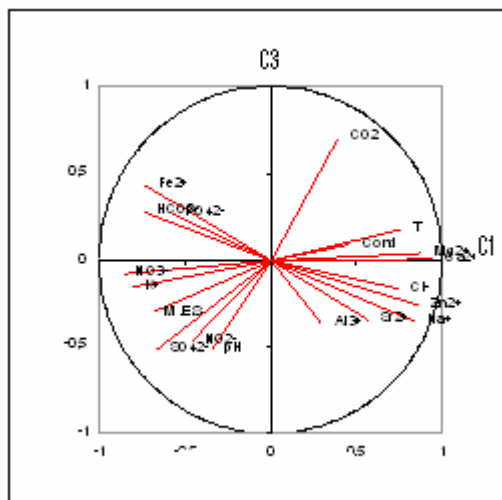


Figure 3 : Cercle de corrélation des différentes variables sur le plan factoriel C1 et C3

En conclusion on déduit que parmi les 19 variables étudiées seules 14 participent dans la constitution des axes C1, C2 et C3. Les cinq variables qui restent à savoir T, MES, HCO_3^- , Cl^- et PO_4^{2-} n'ont pas donc une part importante dans la détermination de la typologie physico-chimique et métallique du milieu étudié.

III. 4. Analyse des plans factoriels C1 x C2 et C1 x C3

L'analyse de la carte factorielle C1 x C2 (**Figure 4**) permet de distinguer deux groupements de relevés. Le premier groupement (**E**), situé dans le coté négatif dans l'axe C1, rassemble des relevés (1, 2, 3, 4 et 5) tous effectués en été; en situation opposée, un second groupement (**H**) formé par les relevés hivernaux (6, 7, 8, 9 et 10). L'effet du facteur « **saison** » est donc bien dégagé.

De même, si on tient compte de la signification physicochimique de l'axe C1 on déduit que les relevés du groupement E, sont caractérisés par des concentrations élevés en Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Zn^{2+} et faibles en NO_3^- et K^+ . En outre, la signification de l'axe C2 nous a permis de noter l'existence de relevés ayant des concentrations élevées en Al^{3+} et faible en Sr^{2+} et une

conductivité élevée tels que les relevés 3, 4, 8 et 9 et d'autres relevés à caractéristiques opposées tels que numérotés 1, 2 ou 7.

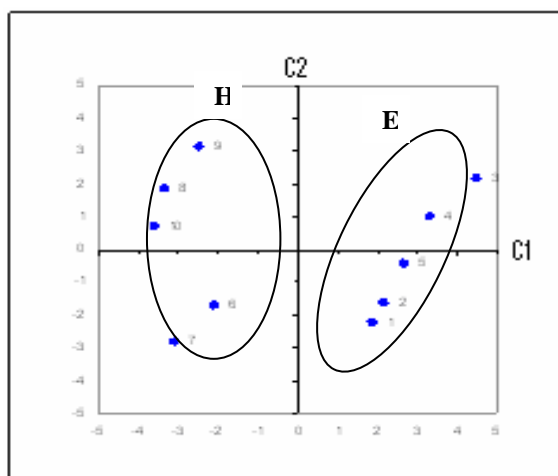


Figure 4 : Carte factorielle de distribution des relevés sur le plan factoriel C1 × C2

Comme pour le plan C1 × C2, le plan C1 × C3 montre deux groupements de relevés : un premier groupement noté **H'** rassemblant des relevés hivernaux et un autre **E'** des relevés estivaux. Notons également qu'en tenant compte la signification physicochimique et métallique de l'axe C3, les relevés numéro 6 et 8 se montrent très différent vis-à-vis de la valeur du pH et des teneurs en CO₂, SO₄²⁻, NO₂⁻ et Fe²⁺ (**Figure 5**).

Concernant Ca²⁺ et Mg²⁺, les résultats ont montré des différences de concentration entre les relevés estivaux et ceux hivernaux. Ce phénomène semble être issu des variations climatiques du milieu. En période chaude l'action de l'évaporation combinée à la haute température favorise une dissolution plus importante de la roche mère [10], d'où les teneurs élevés en Ca²⁺ et Mg²⁺ de certains relevés de l'été.

Ceux numérotés 1, 2 et 3 pour le Mg²⁺ et ceux numérotés 2, 4 et 5 pour le Ca²⁺ en sont des exemples.

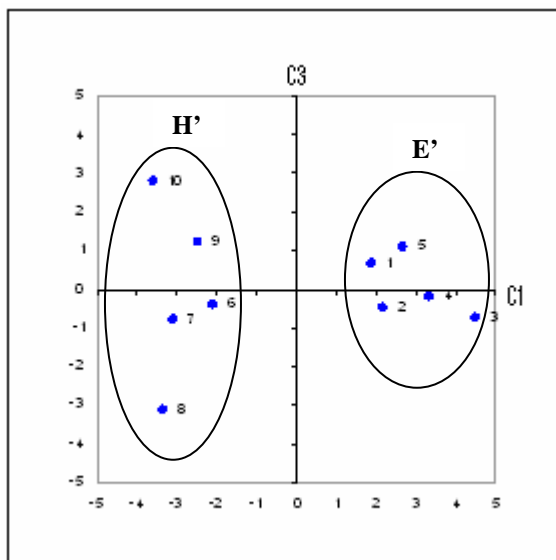


Figure 5 : Carte factorielle de distribution des relevés sur le plan factoriel $C1 \times C3$

Pour le fer, ce sont les relevés de l'hiver qui ont présenté des teneurs plus élevées. Le drainage et le lessivage du bassin versant, notamment les montagnes de la Guinée (connus par leur richesse en fer) par les eaux de pluie de ce période semblent être une cause.

Pour l' Al^{2+} et Sr^{2+} , à l'exception des relevés numéros 3 et 4, les concentrations notées ne sont trop élevées et ne semblent pas être influencées par les variations saisonnières. Les teneurs relativement élevées (3 et 4) sont effectués respectivement en **SD**, connue par son activité domestique ou en **SRv** qui reçoit des rejets industriels de la sucrerie **C.S.S**. Ainsi, nous notons la pollution métallique de ces deux stations.

Signalons, en outre, que l'analyse des données par l'**ACP** a montré que cinq éléments évalués (T , MES , Cl^- , PO_4^{2-} et HCO_3^-) n'entrent pas d'une manière significative dans la typologie physico-chimique du milieu. Cependant, il noter que pour le HCO_3^- les teneurs enregistrées dans le milieu sont toutes relativement élevées mais peu variables.

Par ailleurs, les valeurs de K^+ , NO_3^- et SO_4^{2-} les plus élevées sont présentées par le relevé numéro 8, effectué dans la station **SD** qui est

connue par une importante activité domestique (lavage des vêtements et des vaisselles, natation, rejets des eaux usées, etc.) ce qui semble être une cause principale. SD est donc la station la plus polluée en substances organiques.

4. Conclusion

Les variables physico-chimiques ne participent pas toutes à la typologie des eaux de la partie étudiée du Fleuve Sénégal, au niveau de Rosso en Mauritanie. Parmi les éléments physicochimiques que nous avons évalué seules 14 participent d'une manière non négligeable. Pour plusieurs variables l'action de l'influence de la saisonnalité est très nette. En effet, les résultats montrent une répartition en deux groupements de relevés : un groupement formé de relevés estivaux et un autre groupement de relevés hivernaux et dont les caractéristiques physicochimiques sont opposées. Le premier est caractérisé par des concentrations élevées en Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Zn^{2+} et faibles en NO_3^- et K^+ , ce qui n'est le cas du second groupe.

Pour les teneurs de l' Al^{3+} et le Sr^{2+} , l'influence du facteur « **saison** » n'est pas notable. Vis-à-vis du pH et des teneurs en CO_2 , SO_4^{2-} , NO_2^- et Fe^{2+} , seuls des relevés 6 et 8 ont montré des caractéristiques opposées. Les autres sont plus ou moins homogènes.

Une pollution d'origine organique s'est enregistrée dans les stations **SD** et d'origine organique et métallique en **SRv**. La première station est connue par une importante activité humaine alors que la deuxième reçoit des rejets d'eau usée de la sucrerie **C.S.S**. Cependant, malgré cette pollution, les teneurs de la majorité des éléments évalués ne sont pas menaçants pour l'irrigation.

Références

- [1] - Mohamed OUKHOUYA, Etude de la valorisation agricole de deux composts d'ordures ménagères. Mémoire de troisième cycle, option sciences du sol, I.A.V HASSANII, (1999) p 26.
- [2] - Abddayem Maawiate Contribution à l'étude de l'impact de l'irrigation sur la qualité des eaux et des sols dans le Delta du fleuve Sénégal, Cas du périmètre de M'Pourié (Mauritanie), Mémoire de troisième cycle en Génie Rural, Option: Irrigation, IAV II, Rabat, Maroc, (1997): 258p.
- [3] - Mohamed Ould Sid'Ahmed Ould KANKOU Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Thèse de Doctorat, l'université de Limoges, option Chimie et Microbiologie de l'Eau, France (2004) 239p
- [4] - M. Halima AMRANI Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. "Revue bibliographique sur la pollution sur l'oued Sebou " I.A.V Hassan (2000) 3 -II.
- [5] - Boschet A.F., - Ressources en eau et santé en Europe- *Journal Européen d'Hydrologie*, (2002) 1- 39.
- [6] - J. Rodier L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eau résiduaires, eau de mer, 7^e édition Paris (1984):67 P.
- [7] - Ministère de l'Economie des Finances et de l'industrie, Représentations graphiques des résultats d'analyses eau minérale (Note technique n° 8) (1996)3.P
- [8] - J. M. BOUROCHE et G. SAPORTA, , l'Analyse des données, que sais-je, Presses universitaires de France, (1980)127p.
- [9] - J. P. BENZECCRI et coll., L'analyse des données, I : La taxinomie, t. II : L'analyse des correspondances, Dunod, 3^e éd. (1979)
- [10] - Jadal M. Pollution chimique, métallique et microbiologique de L'estuaire de L'oued oum-Er-rdia: Suivi de la micropollution et Ses incidences sur les différentes composantes de cet écosystème. Thèse de Doctorat d'état ES-Science biologique, université Ibn Tofail Kenitra, Maroc, : 65 (2002) 230