



## CONTRIBUTION A L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'OUED MOULOUYA ET UN AFFLUENT AU NIVEAU DE LA REGION D'OUTAT EL HAJ

**DOUBI M. \*, DERMAJ A., AIT HADOU B., CHEBABA D.,  
ERRAMLI H., HAJJAJI N., ABDELLAH SRHIRI A.**

Faculté des Sciences, laboratoire d'électrochimie, corrosion et d'environnement,  
BP 133 14000, Kénitra, Maroc

\*doubi\_mostafa@yahoo.fr

### RESUME

Cette étude concerne l'analyse des paramètres physico-chimiques ( $T^{\circ}$ , pH, C.E,  $NO_3$ , Cl,  $PO_4^{3-}$ ,  $HCO_3$ ,  $SO_4$ , Ca, Mg) des eaux à Oued Moulouya et son affluent « Oued Chog Al Ard », afin d'établir un diagnostic de l'état de la pollution des eaux de surface de ce cours d'eau. Ainsi, des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de six stations dans deux saisons différentes pour pouvoir établir une comparaison entre une période d'étiage et une période de crue.

Les résultats d'analyse, montrent que les eaux des stations sont bicarbonatées calciques et magnésiennes. Les valeurs de certains paramètres comme la température, le potentiel d'Hydrogène, la conductivité, les alcalins, les alcalin terreux, les sulfates, les chlorures témoignent en générale que les eaux des oueds sont d'une bonne qualité selon les normes marocaines (CNS, 1994). Les analyses des nitrates et des orthophosphates des eaux donnent des valeurs très faibles.

**Mot clés :** Qualité de l'eau, Physico-chimie, Etiage, Crue, Oued Moulouya, Oued Chog al Ard.

### ABSTRACT

The study concerns the analysis of physico-chemical parameters (temperature, pH, E.C,  $NO_3$ , Cl,  $PO_4^{3-}$ ,  $HCO_3$ ,  $SO_4$ , Ca, Mg) of water of Moulouya river and its tributary "Chog Wadi Al Ard" in order to establish a diagnosis of pollution

degree of the river waters in study area. Thus, water samples were carried out at six stations in two different seasons in order to establish a comparison between a dry period and during floods.

The analytical results obtained during the study period, show that water stations present calcium bicarbonate and magnesium character. The parameters studied during like the temperature, hydrogen potential, conductivity, alkalis, alkaline, sulphate, chloride show that in general the obtained values a good quality. Results of nitrate and orthophosphate analyses give very low values in accord with few "fertilizer and pesticide agricultural treatment".

**Keywords:** physico-chimical quality, Low flow, Flood, Moulouya river, Oued Chog al ard.

## INTRODUCTION

L'oued Moulouya qui draine la quasi-totalité du Maroc oriental, se trouve particulièrement affecté par la pollution du fait de la démographie croissante des centres riverains et du développement continu des secteurs industriel et agricole et la présence de gisement minier. En effet, les rejets liquides d'origines domestiques et industrielles générés par les villes de Tounfite, Boumia, Zaida Missouri, Outat El Haj, Tindit et Guercif sont déversés directement dans cet oued d'une façon précaire et sans traitement préalable. A cela s'ajoutent, les déchets miniers, les rejets de laverie et des résidus métallurgiques qui peuvent être une source importante de contamination de l'écosystème aquatique du fleuve (Belghyti et al., 2006).

La ville d'Outat el Haj située à 250 km de Fès dans la province de Boulmane fait partie de ces centres. La présence de la chaîne Moyenne atlasique dans sa limite Nord-ouest, les hauts atlas au sud et l'éloignement de la méditerranée atténuent les influences marines créatrices des pluies et confèrent à la région un climat semi-aride accompagné de longues périodes de sécheresse (Ressources en eaux du Maroc) ceci a un impact direct sur le plan hydrique de la région. Ce travail constitue une contribution à l'évolution de la qualité des eaux de surface de cette région par un suivi spatio-temporel de l'évolution d'un certain nombre de paramètres physico-chimiques indiqués ci dessus.

## MATERIELS ET METHODES

### Choix des stations

Nous avons choisi 6 stations de prélèvement dans la région d'Outat El Haj de telle sorte qu'elles soient représentatives, accessibles et témoins des caractéristiques réelles des eaux de l'Oued Moulouya et son affluent principal

Oued Chog Al Ard (Guide pour la conservation et la manipulation des échantillons 1994) (Figure 1).

- La station 1 : située sur Oued Moulouya à l'entrée d'Outat El Haj
- La station 2 : située sur Oued Moulouya après la source de Jorf El Hmam
- La station 3 : située sur Oued Moulouya à l'aval des rejets domestiques
- La station 4 : située sur Oued Moulouya à la sortie d'Outat El Haj
- La station 5 : située sur Oued Chog Al Ard Oulad Ali
- La station 6 : située sur Oued Chog Al Marça

Les campagnes de prélèvements ont été choisies dans deux saisons différentes pour pouvoir établir une comparaison entre une période d'étiage et période de crue (décembre 2005 – Juillet 2006).

## **Méthodes d'analyses de l'eau**

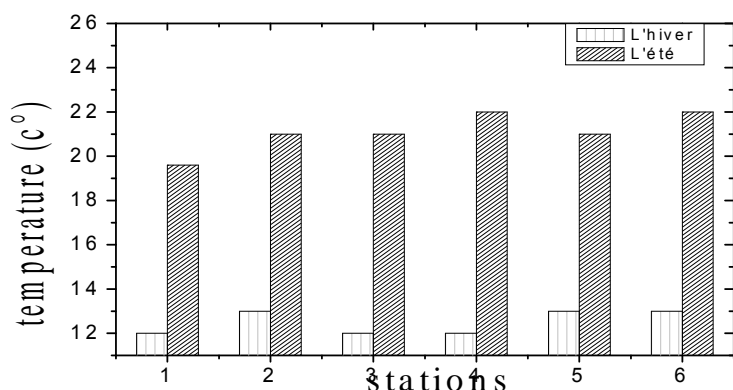
### ***Mesures in situ***

Certains paramètres physico-chimiques évoluent pendant le transport et la conservation des échantillons du lieu de prélèvement (Terrain) jusqu'au laboratoire. Il est toujours préférable de faire les mesures sur site. Les mesures de la température, le pH, la conductivité électrique. sont effectuées « *in situ* » à l'aide d'un appareil de terrain (multi paramètre Hanna HI 991300).

### ***Mesures effectuées au laboratoire***

Les mesures de tous les paramètres physico-chimiques sont effectuées dans les 48 heures qui suivent les prélèvements. Les chlorures sont mesurés par la méthode volumétrique de Mohr en présence du nitrate d'argent (Rodier, 1996). Les ions calcium et magnésium sont dosés par complexométrie à l'aide d'une solution de sel di sodique d'acide éthylénediamine tétracétique (EDTA) (Rodier, 1996). Les bicarbonates sont dosés par un dosage volumétrique avec HCl 0,1 N. Pour les ions sodium et potassium, nous avons utilisé un photomètre à émission atomique à flamme de type Corning.



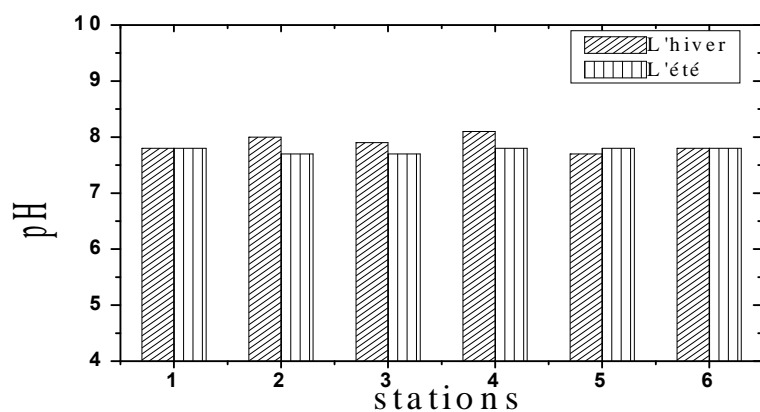


**Figure 2 :** Variation spatio-temporelle de la température des eaux de surface

### Potentiel hydrogène

La figure 3 illustre l'évolution spatio-temporelle du pH au niveau des différentes stations étudiées, l'analyse des résultats montre que les valeurs de pH mesurées sont généralement légèrement alcalines et oscillent entre 7,7 et 8,1 (Chahlaoui, 1996).

L'augmentation du pH pendant la période hivernale (période de crue) peut être due à l'abondance des formations carbonatées au niveau du bassin versant Moyenne Moulouya et qui sont lessivés par les eaux de pluie et de crue des oueds.



**Figure 3 :** Variation spatio-temporelle du potentiel Hydrogène des eaux de surface

### La conductivité

La conductivité des eaux de surface de la région étudiée (fig 4), présente des valeurs importantes qui varient comme suit :

Pendant la saison estivale :

- un maximum de 2439 $\mu$ s/cm à Oued Moulouya et un minimum de 2121 $\mu$ s/cm.
- un maximum de 765 $\mu$ s/cm à Oued Chog Al Ard et un minimum de 735 $\mu$ s/cm.

Pendant la saison froide :

- comme maximum 1628 $\mu$ s/cm à Oued Moulouya et 1413 $\mu$ s/cm comme minimum
- comme maximum 785 $\mu$ s/cm à Oued Chog Al Ard et 760 $\mu$ s/cm comme minimum.

L'augmentation de la conductivité à la période chaude peut être liée d'une part au faible débit de l'Oued ce qui entraîne l'augmentation des concentrations des sels minéraux et d'autre part aux fortes évaporations atmosphériques (Lamri et Belghyti, 2011) ; par contre les valeurs minimales enregistrées dans la période de retour de pluies pourraient être attribuées aux précipitations qui ont entraîné un phénomène de dilution des eaux due essentiellement aux sources d'eau d'écoulement sous terrestres, issus des montagnes du moyen atlas oriental et des hauts plateaux comme exemple nous citons la source jorf lahmam (Nassali et Coll).

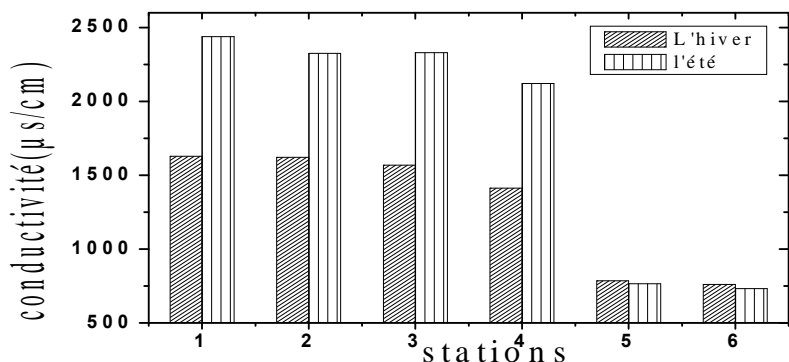


Figure 4 : Variation spatio-temporelle de la conductivité des eaux de surface

### Les éléments majeurs

#### Bicarbonates

D'après la figure 5 on note que les teneurs les plus élevées sont enregistrées pendant la période froide à l'ordre de 300 mg/l, on remarque que les variations

de l'alcalinité entre les différentes dates de prélèvements sont essentiellement liées aux variations du régime des précipitations, ainsi on constate une diminution de moitié de l'alcalinité entre les deux périodes étudiées. Ceci s'explique par la dissolution importante des calcites dans le bassin versant Moyenne Moulouya au cours de la période hivernale attribuée à une augmentation du débit dans différents affluents de la moule (Taazzouzte, 2002).

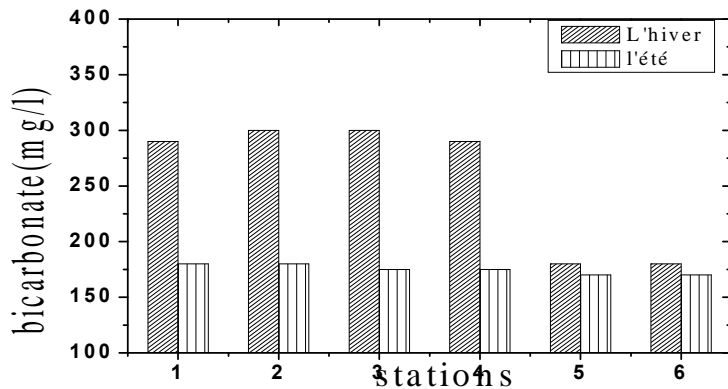


Figure 5: Variation spatio-temporelle de bicarbonate des eaux de surface

### Les sulfates

L'évolution de la teneur en sulfates affiche des valeurs très importantes, ces dernières sont enregistrées pendant la période hivernale sauf pour les stations 3 et 4 (Figure 6), ceci montre que l'apport anthropique n'est pas négligeable, à cause de l'évacuation des eaux domestiques en cet élément, généralement la forte teneur en sulfates est reliée à l'abondance des formations évaporitiques secondaires principalement le gypse ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) et anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ).

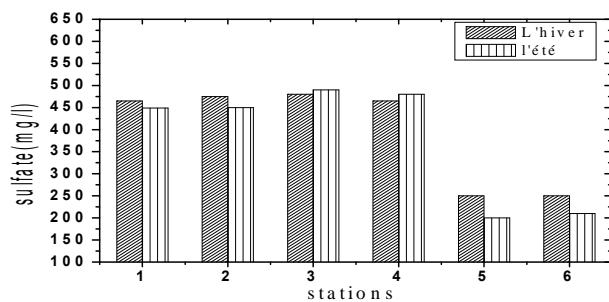


Figure 6 : Variation spatio-temporelle de sulfate des eaux de surface

### Chlorures

Les concentrations en chlorure dans les deux Oueds (Moulouya, Chog Al Ard) varient dans le même sens que la minéralisation totale de l'eau. Les concentrations au cours du suivi saisonnière varient de 182 mg/l à 140 mg/l pour Oued Moulouya, de 130 mg/l à 100 mg/l pour Oued Chog Al Ard (Figure 7).

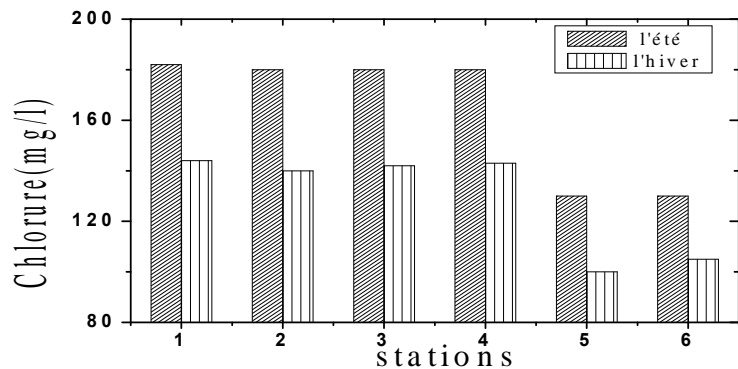


Figure 7: Variation spatio-temporelle des chlorures des eaux de surface

### Les nitrates

D'après la figure 8 , les nitrates présentent des teneurs faibles pour les stations S1, S2, S3, S4 et très faible pour les deux stations S5, S6, cette situation peut être expliquée par le faible usage de fertilisants chimique et pesticides lié aux activités agricoles développées au niveau des rives dans deux oueds, la teneur la plus importante pendant les deux périodes est détectée aux stations S<sub>3</sub> et S<sub>4</sub>, ceci peut être liée aux rejets des eaux usées domestiques d'Outat El Haj (Sebilotte, 1994).



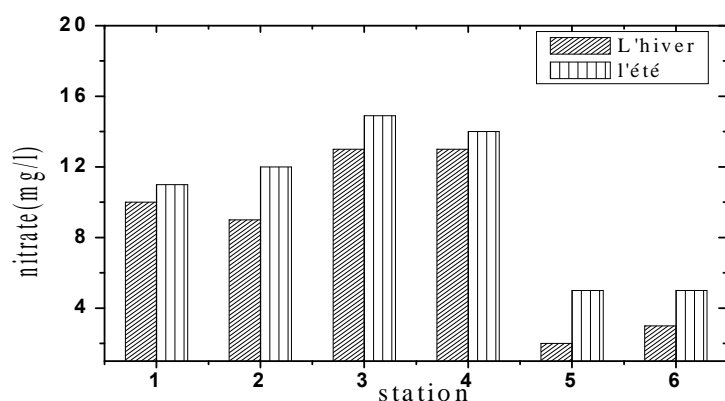


Figure 8 : Variation spatio-temporelle des nitrates des eaux de surface

### Ortho phosphates

Les teneurs trouvées dans les deux oueds sont faibles, les concentrations en  $PO_4^{3-}$  des eaux des différentes stations varient entre 0.2 mg/l et 0.7 mg/l (fig9), les valeurs les plus élevées sont affichées à la station S<sub>3</sub> et S<sub>4</sub> pendant la période estivale, ceci peut être expliqué par la proximité de ces dernières aux rejets des eaux usées domestiques d'Outat El Haj (Makhoukh et al., 2011).

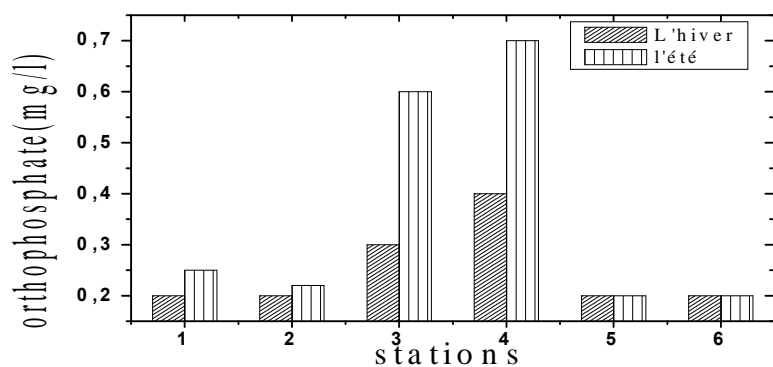


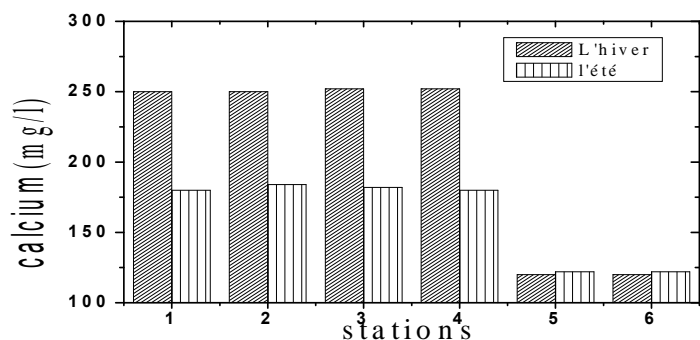
Figure 9 : Variation spatio-temporelle des Orthophosphates des eaux de surface

**Les alcalins terreux**

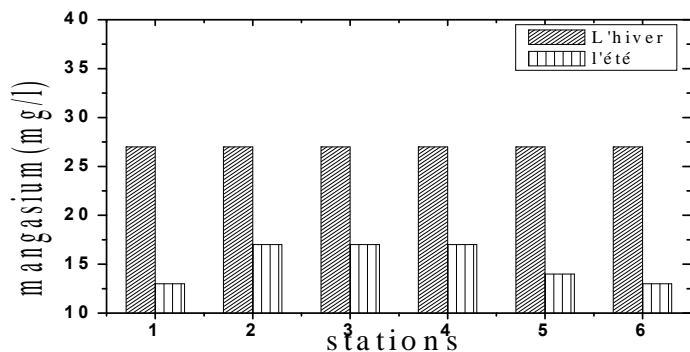
Au niveau d’Oued Moulouya, la concentration en ions de calcium atteint une valeur maximale pendant la période hivernale qui est de l’ordre 252 mg/l, alors que la teneur minimale a été enregistrée au niveau des stations d’Oued Chog Al Ard à 120 mg/l au cours de la saison chaude (Figure 10).

L’augmentation de cet élément à Oued Moulouya est le résultat direct de la nature lithologique due à la dissociation des roches évaporitiques principalement le gypse et l’anhydride qui se trouve dans cette région.

La concentration en magnésium généralement ne varie pas entre les stations (Figure 11), son origine est liée à la dominance des terrains calco-dolomitique de la région (Ech-Chokri, 2000).



**Figure 10 :** Variation spatio-temporelle du calcium des eaux de surface



**Figure 11 :** Variation spatio-temporelle du magnésium des eaux de surface

## Diagramme de Piper

Le diagramme de Piper permet une représentation des anions et des cations sur deux triangles spécifiques dont les côtés témoignent des teneurs relatives en chacun des ions majeurs par rapport au total de ces ions (cations pour le triangle de gauche, anions pour le triangle de droite) (Figure 12).

La position relative d'un résultat analytique sur chacun de ces deux triangles permet de préciser en premier lieu la dominance anionique et cationique.

A ces deux triangles, est associé un losange sur lequel est reportée l'intersection des deux lignes issues des points identifiés sur chaque triangle. Ce point d'intersection représente l'analyse globale de l'échantillon, sa position relative permet de préciser le faciès de l'eau minérale concernée (Représentations graphiques des résultats d'analyses des eaux minérales, 1996).

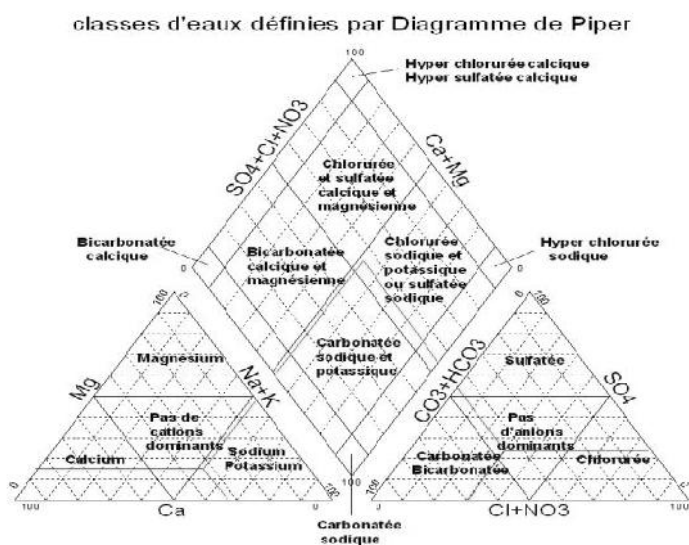


Figure 12 : la représentation des faciès définie par le diagramme de Piper

Selon le diagramme de Piper, on peut déduire que les eaux de surface des différentes stations de la région étudiée présentent une grande ressemblance au niveau des caractéristiques hydro chimiques et présentent de ce fait un même faciès : Chloruré sulfaté calcique et manganésien. Un faciès qui convient bien aux caractéristiques hydrogéochimiques de la région (Figure 13).

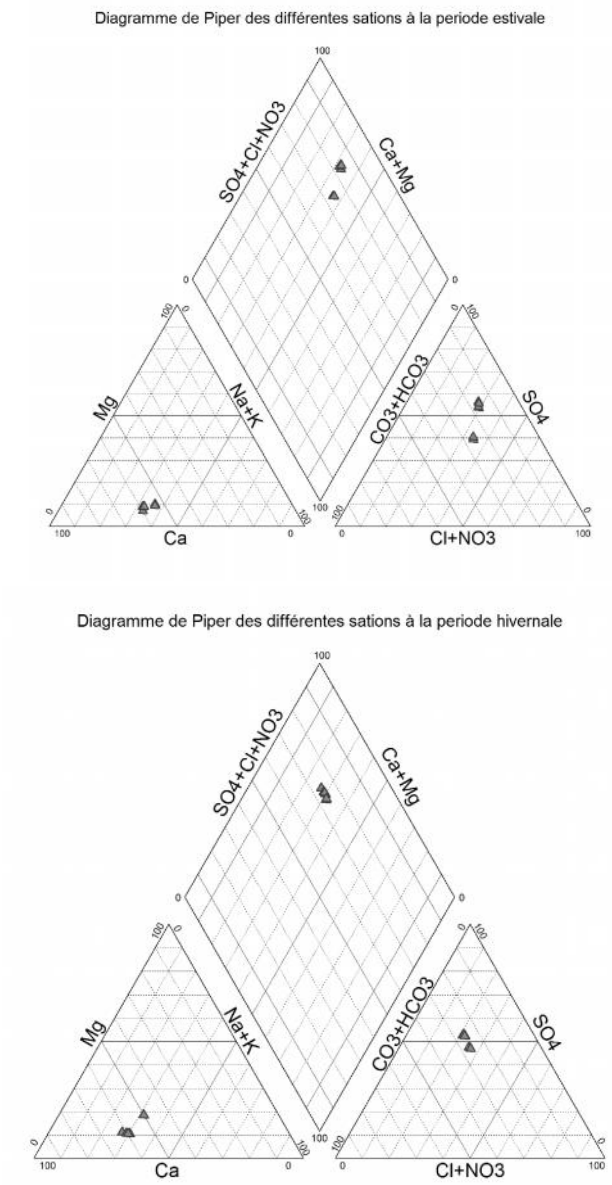


Figure 13 : diagramme de Piper des differentes sations pour les deux periode

## **CONCLUSION**

La qualité des eaux de surface dans la région d'Outat el Haj dépend de la lithologie drainée par les eaux de la Moulouya et de son affluent Oued Chog al Ard, ainsi que l'influence non négligeable des eaux usées domestiques et de l'activité agricole localisée sur les rives de la Moulouya et Chog al Ard. Cependant, les teneurs observées pour la plupart des paramètres physico-chimiques ne dépassent pas la norme marocaine présentée relative à la qualité des eaux superficielles (Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423. Rabat, 2002).

La comparaison de la contamination physicochimique de l'oued Moulouya avec d'autres cours d'eau marocains (Sebou) et mondiaux (seine), montre que celle-ci reste dans les limites tolérables en relation avec le faible développement socio-économique des villes installées sur le bassin versant de l'oued Moulouya.

La majorité des paramètres subissent des fluctuations saisonnières. Les graphes de piper, tracés en différentes périodes, montrent que les eaux sont Chlorurées sulfatées calciques et manganésiennes.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- BELGHYTI D., EL KHARRIM K., GUAMRI Y., LOUKILI A., LAMRI D., HRACH-RASS A., TAHOUM M. (2006). Etude préliminaire physico-chimique et biotypologique de la Moulouya. Rapport I. Projet (PBERM) (Life pays tiers. 02 CY/MA/029), 153p.
- CHAHLAOUI A. (1996). Etude hydro biologique de l'oued Boufekrane (Meknès), Impact sur l'environnement et la santé. Thèse d'état. Fac. Meknès. 234p.
- DNEMT (1996). Représentations graphiques des résultats d'analyses des eaux minérales, Note technique, n°8, France.
- ECH-CHOKRI R. (2000). Contrôle géochimique des éléments majeurs et en traces dans le bassin versant de la Moulouya. Mémoire pour l'obtention du diplôme des études supérieures approfondies, Fac. Sci. Kénitra, Maroc.
- ISO 5667/3. (1994). Qualité de l'eau - échantillonnage - Guide pour la conservation et la manipulation des échantillons.
- LA MOYENNE MOULOUYA. Ressources en eaux du Maroc. Domaine du Rif et du Maroc oriental. Serv. Géologi. du Maroc éd. Rabat, 203-231.
- LAMRI D., BELGHYTI D. (2011). Bio-évaluation de la qualité des eaux par application des indices biotiques : cas de l'oued. Science lib volume 3 N°110905, ISSN 2111-4076.
- MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOU A., VAN CLOOSTER M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued

- Moulaya (Maroc Oriental), Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n° 09, 149-169.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT DU MAROC. (2002). « Normes marocaines, Bulletin officiel du Maroc », N° 5062 du 30 ramadan 1423, Rabat.
- NASSALI H., COLL. Etude physico-chimique et bactériologique des eaux usées et des eaux du lac Merja Fouarate à Kenitra, Maroc.
- RODIER J. (1996). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer, 8 Edition Dunod, Paris, 1383p.
- SEBILOTTE J. (1994). Qualité de l'environnement et pollution azotée de l'eau. Quelles procédures pour le développement agricole, Etud. Rech. Syst. Agraires Dév., 277-285.
- TAAZZOUZTE M. (2002). Diagnostique de l'état de l'environnement dans la région de Missour, Mémoire pour l'obtention du diplôme des études supérieures approfondies, Fac. Sci. Kénitra, Maroc, 66p.