



Approché physicochimique des eaux du lac dayet Aoua (Maroc)

Abba H^{1*}, Nassali H², Benabid M³, El Ibaoui H¹ & Chillasse L⁴

1. Laboratoire de biodiversité et des ressources naturelles, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, Kénitra 14000 – Maroc.

2. Laboratoire d'Electrochimie et des Etudes de Corrosion et d'Environnement, Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université Ibn Tofail, B.P. 133, Kénitra 14000 – Maroc

3. Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture(CNHP) B.P.11Azrou53100. Maroc

4. Laboratoire d'Ecologie et de biodiversité des zones humides. Université Moulay Ismail, Faculté des Sciences. Meknès. Maroc

Correspondance email : abbaelhassan@hotmail.com , Tel: (+212) 661- 054- 736); Télécopieur: (+212) 535- 562- 324.

Original submitted in on 11th September 2012. Published online at www.m.elewa.org on 31st October 2012.

RESUME

Objectif de l'étude : Le Moyen Atlas Marocain est l'une des régions les mieux arrosées de tout le pays, cette caractéristique fait de la région d'Ifrane l'une des zones qui compte un grand nombre de zones humides. Parmi ces dernières, le lac Dayet Aoua qui constitue l'un des plus importants écosystèmes lacustres du Parc National d'Ifrane. L'objectif principal de cette étude est de déterminer la qualité des eaux du lac par approche physicochimique juste après sont dessèchement en 2002.

Méthodologie et résultats : L'étude entreprise après son état de dessèchement de 2002 a permis de suivre l'évolution spatiotemporelle de la qualité des eaux par approche physicochimique au cours d'une période étalée sur douze mois (août 2004 et juillet 2005) au niveau de quatre stations d'échantillonnage. L'étude des éléments indicateurs de la minéralisation globale de l'eau montrent que les eaux du lac Dayet Aoua sont de nature bicarbonatée calcique et magnésienne et reflète la géologie de la région. Les concentrations des indicateurs de la pollution organique (azote et orthophosphate) permettent de conclure l'absence de toute source de pollution organique et une faible productivité du milieu. Vis-à-vis piscicole, les eaux du lac ne peuvent pas être classées dans la première classe.

Conclusion et application : Le lac Dayet Aoua constitue l'un des sites d'intérêt biologique et écologique les plus importants du Moyen Atlas au Maroc du fait qu'il abrite en plus d'une faune ichtyologique cyprinicole et une flore aquatique diversifiée, le lac constitue également un habitat important pour des oiseaux nicheur comme le guêpe à coup noir. Cette diversité écologique fait du lac un site éco touristique les plus visité de Moyen Atlas. En dehors de phénomène naturel (sécheresse), la protection de l'écosystème contre le dessèchement doit se faire par une gestion rationnelle des ressources en eau dans le bassin hydraulique de Sebou par l'application des méthodes nouvelles d'irrigation des vergers de pommier et l'introduction d'une arboriculture non consommatrice des eaux au cours des périodes de déficit pluviométrique.

Mots clés: Lac, dayet Aoua, qualité, approche physicochimique.

Evaluation of the physical and chemical properties of the waters of Lake Dayet Aoua (Morocco)

Abstract

Objective: Moroccan Middle Atlas is one of the better-watered regions of the country; making the Ifrane area one of the areas with a large number of wetlands. Of these lake Dayet Aoua which is one of the largest lake ecosystems of the National Park of Ifrane. The main objective of this study is to determine the quality of the lake water by physicochemical approach immediately after drying up in 2002.

Methodology and Results: The study undertaken was used to follow the spatiotemporal evolution of water quality by physicochemical approach during a period spread over twelve months (August 2004 and July 2005) at four sampling stations. The study of indicator elements of the overall mineral water showed that that the lake waters are bicarbonated, calcic and magnesium reflects geologic nature of the area.

Conclusion and applications: The Dayet Aoua Lake, which is of a significant biological and ecological interest, is one of the most important sites of the Middle Atlas. Not only does it shelter a cyprinicole ichthyologic fauna along with diversified aquatic flora but it also constitutes an important habitat for nestling birds such as the black necked gepe. The ecological diversity makes the site one of the most often-visited ecotourism sites of the Middle Atlas. Regardless of natural phenomenon (drought), the ecosystem protection against drying up must be carried out in a rational management of water resources in the hydraulic basin of Sebou by applying new irrigation methods of the apple tree orchards and the intensification of low consuming-water arboriculture during periods of rainfall deficit.

Keywords: Lake, dayet Aoua, quality, physicochemical approach

INTRODUCTION

Le Maroc est le pays d'Afrique du Nord le mieux pourvu en eaux continentales. La grande variabilité spatiale des conditions climatiques et géologiques accentue cette richesse en créant des types d'écosystèmes aquatiques très variés depuis les lacs, les rivières et les sources de montagnes calcaires jusqu'au merjas et sebkhas sahariennes (Chillasse et al., 2001). Par ses différents rôles, écologiques à l'échelle nationale et internationale (Chilasse et al., 1999 & 2001) et socioéconomique principalement dans le domaine de l'écotourisme (Commune rurale de dayet Aoua. Maroc, 2004), le lac Dayet Aoua fait partie des zones humides les plus importantes au Moyen Atlas Marocain (Ministère de l'agriculture et de la mise en valeur agricole. Maroc, 2002). Malgré son

importance, cette zone humide n'est pas à l'abri de grandes menaces écologiques suite à l'exploitation anarchique des eaux souterraines dans le domaine d'arboriculture de pommiers dont les vergers ne cessent d'augmenter d'année en année ce qui entraîne le niveau piézométrique des eaux et par conséquent le tarissement des sources qui alimentent le lac en plus de la sécheresse que connaît le Maroc depuis les années 80 ce qui se traduit par des états d'assecs dont la fréquence augmentent cette dernière décennie (Boukil, 2004, Abba et al., 2008). L'objectif de cette étude est la détermination de la qualité des eaux par approche physicochimique en vu d'acquérir une base de données sur le fonctionnement de l'écosystème.

MATERIEL ET METHODES

Présentation du site d'étude et des stations d'échantillonnage: Le lac Dayet Aoua, de coordonnées géographiques 32°58'N et 05°27'W (Fig. 1) est le lac le plus réputé du Maroc, il se situ à 15 Km de la ville d'Ifrane. Du point de vu administratif, le lac appartient à la commune rurale Dayet Aoua (Province

Ifrane). Il a une superficie de 157ha et une profondeur maximale de 4,5m (Khodari, 1983; Chillasse et al., 2001; Abba, 2006). Le lac Dayet aoua fait partie du grand bassin hydraulique du Sebou qui est l'un des bassins les plus importants du Maroc du fait qu'il renferme près du tiers (1/3) des eaux de surface et 20

% des eaux souterraines du pays (Rapport: Débat National sur l'eau. Bassin du Sebou, 2006). Le lac est entouré par une prairie humide rase et des massifs forestiers de Chêne vert (*Quercus rotundifolia*) et de Cèdre (*Cedrus atlantica*). Une ceinture de peuplier et quelques pieds de saules entourent le lac sur ses bords

immédiats. La flore submergée et émergée est abondante et très diversifiée ; présence de *Myriophyllum spicatum*, *Juncus bufonius*, *Carex sp*, *Polygonum amphibium*, *Ranunculus millifolius*, *Scirpus lacustris*, *Phragmites communis* et *Typha sp* (Chillasse et al., 2001).

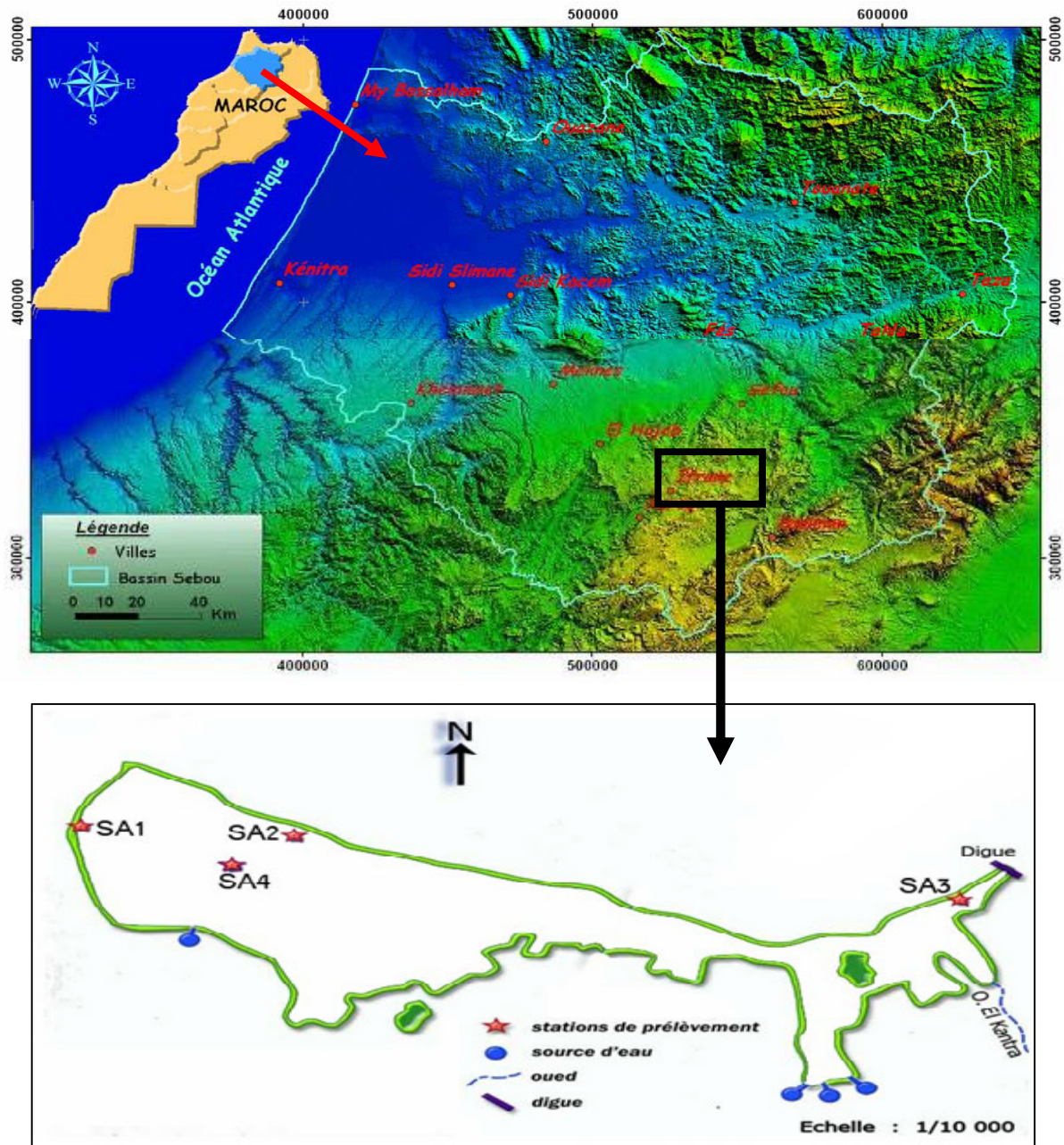


Figure. 1 : Localisation du site d'étude et des stations d'échantillonnage au niveau du lac

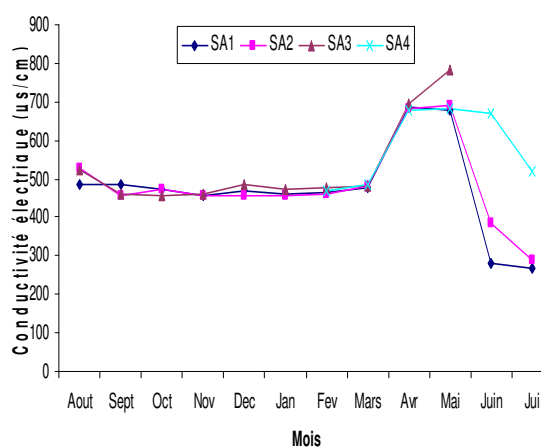
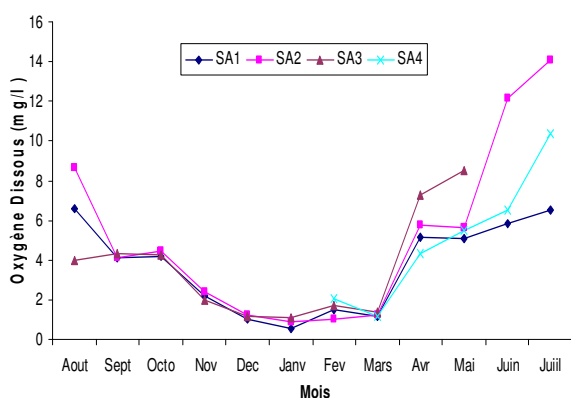
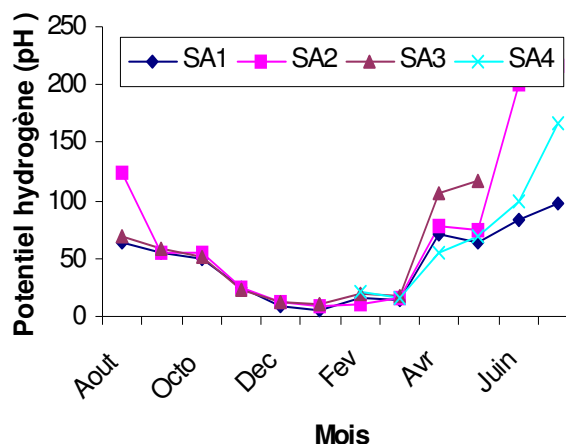
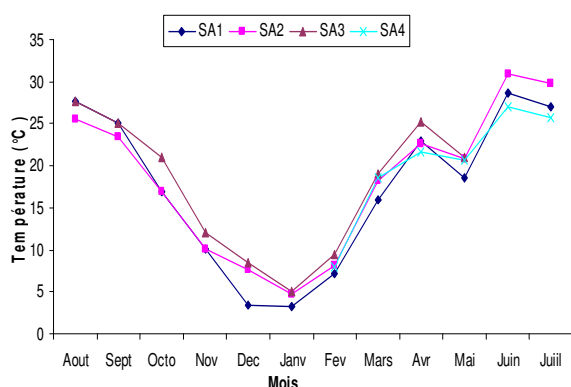
Le choix des stations d'échantillonnage a été fait dans une zone du lac qui ne connaît généralement pas d'assèchement à l'exception de la station SA3 qui se trouve dans la partie avale du lac de très faible profondeur. Les autres stations (SA1, SA2 et SA4) se situent dans la partie amont du lac (Fig. 1) Deux types de stations ont été choisis : les stations des berges : SA1, SA2, et SA3 et la station SA4 qui se trouve dans la partie la plus profonde du lac.

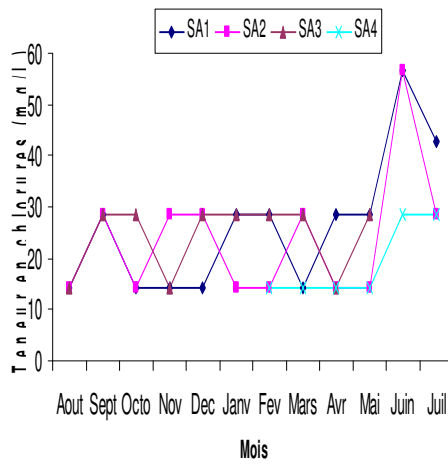
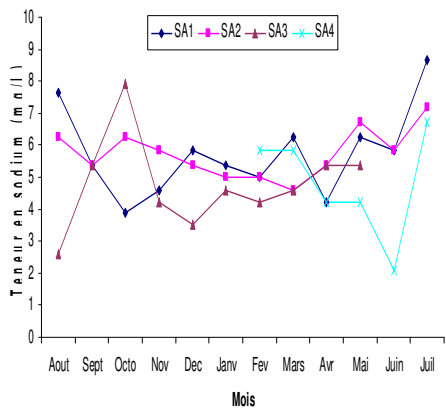
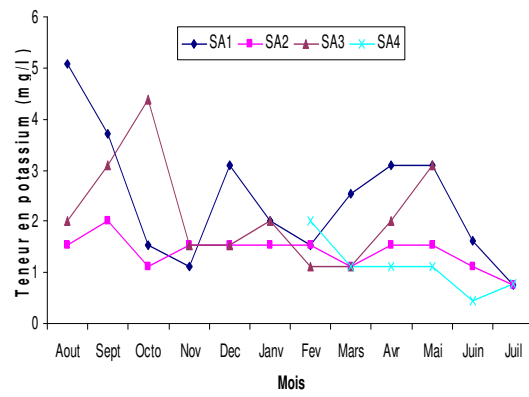
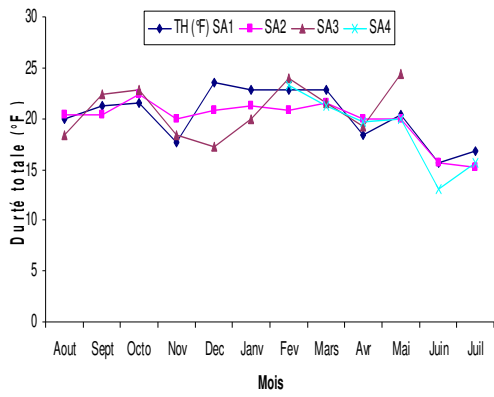
Échantillonnage de l'eau : Le type d'échantillonnage effectué durant les douze campagnes d'étude (août 2004 et juillet 2005) est un échantillonnage instantané fait directement avec des bouteilles en polyéthylène préparées en avance et lavées avec de l'eau des stations avant chaque utilisation. La mesure de

quelques paramètres physicochimiques de l'eau a été faite sur place par des appareils portatifs. Il s'agit de l'oxygène dissous mesuré par un oxymètre de type Orion, model 3301, du potentiel hydrogène (pH) et de la température mesurés grâce à un pH-mètre de type Orion, model 260 et enfin la conductivité électrique mesurée par un conductivimètre de type Orion, model 130. Des échantillons de l'eau sont ramenés au laboratoire pour une analyse des éléments majeurs: alcalinité, duretés, chlorures, orthophosphates, sulfates, formes azotées, potassium, sodium. Les analyses sont effectuées par des méthodes homologuées (Rodier, 1996). L'analyse des statistiques ont été faites par le logiciel Excel.

RESULTATS

La variation spatiotemporelle des teneurs des différents indicateurs de la qualité des eaux du lac Dayet Aoua sont représentés sur les graphes de la Figure 2.





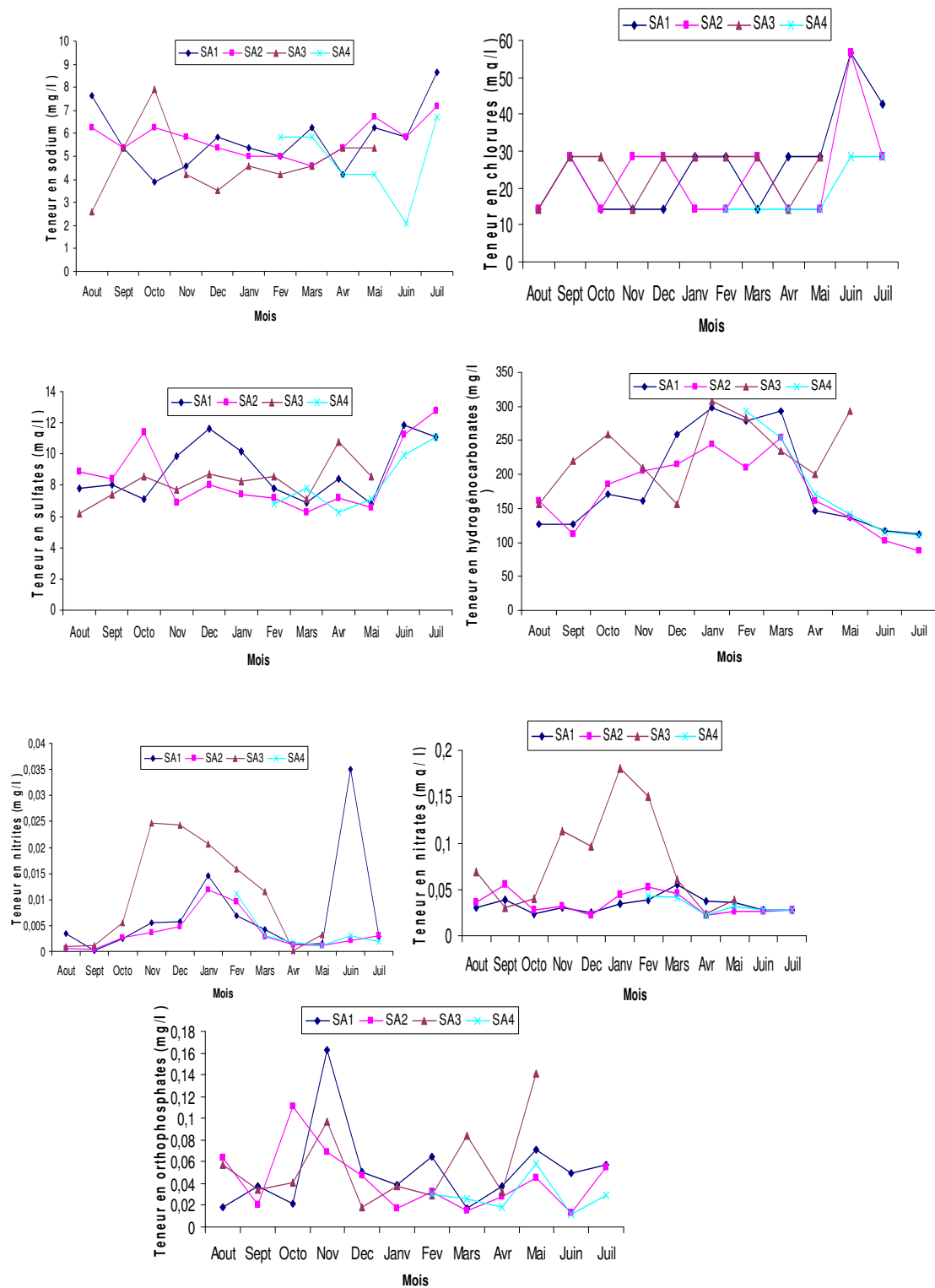


Figure 2 : Evolution spatiotemporelle des indicateurs physicochimiques des eaux du lac Dayet Aoua

Paramètres mesurés in situ: Les températures minimales sont enregistrées en février et les températures maximales en juillet. Au niveau de toutes les stations, la moyenne des températures ne montre pas de différence notable et varie entre 20°C pour SA3 et 23°C pour SA2, ces températures sont favorables au développement des cyprinidés. Le potentiel hydrogène (pH) des eaux du lac est légèrement alcalin. Les valeurs moyennes sont comprises entre 8.5 et 9. Les valeurs minimales sont enregistrées au cours du mois de février où les conditions climatiques ne sont pas favorables pour la photosynthèse. Par contre les valeurs maximales sont enregistrées pendant le mois de juillet, suite à l'utilisation intense du gaz carbonique par les plantes aquatiques par le phénomène de la photosynthèse. Pour la conductivité électrique, les valeurs moyennes sont comprises entre 310 $\mu\text{S cm}^{-1}$ au niveau de SA1 et 340 $\mu\text{S cm}^{-1}$ au niveau de SA3. La conductivité électrique est identique au niveau de SA1 et SA2, et moins importante que celle des stations SA3 et SA4. Ces résultats s'expliquent par la forte dilution des eaux pendant le mois de juin suite aux orages et aux grêles. Malgré l'hypoxie enregistrée pendant le mois de février (2 mg L^{-1}), aucune anomalie n'a été constatée vis-à-vis des poissons. Les valeurs maximales sont enregistrées pendant les périodes favorables à la photosynthèse. La légère moyenne élevée pour SA2 est due au brassage de l'eau par le vent qui caractérise cette station.

Minéralisation de l'eau: La dureté calcique des eaux superficielles enregistrée au cours du cycle d'étude montre des variations presque saisonnières. Les concentrations moyennes du calcium sont comprises entre 10,85 au niveau de SA2 et 13,56 mg L^{-1} au niveau de SA3. Cette moyenne importante au niveau de SA3 s'explique par l'assèchement de la station au cours des deux derniers mois. La moyenne annuelle de la dureté magnésienne des eaux de surface du lac varie entre 152,66 mg L^{-1} au niveau de SA4 et 178,49 mg L^{-1} au niveau de la SA2. Les faibles valeurs annuelles au niveau de la SA4 s'expliquent par le phénomène de dilution car c'est à ce niveau où l'eau est toujours à son niveau maximal. Par contre les valeurs importantes au niveau de SA2 s'expliquent par le phénomène de lessivage de la partie nord du lac qui présente un des sédiments fin de la roche mère suite à l'aménagement de la route à ce niveau là. Les teneurs rencontrées au lac sont très voisines de celles qui ont été enregistrées au niveau de Dayet Ifrah qui se trouve dans le même bassin hydraulique que Dayet Aoua

(Amhaouch, 1995). La dureté des eaux du lac est due principalement aux ions magnésium car la nature lithologique de la région est dolomitique (Golo, 1952; Martin, 1981).

Les concentrations moyennes des chlorures sont comprises entre 18,93 au niveau de SA4 et 26,04 mg L^{-1} au niveau de SA1. Ceci peut s'expliquer par l'origine des chlorures qui arrivent au niveau du lac par lessivage des sols près de SA1 sans oublier la contribution probable des urines de bétail au niveau de la même station (Nisbet et Verneaux, 1970). La faible moyenne observée au niveau de SA4 s'explique par le phénomène de dilution car c'est à ce niveau où le volume d'eau est maximal. La moyenne annuelle en ion sodium des eaux superficielles varie entre 4,78 mg L^{-1} à la station SA3 et 5,96 mg L^{-1} au niveau de la station SA1. La valeur importante au niveau de SA1 concorde avec celle des chlorures au niveau de la même station. Les faibles concentrations rencontrées au niveau du lac Dayet Aoua, témoignent des faibles apports externes ce qui a permis une certaine homogénéité du lac vis-à-vis de cet ion. Les carbonates et les hydrogénocarbonates évoluent en fonction du pH de l'eau qui est lui même en fonction de l'activité photosynthétique (Barroin, 1990). La moyenne annuelle des carbonates est comprise entre 30,72 mg L^{-1} au niveau de SA3 et 66,00 mg L^{-1} pour SA2, par contre celle des hydrogénocarbonates est comprise entre 172,80 mg L^{-1} au niveau de SA2 et 231,80 mg L^{-1} au niveau de SA3. L'absence des données des mois de juin et de juillet (absence d'eau) ont influencé l'activité photosynthétique des plantes comme *Ranunculus millefoliatus*, *Myriophyllum spicatum*, *Polygonum amphibium* qui pourra faire diminuer la moyenne des hydrogénocarbonates et augmenter celle des carbonates. Les concentrations en ion potassium présentent des valeurs très faibles. Les moyennes au cours du cycle d'étude varient d'une façon globale entre 1,10 mg L^{-1} au niveau de SA4 et 2,45 mg L^{-1} au niveau de SA1. La faible moyenne enregistrée au niveau de la station SA4 s'explique toujours par le phénomène de dilution. De même cette valeur importante au niveau de SA1 concorde avec celle des chlorures et du sodium. D'une façon générale, les moyennes des concentrations en ion sulfate enregistrées au cours du cycle d'étude pour les eaux superficielles sont faibles et sans différence notable, elles sont comprises entre 8,20 mg L^{-1} au niveau de SA3 et SA4 et 8,96 mg L^{-1} au niveau de la station SA1.

Indicateurs de pollution organique : Les formes azotées sont légèrement importantes au niveau de SA3 à l'exception de NH_4^+ élevée au niveau de SA1. Ceci s'explique par la biodégradation favorisée par le faible volume d'eau au niveau de SA3 qui permet les échanges de l'oxygène avec l'atmosphère. Ces résultats témoignent de la décomposition aérobie de la matière organique (Nitrification). Pour les orthophosphates, la moyenne est comprise entre 0.033 mg L⁻¹ comme moyenne minimale au niveau de la SA4 et 0.064 mg L⁻¹ comme moyenne maximale enregistrée

DISCUSSION

La qualité de l'eau est une composante importante, elle conditionne la vie et le développement de tout organisme vivant. L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau. Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de température (IBGE, 2005) et le potentiel Hydrogène (pH), l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. Pour les eaux de lac Dayet Aoua, les résultats obtenus montrent que ces paramètres sont influencés par les facteurs ambiants (températures et ensoleillement) et l'activité photosynthétique et respiratoires (Bellaud, 1996, Schlumberger, 2002)) des plantes aquatiques. Les valeurs des paramètres mesurés instantanément ne présentent aucun risque pour la vie aquatique (MENVIQ, 1990 ; Painchaud, 1997). Les eaux du lac Dayet Aoua présentent un faciès hydro chimique carbonaté calcique et magnésien au niveau de toutes

CONCLUSION

La gestion des milieux aquatique nécessite une bonne connaissance de la qualité des eaux de l'écosystème avant toute intervention. La protection du lac Dayet Aoua et par conséquent de sa biodiversité floristique et faunistique passe en premier par l'application des lois incitant les agriculteurs à une gestion rationnelle des ressources en eaux souterraines en arboriculture par l'adoption de méthodes nouvelles d'irrigation

REMERCIEMENTS

Je remercie infiniment le chef du Centre National d'Hydrobiologie et de Pisciculture (CNHP), relevant du Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la lutte

au niveau de la SA3. La valeur importante enregistrée au niveau de la SA3 peut être due généralement à la décomposition importante de la matière organique engendrée par la diminution importante du volume d'eau (station à sec le mois de juin), et aux apports exogènes dus à la lessive à côté de la digue comme le témoigne le tapis vert des algues (Barroin.G, 1990) à ce niveau pendant le mois de Mai. D'une façon générale, les concentrations des indicateurs de pollution organique sont très basses et ne témoignent d'aucune pollution organique.

les stations d'étude et qui reflète la nature géologique du Moyen Atlas Marocain (Troin, et Berriane, 2002). Ce type de faciès a été maintenu au cours de tout le cycle d'étude, La dureté de l'eau est dure à très dure (Rodier, 1996) Les faibles concentrations du sodium et des sulfates dans les eaux témoignent de faibles apports externes et d'absence des évaporites dans la région. Pour les substances eutrophisantes, les analyses des formes azotées et phosphatées donnent des valeurs très faibles. Elles ne décèlent aucune sorte de pollution de type organique. A l'exception de la partie aval du lac (SA3) qui, a un moment donné le développement excessif de phytoplancton et de mousse a été observé par endroit .ces phénomènes sont dus au type de détergent utilisé par les riverains pour la lessive près de la SA3 ou se trouve une partie aménagée pour d'autres utilités. En plus le faible volume d'eau qui se trouve à la partie aval ne permet pas la dilution de ces éléments phosphatés, ceci montre également que les apports externes sont très faibles malgré la présence de vergers de pommiers dans la région.

comme le goutte à goutte et la plantation des arbres fruitiers dans la consommation d'eau est faible comme prunier. Cette gestion d'eau permettra de diminuer le volume d'eau au niveau du lac et par conséquent sa protection en vu de différentes espèce faunistique et floristique existante dans le milieu. Vis-à-vis de la vie piscicole, la qualité des eaux du lac Dayet Aoua classe ce lac parmi les lacs Cyprino-esoxiens.

Contre la Désertification (HCEFLCD) Mr Mohamed BENABID qui a mis à ma disposition le matériel nécessaire pour réaliser ce travail, ainsi que toute

l'équipe des ingénieurs et de techniciens du CNHP. Azrou Maroc. Mes vifs remerciements aux professeurs, H. Nassali, H. El Ibaoui et L. Chillasse pour leurs

remarques pertinentes aux cours de l'élaboration de ce travail.

REFERENCES

- Amhaouch A, 1995. Etude physicochimique et Ichtyologique des lacs du Moyen Atlas : cas d'Ifrane et Sidi Ali, mémoire de 3eme cycle, ENFI Salé Maroc.
- Anonyme 2002. Royaume du Maroc, Ministère de l'Agriculture et de la Mise en Valeur Agricole, Rapport Administration des Eaux et Forêts et de la conservation des sols, Plan directeur des aires protégées Vol 2.2002.
- Anonyme 2004. Rapport monographique de la commune rurale de Dayet Aoua Ifrane. Maroc.
- Barroin G., 1990. La pollution des eaux par les phosphates. La recherche, 221, p 620-627.
- Bellaud. A. Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive. Cépadués- Ed, Collection POLYTHEC, 207p(1996).
- Boukil M, 2004. Etude des possibilités de restauration et de réhabilitation du lac Dayet Aoua. Rapport 1/04.Eaux et Forêts, Rabat.
- Chillasse L, Dakki M & Abbassi M 1999. Les lacs naturels du Moyen Atlas, Zone d'intérêt majeur pour la conservation de la biodiversité, Proceeding of First International Conference on Biodiversity and Naturel Ressources Preservation, School of Science et Engineering, Al Akhayan University, Ifrane Morocco, May 13-14.
- Chillasse L, Dakki. M & Abbassi M 2001.. Valeurs et Fonctions écologiques des zones humides du Moyen Atlas (Maroc). Humedales Mediterraneos, SEHUMED,Valencia (España) , 139-146.
- Golo G, 1952. Eudes Géomorphologiques in notes et mémoires du service géologique N°258 bis 26 Rabat. Maroc
- Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE) 2005 ; Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface. Observatoire des Données de l'Environnement.
- Khodari M, 1983. Etude de la faune macrobenthique d'un lac du Moyen Atlas : Dayet Aoua. IAV Hassan II, Rabat Maroc.
- Martin,J, 1981. Le Moyen Atlas Central, Editions du Service Géologique du Maroc, Rabat, Maroc.
- Menviq, Critère de la qualité de la qualité e l'eau, Quebec, 425p.(1990)
- Nisbet M. & Verneaux.1970. Composantes chimiques des eaux courantes, Anales de limnologie T, 6, Fasc, 2.
- Painchaud .J. 2007. L a qualité de l'eau des rivières du Quebec: Etat et tendances, ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction des écosystèmes aquatiques, Québec, 58 p.
- Rodier J, 1996. L'analyse de l'eau, 8eédition, Dunod, Paris1996.
- Schlumberger, O., 2002. Mémento de pisciculture d'étang. 4e édition. CEMAGREF, 237p.
- Troin, J-F. Et Berriane, M. (2002). Maroc : régions, pays, territoires. (Paris: Maisonneuve & Larose).