

Structure physicochimique et phytoplanctonique du lac dayet aoua (moyen atlas - Maroc)

Anissi FAZUL¹, Saâd RACHIQ^{1*} et Karima MIKOU²

¹ Laboratoire d'Environnement et d'Ecologie Fonctionnelle, Département des Sciences de la Vie, F.S.T. Fès-Saïs, Université Sidi Mohammed Abdallah Fès, BP 2202, Maroc

² Laboratoire des Molécules Bioactives, Département des Sciences de la Vie, F.S.T. Fès - Saïs, Université Sidi Mohammed Ben Abdellah, BP 2202, Maroc

* Correspondance, courriel : rachiqs@yahoo.com

Résumé

Le présent travail consiste à étudier les variations spatiotemporelles des paramètres physicochimiques et des descripteurs de la biomasse phytoplanctonique et de la production primaire du lac Dayet Aoua (province d'Ifrane). Ainsi, une série de 23 prélèvements a été réalisée au milieu du lac (au point le plus profond 5,3m) à différentes profondeurs (0m, 1m, 2m et 4m) durant la période allant de décembre 2012 à novembre 2013. La densité et la biomasse de cette communauté phytoplanctonique sont très faibles et ont varié de $0,6 \times 10^4$ cellules.L⁻¹ à $6,7 \times 10^4$ cellules.L⁻¹ pour la densité et de $2,32 \mu\text{g.L}^{-1}$ à $89,50 \mu\text{g.L}^{-1}$ pour la biomasse. Les teneurs et les variations spatiotemporelles de la chlorophylle *a* reflètent les faibles biomasses et suivent globalement la même évolution que les densités phytoplanctoniques. Les valeurs ont varié de $0,04 \mu\text{g.L}^{-1}$ à $6,60 \mu\text{g.L}^{-1}$. La production primaire est très faible et reflète elle aussi les faibles valeurs des descripteurs de la biomasse, les valeurs ont fluctué entre $2,8 \mu\text{gO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$ et $220,0 \mu\text{gO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$. Les paramètres physicochimiques ne montrent aucun signe de pollution. En somme, les résultats de cette contribution montrent que le lac a subi un rajeunissement après la dernière remise en eau de 2008 et son état de trophie est oligotrophe témoignant des faibles apports en substances eutrophisantes.

Mots-clés : *phytoplancton, azote, phosphore, production primaire.*

Abstract

Physico-chemical and phytoplanktonic structure of dayet aoua lake (middle atlas - Morocco)

The present work is to study the spatial and temporal variations of physicochemical parameters and descriptors of phytoplankton biomass and primary production of Lake Dayet Aoua (Ifrane province). Thus, a series of 23 samples has been achieved in the middle of the lake (at the deepest point 5,3 m) at different depths (0m, 1m, 2m and 4m) during the period from December 2012 to November 2013. Density and biomass of the phytoplankton community are very low and ranged from $0,6 \times 10^4$ cells.L⁻¹ to $6,7 \times 10^4$ cells.L⁻¹ for density and $2,32 \mu\text{g.L}^{-1}$ to $89,50 \mu\text{g.L}^{-1}$ for biomass. The contents and spatiotemporal variations of chlorophyll *a* reflect low biomass and generally follow the same trend as phytoplankton density, values ranged from $0,04$ to $6,60 \mu\text{g.L}^{-1}$. Primary production is very low and also reflects the low values of the descriptors of biomass, values fluctuated between $2,8 \mu\text{gO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$ and $220,0 \mu\text{gO}_2\text{.L}^{-1}\text{.h}^{-1}$. In addition, Physicochemical parameters show no signs of pollution.

In end, the results of this contribution show that the lake has undergone a renovation after the last supplying water in 2008 and his state of trophy is oligotrophic reflecting low intakes eutrophic substances by the affluents.

Keywords : *phytoplankton , nitrogen, phosphorus, primary production.*

1. Introduction

Le Maroc de par sa position géographique dispose d'une grande diversité de milieux aquatiques marins et continentaux. Ainsi, il est considéré comme le pays le plus diversifié de tout l'Afrique du Nord. Il s'individualise également dans cette région, par l'existence de nombreux lacs permanents concentrés essentiellement dans le Moyen Atlas. Ces lacs assurent des fonctions diverses parmi lesquelles l'absorption d'une très grande proportion des eaux de ruissellement et de fonte de neige, le réapprovisionnement ou la recharge des nappes phréatiques, contrôlent des crues et réduisent les inondations en stockant au moins temporairement les eaux des crues puis les restituent lentement. Certains de ces milieux, pour des raisons liées à la difficulté d'accessibilité n'ont jamais fait l'objet d'étude. Le lac Dayet Aoua, situé dans la province d'Ifrane qui, malgré son accessibilité et sa proximité des grandes universités, n'a fait l'objet que d'études très fragmentaires intéressant particulièrement la caractérisation physicochimique de l'eau. En effet, les études de CHILLASSE et al. [1] ont donné un aperçu général sur la végétation terrestre et aquatique bordant ce lac, et celles de ABBA et al. [2,3] ont abordé la caractérisation physicochimique des eaux de ce dernier. Très récemment, une étude saisonnière a été menée par nous même, au terme de laquelle nous avons montré le rôle épurateur de la flore macrophytique et confirmé le caractère oligotrophe de ce lac [4]. L'exploration des communautés phytoplanctonique, zooplanctonique et microbienne devra contribuer à l'estimation de la diversité spécifique et à la compréhension du fonctionnement de cet écosystème lacustre. Ainsi, notre contribution met l'accent sur la dynamique de la flore microalgale et les caractéristiques physicochimiques de cet écosystème lacustre.

2. Matériel et méthodes

2-1. Site d'étude

Le lac Dayet Aoua est situé à la sortie de la ville d'Imouzer et à 15 kilomètres au nord de la ville d'Ifrane par la route RN 24 Ifrane-Fès (**Figure 1**). Ses coordonnées sont 32°58'N et 05°27'W [2]. C'est un lac de 140 ha. Cependant, cette superficie est variable selon les saisons. Sa profondeur maximale reste faible et varie de 4 à 5,30 mètres. Le lac peut être classé de type fluvial puisqu'il présente une entrée principale (oued El Kantra) et une sortie au niveau de la digue (**Figure 1**). Durant ces deux dernières décennies, le lac a connu trois périodes d'assèchement : en 1995, en 2002 et en 2006 [5]. La remise en eau a repris ses niveaux à la fin de l'année 2008. Les prélèvements sont effectués au niveau du point le plus profond (~ 5m), aux profondeurs 0m, 1m, 2m et 4 m, à l'aide d'une bouteille fermante de type Van-Dorn horizontale. L'eau prélevée est ensuite pré-filtrée sur un filet de vide de maille de 200 µm afin d'éliminer les débris et le zooplancton métazoaire.

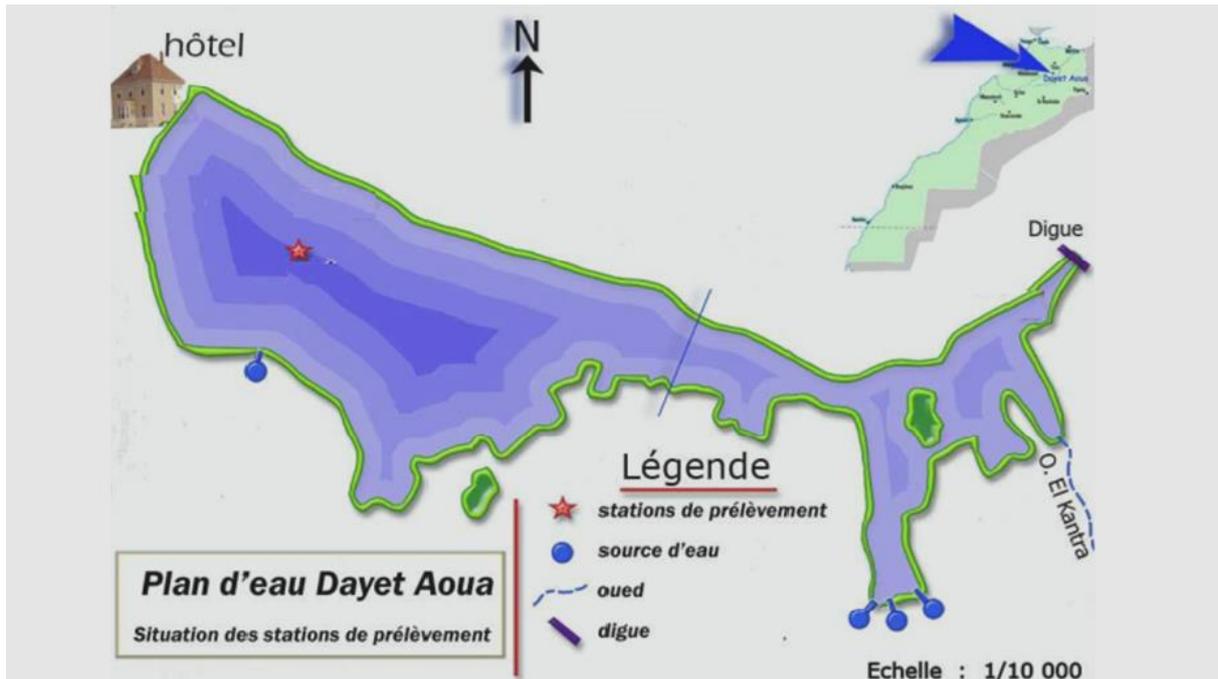


Figure 1 : Carte montrant le site et le point des prélèvements [2]

2-2. Les variables abiotiques

L'analyse physicochimique de l'eau a porté sur les paramètres résumés dans le **Tableau 1** selon la méthodologie standard décrite dans RODIER [6].

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques mesurées

Paramètre	Méthode	Paramètre	Méthode
Température	Conductimètre (Orion3 star)	Azote total	Dosage colorimétrique (à 415nm)
Conductivité		Ammonium	Dosage colorimétrique (à 630nm)
pH	pH-mètre (Orion reseach)	Nitrates	Dosage colorimétrique (à 415nm)
Transparence	Disque de Secchi	Nitrites	Dosage colorimétrique (à 537nm)
Dureté totale	Titration hydrogénométrique	Phosphore totale	Dosage colorimétrique (à 800nm)
Matières organiques	Indice de permanganate K	Orthophosphate	Dosage colorimétrique (à 800nm)
Carbone inorganique	Titration alcalinimétrique		
Oxygène dissous	Méthode volumétrique de Winkler		

2-3. Les variables biotiques

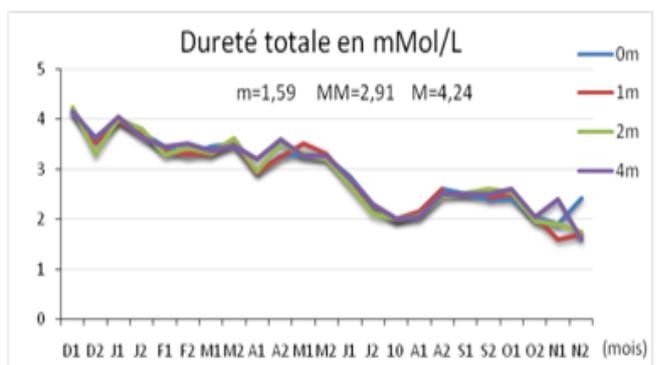
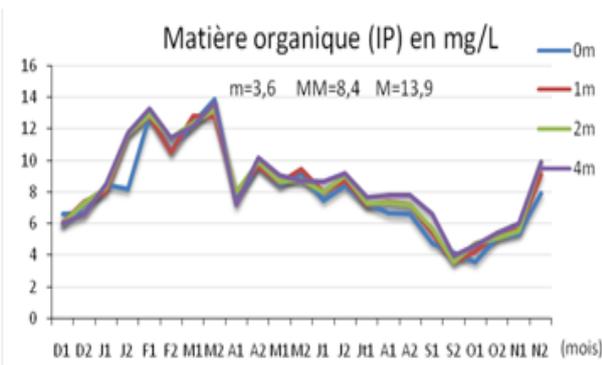
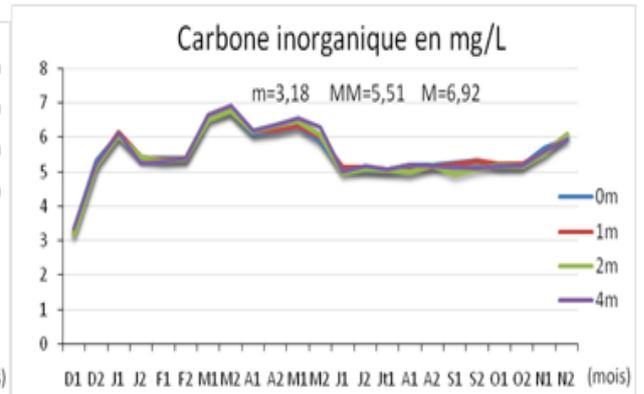
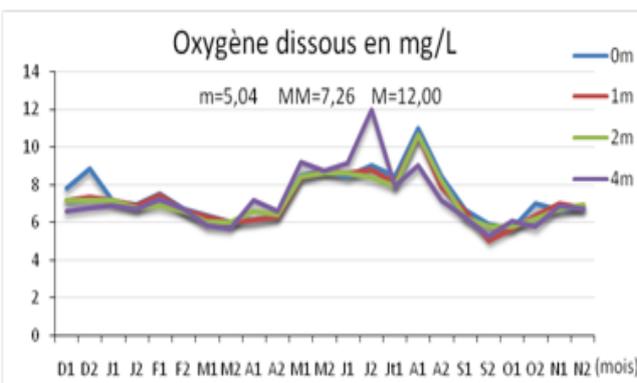
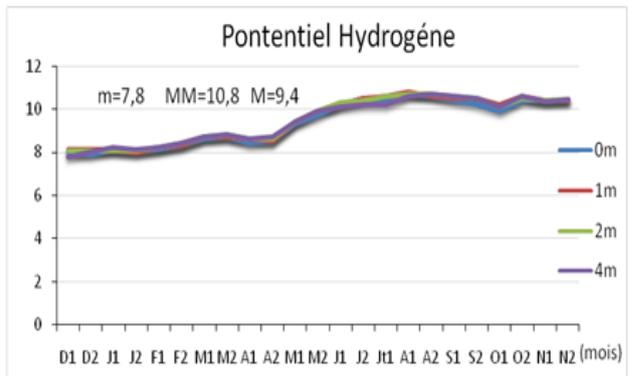
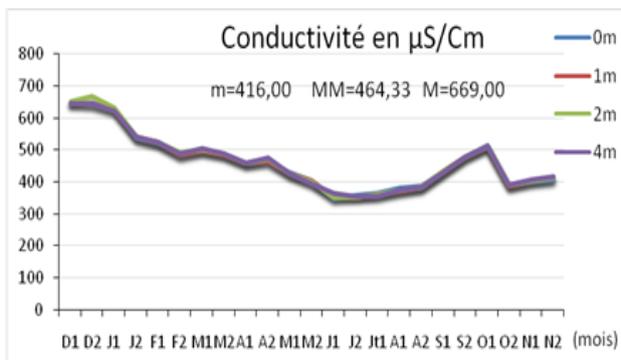
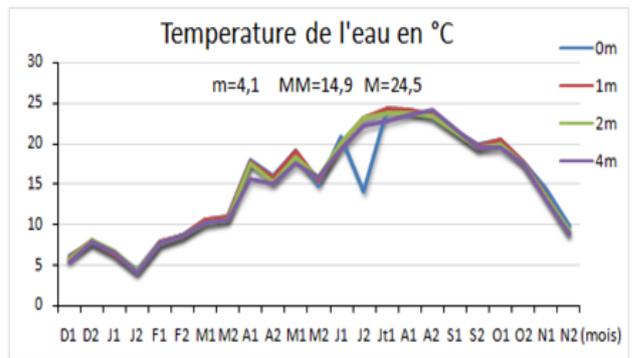
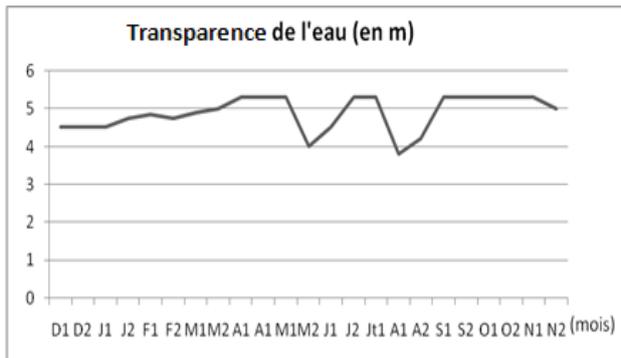
L'identification des espèces de micro algues a été effectuée au laboratoire à l'aide des clés de détermination de BOURRELLY [7-9] et l'emploi de la technique de microscopie à épi fluorescence en utilisant la primuline comme fluorochrome. Les dénombrements des cellules phytoplanctoniques sont réalisés au microscope inversé selon la méthode d'UTERMÖHL [10] modifiée par LEGENDRE et WATT [11]. Les biomasses sont calculées à partir des biovolumes spécifiques moyens suivant les travaux [12-15]. Le dosage de la chlorophylle *a* a été réalisé selon le protocole proposé par SCOR-UNESCO [16]. La production primaire est estimée par dosage de l'oxygène dissous selon la méthode de Winkler, après incubation pendant 4 heures au alentour du midi solaire, au niveau des profondeurs d'échantillonnage.

3. Résultats et discussion

3-1. Les variables abiotiques

Le lac Dayet Aoua est un lac de montagne (1500m d'altitude), peu profond (profondeur maximale autour de 5,3m), caractérisé par des eaux claires, car plus de 91% des valeurs de la transparence de l'eau mesurée à l'aide du disque de Secchi sont supérieures à 4m et qu'elles ne sont pas descendues en dessous de 3,8m, valeur minimale enregistrée au début du moi d'août (**Figure 2**). L'examen des valeurs de la température montre une grande amplitude de variations temporelle puisque ces dernières ont varié de 4,1°C à 4m au mois de janvier à 24,9°C près de la surface au mois de juillet. Tout au long de l'étude, les profils verticaux thermiques ne présentent aucune variation notable en fonction de la profondeur témoignant d'une homothermie permanente même en période chaude. Ce brassage continu des masses d'eau dans ce lac est dû à certaines de ses caractéristiques morphométriques [4]. Il en résulte, une bonne oxygénation des eaux jusqu'au fond (valeur moyenne = $7,26 \pm 1,30$ mg/l) (**Figure 2**). Les pH sont largement supérieurs à la neutralité (valeur extrêmes : 7,8 et 10,8) liés à la nature du faciès hydrochimique carbonato-calcique et magnésien et qui reflète la nature de la formation géologique du Moyen Atlas Marocain [17].

L'augmentation du pH durant la période allant du printemps à l'automne est accompagnée d'une diminution des teneurs en carbone inorganique suite à la prolifération du phytoplancton. Ces dernières ont varié de 3,20 à 6,92 mg.L⁻¹ (**Figure 2**). Ces teneurs sont nettement inférieures à ceux rapportées, sur le même milieu, par ABBA et al. [3] mais sont de même ordre de grandeur que celles enregistrées dans un lac oligotrophe de montagne, le lac Pavin du massif central Français [18]. La conductivité a varié de 416 à 669 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ce paramètre est influencé, dans notre cas, par les variations du débit du cours d'eau du principal affluent (oued El Kantra) dans lequel nous avons toujours enregistré des conductivités nettement supérieures ($m = 700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) à celles mesurées au milieu du lac (464,3 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Les concentrations en sels nutritifs (azote et phosphore), dans l'eau brute sont faibles (**Figure 2**), ceci montre comme l'on signalé ABBA et al. [3] qu'il n'y a aucune trace de pollution organique dans le milieu. Ces teneurs seraient davantage plus faibles si nos analyses portaient sur de l'eau filtrée sur membrane de 0,45 μm éliminant la fraction particulaire. En effet, une bonne partie d'éléments nutritifs est contenue dans la fraction particulaire et notamment dans le compartiment cellulaire du phytoplancton constituant son quota intracellulaire. Pour certains auteurs [19], des teneurs en azote et en phosphate de l'ordre de 0,2 et 0,02 mg/l respectivement, affectent au lac un caractère hyper-eutrophie. Cependant, notre milieu aux eaux transparentes ne présente aucun signe d'eutrophisation. Des résultats comparables à ceux de ABBA et al., [3] et FAZUL et al. [4] ont été obtenus lors de deux campagnes de prélèvements réalisées antérieurement.



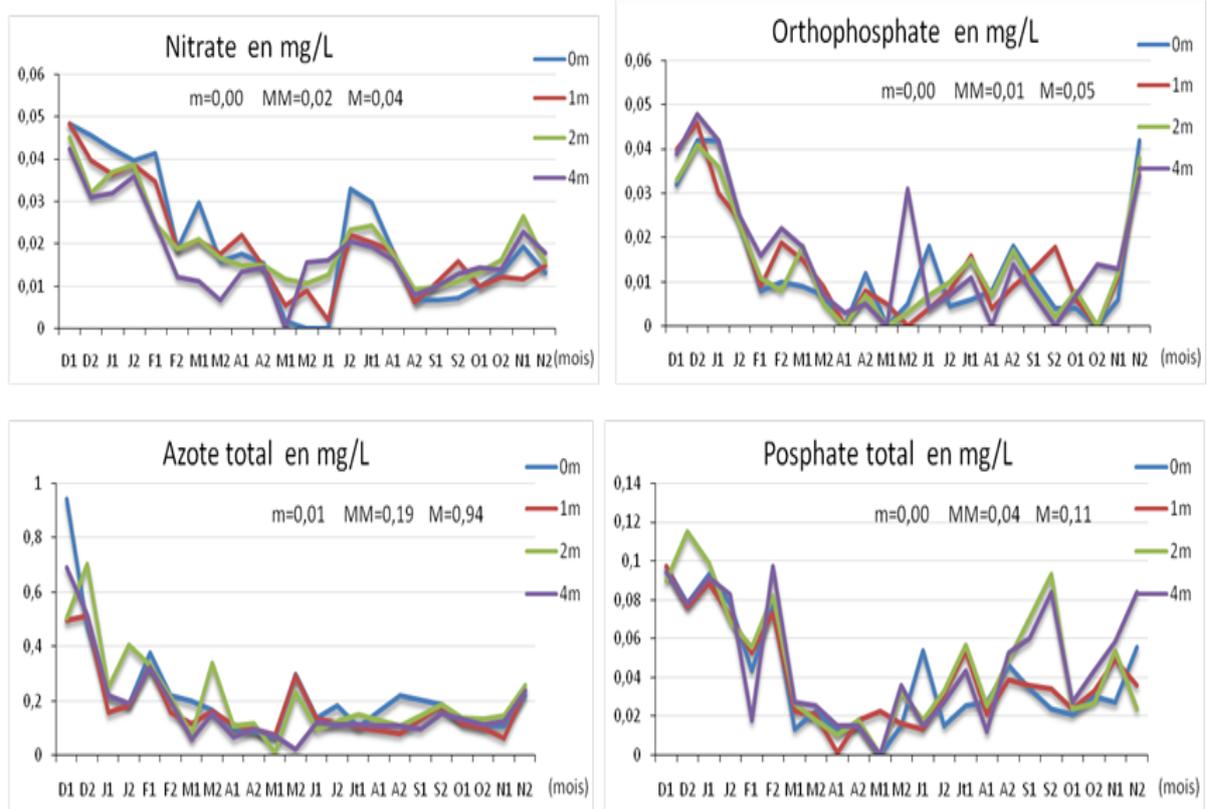


Figure 2 : Variations spatio-temporelles des paramètres physiques et chimiques mesurés dans le lac Dayet Aoua aux profondeurs 0m, 1m, 2m et 4m

3-2. Les variables biotiques

Le lac Dayet Aoua, comme nous l'avons rapporté lors d'une étude préliminaire [4] est un plan d'eau dominée par le caractère littoral. Il s'agit d'un milieu moins chargé en matière organique, donc moins turbide, et favorisant par un éclaircissement suffisant, la croissance et la progression des macrophytes et des algues benthiques. La communauté phytoplanctonique considérée comme un indicateur de l'état de trophie des écosystèmes lacustres présente globalement des densités très faibles qui ont varié de $0,6 \times 10^4$ cellules.L⁻¹ en début de l'étude à $6,7 \times 10^4$ cellules.L⁻¹ au mois d'avril à 4m (**Figure 3**). La densité moyenne sur l'ensemble des prélèvements est de $2,7 \times 10^4$ cellules.L⁻¹ ($\sigma = 1,5 \times 10^4$ cellules.L⁻¹). Les variations saisonnières montrent que les densités sont très faibles en période hivernale, le peuplement phytoplanctonique est composé essentiellement de la cryptophycée, *Cryptomonas marsonii* qui représente plus 41% de la densité totale et qui nous a accompagnée tout au long de l'étude, de la cryptophycée, *C. ovata* (11%), et de la chlorophycée *Scenedesmus sp.* (13%). C'est en période printanière que les densités sont les plus élevées concomitantes avec la hausse de la température et l'apparition de la chlorophycée *Ankistrodesmus falcatus* qui domine le peuplement phytoplanctonique (38% de la densité totale) avec toujours la présence de la Cryptophycée *Cryptomonas marsonii* (14%), les Chlorophycées *Docystis lacustris* (10%) et ne coïncident pas avec les fortes températures enregistrées en été. Cette observation se traduit par une corrélation positive mais non significative entre température et densité phytoplanctonique ($r = 0,284$ pour 22 d.d.l. au seuil de significativité 5%).

Cependant, en terme de biomasse, la température est corrélée positivement et significativement avec la biomasse phytoplanctonique ($r = 0,620$ pour 22 d.d.l. au seuil de confiance 1%). En période estivale, en dépit des températures élevées, nous avons noté une chute des densités phytoplanctoniques qui pourrait être expliquée par la pression de prédation exercée par la communauté zooplanctonique dont nous avons remarqué visuellement une prolifération massive. Malheureusement, aucune étude n'a été effectuée jusqu'à présent concernant le zooplancton pour argumenter et valider notre constatation. C'est ainsi que les fluctuations de la densité de *Cryptomonas marsonii* seraient liées à une pression de prédation sélective exercée par le zooplancton en raison de sa petite taille comme cela a été rapporté par ALEYA et DEVAUX [20] et BERGQUIST et al. [21]. Par ailleurs, la prédation des métazoaires est probablement très importante à cette période de l'année et affecte la totalité des microorganismes de la boucle microbienne [22] et [23]. Ces résultats témoignent de l'état d'équilibre de notre écosystème, c.a.d. que le phytoplancton est consommé au fur et à mesure qu'il est produit et aboutit à la clarification des eaux.

Il est important de signaler, comme dans nos prélèvements précédents [4] l'absence quasi-totale des représentants de la classe des Diatomées dont beaucoup de ses espèces sont omniprésentes. Cette absence est justifiée par des teneurs en silice très faibles (valeurs extrêmes 0,48 et 2,16 mg.L⁻¹ pour un seul prélèvement réalisé sur cinq points différents du lac) comme le signale Wetzel et Likens [24] qui considèrent des concentrations plus faibles que 0,5 mg.L⁻¹ constituent un facteur limitant la croissance des diatomées qui ne peuvent compétitionner efficacement avec d'autres algues non siliceuses. De plus, nous avons remarqué une chute notable de la densité de la Zygomycète, *Gonatozygon sp.* qui a constitué l'espèce dominante lors des prélèvements effectués par nous même pendant la campagne réalisée en 2011 [4]. Les variations de la densité en fonction de la profondeur sont faibles, et montrent des densités légèrement plus élevées à 2m et 4m par rapport à 0m et 1m (**Figure 3**). Les valeurs moyennes par profondeur sont les suivantes: 2,4x10⁴ ; 2,5x10⁴ ; 2,9x10⁴ et 2,6x10⁴ cellules.L⁻¹ respectivement à 0m, 1m, 2m et 4m. En termes de biomasse cette variation spatiale est nettement plus importante que celle de la densité puisque les valeurs moyennes calculées par profondeur sont de 23,00 ; 20,17 ; 28,29 et 26,93 mg.L⁻¹ respectivement à 0m, 1m, 2m et 4m).

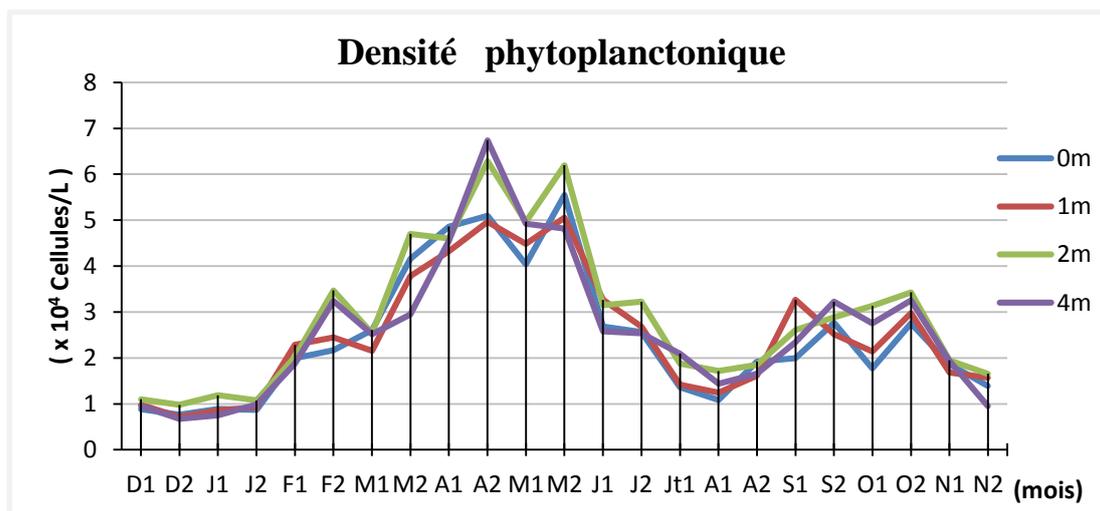


Figure 3 : Variations spatio-temporelles de la densité phytoplanctonique aux profondeurs 0m, 1m, 2m et 4m

Les biomasses phytoplanctoniques suivent globalement la même évolution que les densités et montrent une grande amplitude de variations puisqu'elles fluctuent de 2,3µg.L⁻¹ au début de l'étude à 89,5 µg.L⁻¹ vers le mois de juillet à 4m (**Figure 4**).

Cette dernière valeur est exceptionnelle et est liée à la présence de *Cosmarium meneghinii* et *Staurastrum sp.* qui malgré leurs faibles densités (7,69% et 15,30% respectivement de la densité totale) engendrent des biomasses importantes (49,34 et 30,52% de la biomasse totale) en raison de leurs biovolumes cellulaires spécifiques très importants ($8284 \mu\text{m}^3$ et $27475 \mu\text{m}^3$ respectivement).

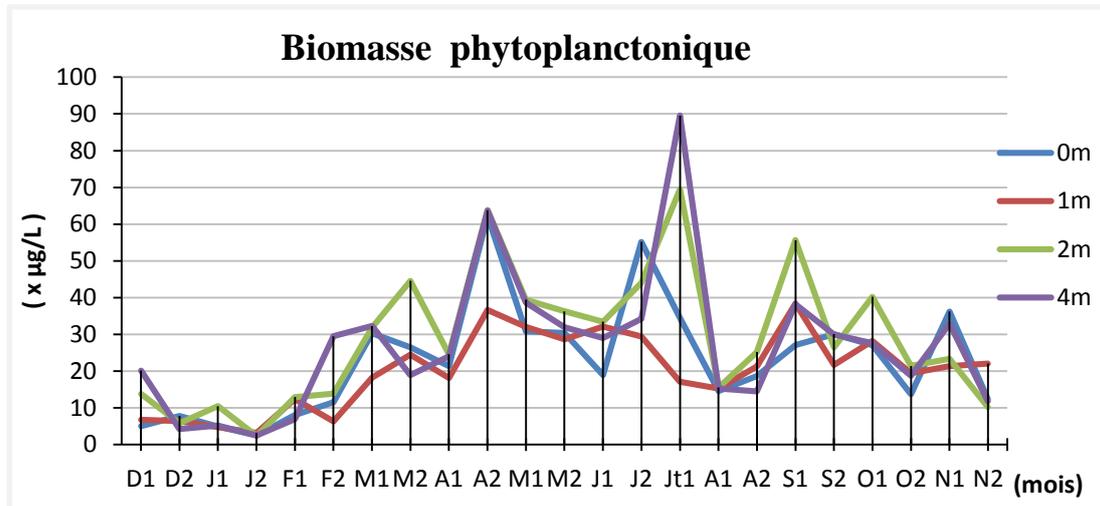


Figure 4 : Variations spatio-temporelles de la biomasse phytoplanctonique aux profondeurs 0m, 1m, 2m et 4m

Les teneurs et les variations spatiotemporelles de la chlorophylle a reflètent les faibles biomasses et suivent globalement la même évolution que les densités phytoplanctoniques (**Figure 5**). Les valeurs ont varié de $0,04 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ à 4m à $6,60 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ enregistrées au mois d'avril puis au mois de juin à 2m.

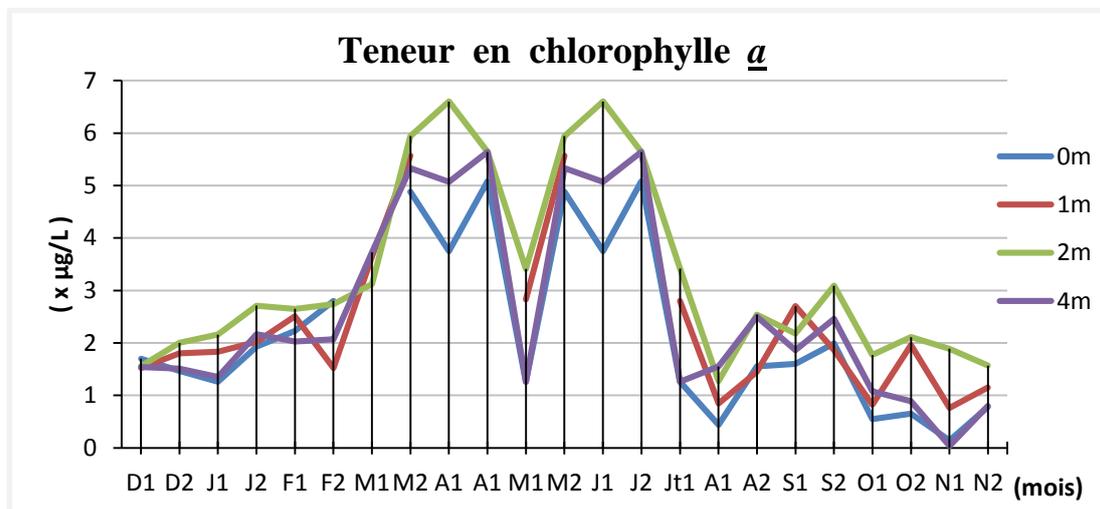


Figure 5 : Variations spatio-temporelles des teneurs en chlorophylle a aux profondeurs 0m, 1m, 2m et 4m

La production primaire due au phytoplancton est très faible et reflète les faibles valeurs des descripteurs de la biomasse de cette communauté planctonique photoautotrophe (densité et chlorophylle a). Elle a varié de $2,8 \mu\text{gO}_2\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (novembre à 4m) à $220,0 \mu\text{gO}_2\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (juin à 2m) (**Figure 6**). Les variations temporelles font apparaître des valeurs élevées au printemps, le phytoplancton est alors composé essentiellement de la Chlorophycée *Ankistrodesmus falcatus* (23%) *Cosmarium marsonii*, *Oocystis sp.* et *Mallomonas fastigiata* (33%).

Ces activités relativement élevées sont à rattacher au développement de la population de la Cryptophycée *Cryptomonas marsonii* et à la Chlorophycée *Monoraphidium sp.* qui, malgré leurs faibles biovolumes spécifiques contiennent un taux important de chlorophylle *a* [20] et [25] ce qui leur confère une capacité photosynthétique importante. En période estivale, ces valeurs sont relativement plus faibles en réponse à la baisse de l'abondance phytoplanctonique. A la fin de l'étude qui coïncide avec la fin de la saison automnale, les valeurs de production primaire diminuent en raison de la baisse de la température et de l'énergie lumineuse et de la faible biomasse phytoplanctonique.

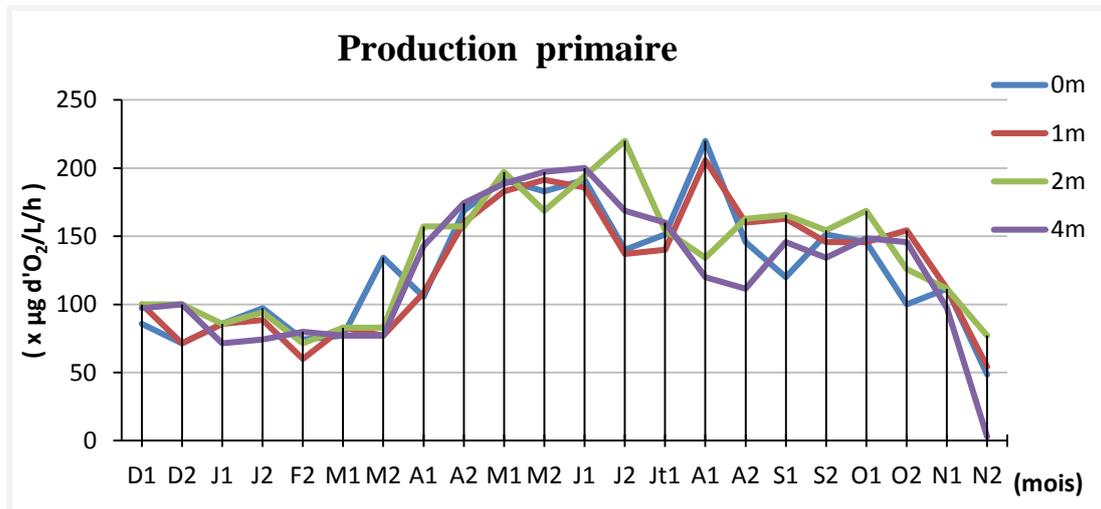


Figure 6 : Variations spatio-temporelles de la production primaire aux profondeurs 0m, 1m, 2m et 4m

L'examen des analyses statistiques montre que la production primaire est d'une part corrélée positivement avec la biomasse phytoplanctonique et la température et d'autre part est corrélée négativement avec les éléments nutritifs, les ions ammoniums, nitrates et orthophosphates (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Valeurs des coefficients de corrélation (seuil de confiance 1% pour 22 d.d.l)

	Biomasse	Température	Ammonium	Nitrates	Orthophosphates
Production primaire	0,601	0,795	-0,566	-0,558	-0.687

4. Conclusion

Les résultats de ce travail constituent une contribution à l'étude des variations spatio-temporelles des paramètres physico-chimiques et phytoplanctoniques des hydro-systèmes lacustres du Moyen Atlas Marocain. Ils viennent confirmer l'état oligotrophe du lac, comme il a été annoncé par ABBA et al. [2] et par nous même [4], lors des campagnes de prélèvements effectuées en 2005 et en 2011. Cette qualification est non seulement confirmée par les analyses physico-chimiques mais aussi par les descripteurs de biomasse phytoplanctonique, la densité et la concentration en chlorophylle *a* et la production primaire.

Références

- [1] - L. CHILLASSE, M. DAKKI and M. ABBASSI "Valeurs et Fonctions écologiques des zones humides du Moyen Atlas (Maroc)" *Humedales Mediterraneos*, édition SEHUMED, Valencia (España) ISSN 1137-7755. (2001) 139-146.
- [2] - E. ABBA, H. NASSALI, M. BENABID, R. EL AYADI and H. EL IBAOUI "Contribution à l'étude physicochimique de l'écosystème lacustre Dayet Aoua au Maroc" *Afrique SCIENCE* 04(2) (2008) 306-317.
- [3] - E. ABBA, H. NASSALI, M. BENABID, R. EL AYADI, H. EL IBAOUI and L. CHILLASSE, "Approché physicochimique des eaux du lac dayet Aoua. *Journal of Applied Biosciences* 58 (2012) 4262-4270.
- [4] - A. FAZUL, S. RACHIQ, K. MIKOU and S. H. SAIDOMAR, 2013. Contribution à l'étude de la flore aquatique d'un lac de montagne : Lac Dayet Aoua (Maroc). *Afrique Science*, Vol.9, N°3 (2013). ISSN 1813-548X. 09(3)(2013) 103-112.
- [5] - A. SAYAD, S. CHAKIRI, A. CHAHLAOUI and Z. BEJJAJI "Impact des stress hydriques sur les potentiels de Dayet Aoua (Moyen Atlas — Maroc)" *Science Lib Editions Mersenne : Volume 4, N° 120604*. ISSN (2012) 2111-4706.
- [6] - J. RODIER, B. LEGUBE and N. MERLET "Analyse de l'eau" Edit.9. Duod. (2009) 1526P.
- [7] - P. BOURRELLY "Les algues d'eau douce. Initiation à la systématique. Tome 1: les algues vertes. *Collect. Faunes et Flores actuelles*" Editions N. Boubée, Paris. (1966) 572p.
- [8] - P. BOURRELLY "Les algues d'eau douce : les algues jaunes et brunes" éd. N. Boubée, (1968) 2517p.
- [9] - P. BOURRELLY "Les algues d'eau douce : les algues bleues et rouges" éd. N. Boubée, (1970) 3606 p.
- [10] - H. UTERMÖHL "Zur Vervollkom-mnung der quantitativen Phytoplankton-Method". *Int. Ver. theor. angew. Limnol.*, 9 (1958) 1-39.
- [11] - L. LEGENRDE and W. D. WATT, One a rapid technique for plankton enumeration. *Annales de l'Institut Océanographique*, 58, PP : (1971 et 1972) 173-177.
- [12] - K. T. KIM and M. TRAVERS "Utilité des mesures dimensionnelles et des calculs de biovolume du phytoplankton : comparaisons entre deux ecosystems différents" *Marine Nature* (1995) 43-71.
- [13] - J. C. DRUART and F. RIMET,. *Protocoles d'analyse du phytoplancton de l'INRA : prélèvement, dénombrement et biovolumes*. INRA-Thonon, Rapport SHL 283 (2008) 96 p.
- [14] - I. OLENINA, S. HAJDU, L. EDLER, A. ANDERSSON, N. WASMUND, S. BUSCH, G. J. ÖBEL, S. GROMISZ, S. HUSEBY, M. HUTTUNEN, A. JAANUS, P. KOKKONEN, I. LEDAINE and E. NIEMKIEWICZ "Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea" *HELCOM Balt.Sea Environ. Proc. No. 106* (2006) 144pp.
- [15] - CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC "Identification, dénombrement et estimation du biovolume des cyanobactéries et des algues" MA. 800 — *Cya.alg 1.0*, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec (2012) 22 p.
- [16] - S. C. O. R.- U. N. E. S. C. O. Working Group.17 "Determination of photosynthetic pigments in seawater" *Monographs on Oceanogr. methodology* 1. 2nd(ed.) Paris (1966).
- [17] - J. F. TROIN and M. BERRIANE "Régions, pays, territoires" éd. Maisonneuve et Larose (2002).
- [18] - S. RACHIQ, " Structure et fonctionnement du peuplement phytolanc-tonique et capacités phagotrophes des microalgues dans le reservoir Allal El Fassi (Maroc)" *Th. Doc. fac. sci., Fès*. (2003) 154p.
- [19] - M. SADANI, N. OUAZZANI and L. MANDI. Impact de la secheresse sur l'evolution de la qualité des eaux du lac Mansour Eddahbi (Ouarzazate, Maroc). *Rev. Sci. Eau*. 17/1 (2004) 69-90.

- [20] - L. ALEYA and DEVAU "Intérêt et signification écophysiological de l'estimation de la biomasse et de l'activité photosynthétiques de diverses fractions de taille phytoplanctonique en milieu lacustre eutrophe" *Rev Sciences de l'eau*. PP : (1989) 353-372.
- [21] - A. M. BERGQUIST, S. R. CARPENTER and J. C. LATINO "Shifts in phytoplankton size structure and community composition during grazing by contrasting zooplankton assemblages" *Limnol. Oceanogr.*, 30 (1985) 1037-1045.
- [22] - J. F. CARRIAS " La boucle microbienne en milieu lacustre : structure et fonctionnement des communautés picoplanctoniques et de protistes flagellés et ciliés. Th. Doc. Univ. Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, France, (1996) 228p.
- [23] - S. RACHIQ, M. RAOUI, N. CHADLI, C. AMBLARD, M. M. ALAOUI, J. F. CARRIAS, T. SIME-NGANDO, D. SARGOS "Potentialités phagotrophes des phytoflagellés dans la retenue de barrage Allal El Fassi (Maroc)" *Rev. Sci. eau* 15/1 (2002) 87-99.
- [24] - R. G. WETZEL and G. E. LIKENS "Limnological Analyses" Third Edition, Springer-Verlag, New York Inc. (2000) 429 pp.
- [25] - S. SANE "Contrôle environnemental de la production primaire du lac de Guiers au Nord du Sénégal" Thèse de Doctorat de 3ème cycle de Biologie Végétale. Univ. Cheikh Anta Diop – Dakar (2006) p199.