

# Dynamique des populations microphytobenthiques couplée à leur composition biochimique au sein du réservoir Allal El Fassi (Maroc)

## Populations dynamic of microphytobenthics coupled with metabolic parameters in Allal El Fassi reservoir (Morocco)

L. Damiri, M. Alaoui Mhamdi and J. Bahhou

Volume 15, Number 1, 2002

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/705439ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/705439ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université du Québec - INRS-Eau, Terre et Environnement (INRS-ETE)

ISSN

0992-7158 (print)

1718-8598 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Damiri, L., Alaoui Mhamdi, M. & Bahhou, J. (2002). Dynamique des populations microphytobenthiques couplée à leur composition biochimique au sein du réservoir Allal El Fassi (Maroc). *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 15(1), 101–109. <https://doi.org/10.7202/705439ar>

### Article abstract

Most of the works achieved so far in semi-arid lakes have been focused especially on the dynamics, structure and metabolic of phytoplankton. However, this issue has not been addressed in term of metabolic microphytobenthic cells activity. With an aim increasing the relative scientific knowledge relating to the functioning of lacustrine ecosystems in the Maghreb for which the data are still very fragmentary, special attention has been granted to the study of the microphytobenthos metabolism, by means of determining essential cellular constituents (carbohydrates, proteins and lipids) of the reservoir Allal El Fassi.

The Allal El Fassi reservoir is about 47 km of Fez. It was built in 1992, and is 7 km long, 0.7 km wide and 34 m maximum depth. The reservoir is classed as mesotrophic and used for irrigation, recreation and to supply drinking water.

The study was conducted between August 1996 and July 1997. Samples were taken vertically from the deepest point of the reservoir by means of a Van-Dorn sampler from seven depths: Near the surface, - 2 m, - 5 m, - 10 m, - 15 m, - 20 m and close to the bottom. The samples were analysed for physical, chemical and metabolism of Diatom. Analysis of Nitrogen and phosphate was done following Golterman method and oxygen dissolved by the Winkler method.

Given the advantage that presents the artificial substrata (polyethylene leaves) for sample of periphyton, we have opted for the utilization of these substrata similar to these already used by WATANABE et al. (1988). These substrata are submerged during four weeks at different depths.

The evaluation of the microphytobenthic biomass has been carried out according to the method of LOHMAN (1908) after enumerations to the microscope Olympus following the technique of LECLERCQ (1984).

The dosage of the carbohydrates has been undertaken according to the method of MOAL et al. (1985), while concentrations of proteins have been determined according to the method of LOWRY (1951) and lipids have been extracted according to the method chloroform/methanol.

The results show that microphytobenthic biomass presents important fluctuations since extreme values are respectively 0.25-104  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  and 14.95-104  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ .

Carbohydrates and lipids concentrations (mean=4.52  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  and 2.27  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ , respectively) are clearly less high than those of proteins (mean=81.84  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ). This result indicates that the metabolism of the microphytobenthos of the Allal El Fassi reservoir is oriented towards the preferential protein synthesis. The vertical distribution of proteins, carbohydrates and lipids concentrations shows a well marked stratification, maximal concentrations generally recorded between 0 and 5 m. These high concentrations are attributed to the development of Nitzschia, Navicula, Cymbella, Cyclotella, Melosira and Coocconeis.

Proteins and carbohydrates concentrations were significantly correlated ( $r=0.84$ ,  $p=0.01$  at 0m and  $r=0.52$ ,  $p=0.10$  at 5 m). On the opposite, concentrations of lipids have no correlation neither with those of proteins, nor with those of the carbohydrates.

The correlation between the lipids concentrations and the microphytobenthic biomass, is highly significant ( $r=0.48$ ,  $p=0.10$ ). This correlation results notably into the fact that lipids visualise well the evolution of the microphytobenthic biomass. However, no significant correlation was found between proteins, carbohydrates concentrations and biomass microphytobenthic.

Many works prove the influences of some environmental factors namely light intensity and the temperature on the biochemical composition of the microphytobenthic. In this way, we observe that in period of high temperature, the synthesis of lipids is important. The positive correlation between temperature and lipids ( $r=0.48$ ,  $p=0.10$ ) support the observed increase in the concentrations of this variable with increasing temperature. Nevertheless, no significant correlation was found between proteins and carbohydrates concentrations and temperature, which suggests that the synthesis of these components is made independently from this factor. Oxygen dissolved and nitrogen intervene equally in the synthesis of lipids.

## **Dynamique des populations microphytobenthiques couplée à leur composition biochimique au sein du réservoir Allal El Fassi (Maroc)**

Populations dynamic of microphytobenthics coupled with metabolic parameters in Allal El Fassi reservoir (Morocco)

L. DAMIRI\*, M. ALAOUI MHAMDI, J. BAHOU

---

### **SUMMARY**

Most of the works achieved so far in semi-arid lakes have been focused especially on the dynamics, structure and metabolic of phytoplankton. However, this issue has not been addressed in term of metabolic microphytobenthic cells activity. With an aim increasing the relative scientific knowledge relating to the functioning of lacustrine ecosystems in the Maghreb for which the data are still very fragmentary, special attention has been granted to the study of the microphytobenthos metabolism, by means of determining essential cellular constituents (carbohydrates, proteins and lipids) of the reservoir Allal El Fassi.

The Allal El Fassi reservoir is about 47 km of Fez. It was built in 1992, and is 7 km long, 0.7 km wide and 34 m maximum depth. The reservoir is classed as mesotrophic and used for irrigation, recreation and to supply drinking water.

The study was conducted between August 1996 and July 1997. Samples were taken vertically from the deepest point of the reservoir by means of a Van-Dorn sampler from seven depths: Near the surface, - 2 m, - 5 m, - 10 m, - 15 m, - 20 m and close to the bottom. The samples were analysed for physical, chemical and metabolism of Diatom. Analysis of Nitrogen and phosphate was done following Golterman method and oxygen dissolved by the Winkler method.

---

Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, faculté des sciences Dhar El Mehraz, département de biologie, laboratoire d'écologie générale et hydrobiologie, BP 1796. Atlas, Fès, Maroc.

\* Correspondance. E-mail : laila.damiri@caramail.com

Les commentaires seront reçus jusqu'au 31 mars 2003.

Given the advantage that presents the artificial substrata (polyethylene leaves) for sample of periphyton, we have opted for the utilization of these substrata similar to these already used by WATANABE *et al.* (1988). These substrata are submerged during four weeks at different depths.

The evaluation of the microphytobenthic biomass has been carried out according to the method of LOHMAN (1908) after enumerations to the microscope Olympus following the technique of LECLERCQ (1984).

The dosage of the carbohydrates has been undertaken according to the method of MOAL *et al.* (1985), while concentrations of proteins have been determined according to the method of LOWRY (1951) and lipids have been extracted according to the method chloroform/methanol.

The results show that microphytobenthic biomass presents important fluctuations since extreme values are respectively  $0.25 \cdot 10^4 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$  and  $14.95 \cdot 10^4 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ .

Carbohydrates and lipids concentrations (mean =  $4.52 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$  and  $2.27 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ , respectively) are clearly less high than those of proteins (mean =  $81.84 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ ). This result indicates that the metabolism of the microphytobenthos of the Allal El Fassi reservoir is oriented towards the preferential protein synthesis. The vertical distribution of proteins, carbohydrates and lipids concentrations shows a well marked stratification, maximal concentrations generally recorded between 0 and 5 m. These high concentrations are attributed to the development of *Nitzschia*, *Navicula*, *Cymbella*, *Cyclotella*, *Melosira* and *Cocconeis*.

Proteins and carbohydrates concentrations were significantly correlated ( $r = 0.84$ ,  $p = 0.01$  at 0m and  $r = 0.52$ ,  $p = 0.10$  at 5 m). On the opposite, concentrations of lipids have no correlation neither with those of proteins, nor with those of the carbohydrates.

The correlation between the lipids concentrations and the microphytobenthic biomass, is highly significant ( $r = 0.48$ ,  $p = 0.10$ ). This correlation results notably into the fact that lipids visualise well the evolution of the microphytobenthic biomass. However, no significant correlation was found between proteins, carbohydrates concentrations and biomass microphytobenthic.

Many works prove the influences of some environmental factors namely light intensity and the temperature on the biochemical composition of the microphytobenthic. In this way, we observe that in period of high temperature, the synthesis of lipids is important. The positive correlation between temperature and lipids ( $r = 0.48$ ,  $p = 0.10$ ) support the observed increase in the concentrations of this variable with increasing temperature. Nevertheless, no significant correlation was found between proteins and carbohydrates concentrations and temperature, which suggests that the synthesis of these components is made independently from this factor. Oxygen dissolved and nitrogen intervene equally in the synthesis of lipids.

**Key-words:** *reservoir, microphytobenthic, carbohydrates, proteins, lipids.*

## RÉSUMÉ

L'étude du métabolisme des populations microphytobenthiques par le biais des principaux constituants cellulaires à savoir les glucides, les protéines et les lipides a été réalisée du mois d'août 1996 au mois de juillet 1997 au sein du réservoir Allal El Fassi, situé sous climat semi-aride.

Les résultats issus d'un échantillonnage sur substrats artificiels permettent de montrer que :

- la température, l'oxygène, l'azote et le phosphore influencent l'orientation métabolique des populations microphytobenthiques ;

- les plus fortes concentrations en glucides, en protéines et en lipides correspondent à des populations estivales ;
- les lipides sont susceptibles de fournir une estimation satisfaisante de la biomasse microphytobenthiques ;
- le métabolisme du microphytobenthos s'oriente vers la synthèse préférentielle des protéines.

**Mots clés :** réservoir, microphytobenthos, lipides, protéines, glucides.

## 1 – INTRODUCTION

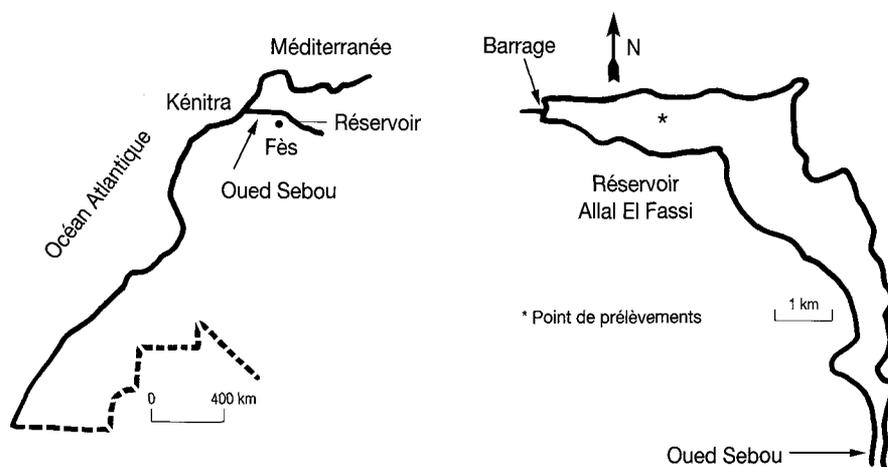
Ces dernières décennies, la connaissance du déterminisme du processus de l'eutrophisation affectant les écosystèmes limniques marocains est considérée comme l'un des enjeux majeurs. Dans cette optique, de nombreuses études ont été réalisées afin de comprendre le fonctionnement de ces plans d'eau : elles concernent essentiellement la structure et la distribution des peuplements phytoplanctoniques et zooplanctoniques de ces écosystèmes (ABOUZAID et FOUTLANE, 1986 ; ALAOUI *et al.*, 1996 ; BOUHADDIOUI, 1997 ; JABARI, 1998 ; LOUDIKI, 1990 ; MALKI, 1994), mais il n'en est pas de même pour le microphytobenthos et en particulier son métabolisme pour lequel les données sont encore inexistantes.

À ce propos, il est à noter que plusieurs travaux ont montré l'intérêt de l'étude du métabolisme cellulaire des algues (BAHHOU et ALAOUI, 1999 ; BOURDIER, 1986 ; BOURDIER et AMBLARD, 1988 ; LÉVEILLÉ *et al.*, 1997 ; MAURIN *et al.*, 1995 ; PLANCHARD *et al.*, 1999). D'après ces auteurs les principaux constituants cellulaires à savoir les protéines, les glucides et les lipides sont considérés comme des descripteurs de la biomasse du peuplement phytoplanctonique et des indicateurs de l'état et de l'activité physiologiques des algues.

Le but de ce travail est donc d'étudier la dynamique et la composition biochimique des populations microphytobenthiques par le biais des constituants cellulaires majeurs au sein du réservoir Allal El Fassi.

## 2 – PRÉSENTATION DU SITE

Le réservoir Allal El Fassi, situé dans une zone semi-aride (34° N, 5°40'W) sur l'Oued Sebou à 47 km de la ville de Fès (*figure 1*), est mis en eau en 1992. Ayant un volume de 84 Mm<sup>3</sup> et une profondeur maximale de 34 m, ce lac mésotrophe (BOUHADDIOUI, 1997) est destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable.



**Figure 1** Localisation géographique du réservoir Allal El Fassi.  
*Allal El Fassi geographic location.*

### 3 – MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les campagnes de prélèvement ont été réalisées du mois d'août 1996 à juillet 1997. Les échantillons d'eau ont été prélevés à la verticale du point le plus profond à l'aide d'une bouteille de type Van-Dorn aux profondeurs suivantes : près de la surface, - 2 m, - 5 m, - 10 m, - 15 m, - 20 m et près du fond.

Les paramètres abiotiques analysés sont : la température, l'oxygène dissous (méthode de WINKLER), les composés phosphorés et azotés. Ces derniers sont dosés selon les méthodes préconisées par GOLTERMAN *et al.* (1978).

Concernant le choix de la technique d'échantillonnage et de la nature du substrat, des essais préliminaires ont montré que la composition du peuplement microphytobenthique prélevé sur substrat naturel (galets) et sur substrat artificiel (feuilles de polyéthylène) présente une grande similitude ; le coefficient de rang de SPEARMAN est de 0,75 entre les deux types de peuplement. Étant donné l'avantage que présente les substrats artificiels (forme et taille constante, faible dégradation, choix de la durée et de la profondeur optimale d'immersion), nous avons opté pour l'utilisation des substrats similaires à ceux déjà utilisés par CAPBLANCQ et CASSAN (1979), DAUTA (1978), GALVIN-CHABRIÈRE et CAZAUBON (1983) et WATANABE *et al.* (1988). Ces substrats sont immergés pendant quatre semaines aux profondeurs déjà citées.

L'évaluation de la biomasse microphytobenthique a été effectuée selon la méthode de LOHMAN (1908) après énumérations au microscope Olympus suivant la technique de LECLERCQ (1984).

Le dosage des glucides a été effectué selon la méthode de DUBOIS *et al.* (1956) modifié par MOAL *et al.* (1985), alors que les concentrations en protéines

ont été déterminées selon la méthode de LOWRY (1951). Les lipides ont été extraits selon la méthode chloroforme/méthanol (FOLCH *et al.*, 1956) et dosés par colorimétrie (AMENTA, 1964).

#### 4 - RÉSULTATS

La répartition spatiotemporelle de la biomasse microphytobenthique montre la présence de deux pics, le premier en été 1996 ( $12,18 \cdot 10^4 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) et le deuxième en été 1997 ( $14,95 \cdot 10^4 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ). Les valeurs les plus élevées sont fréquemment enregistrées dans la zone 0-5 m. Au niveau de cette dernière, les concentrations sont comprises entre  $2,75 \cdot 10^4 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  et  $14,95 \cdot 10^4 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  (moyenne  $\pm$  écart-type =  $6,67 \cdot 10^4 \pm 3,58 \cdot 10^4 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), tandis qu'au niveau du fond les valeurs sont faibles et atteignent  $0,25 \cdot 10^4 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$  (figure 2).

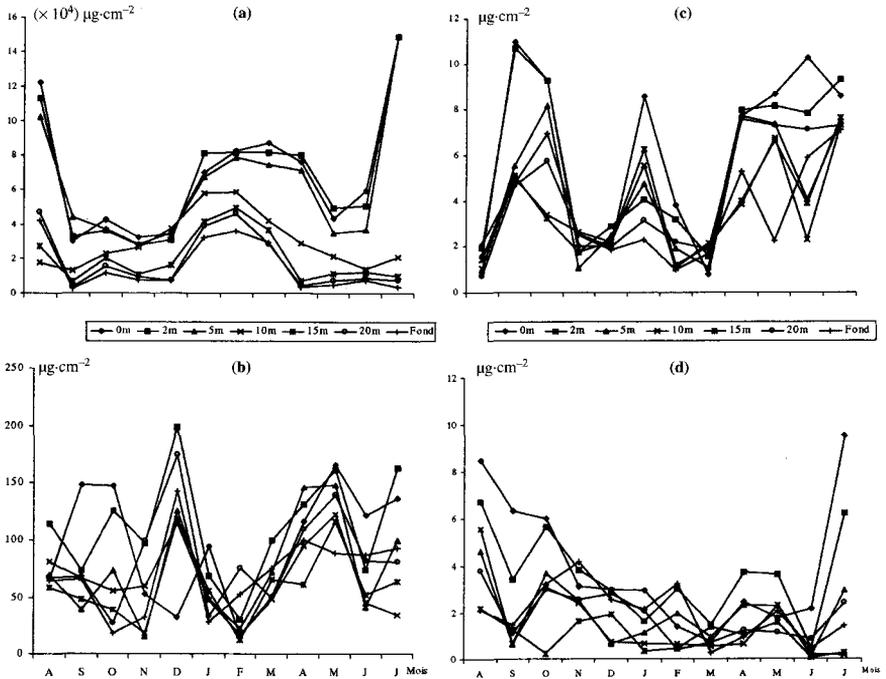
Les concentrations en protéines (valeurs extrêmes : 12,08 et 199,27  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ , moyenne  $\pm$  écart-type =  $81,84 \pm 46,56 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) sont nettement plus élevées que celles des glucides (valeurs extrêmes : 0,70 et 10,97  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ , moyenne  $\pm$  écart-type =  $4,52 \pm 2,87 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) et des lipides (valeurs extrêmes : 0,08 et 9,54  $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ , moyenne  $\pm$  écart-type =  $2,27 \pm 1,89 \mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) (figure 2).

Les concentrations les plus élevées en protéines, en glucides et en lipides sont enregistrées au cours de la période estivale et automnale lors du développement de *Nitzschia*, *Navicula*, *Cymbella*, *Cyclotella*, *Melosira* et *Cocconeis*. En outre, les concentrations maximales des trois principaux constituants sont enregistrées dans la zone 0-5 m. Au niveau des couches superficielles les variations spatiotemporelles des concentrations en glucides sont à peu près comparables à celles des protéines ( $r = 0,84$ ,  $p = 0,01$  et  $0,52$ ,  $p = 0,10$ , respectivement à 0 et à 5 m), mais il n'en est pas de même pour les lipides qui évoluent différemment, les coefficients de corrélation étant non significatifs. Toutefois, nous remarquons une nette diminution des concentrations en lipides pendant la période du brassage des eaux.

Au niveau de la zone trophogène, les concentrations en lipides présentent une corrélation positive et significative avec la biomasse ( $r = 0,48$ ,  $p = 0,10$ ). À l'opposé, les concentrations en protéines et en glucides sont corrélées négativement et de manière significative avec la biomasse au niveau des couches profondes ; les coefficients de corrélation sont respectivement de  $-0,47$  ( $p = 0,10$ ) et  $-0,68$  ( $p = 0,01$ ).

Par ailleurs, nous notons l'existence de relations significatives entre les facteurs physicochimiques et les composants biochimiques. Les lipides sont corrélés avec la température ( $r = 0,48$ ,  $p = 0,10$ ), l'oxygène dissous ( $r = -0,48$ ,  $p = 0,10$ ) et l'azote total ( $r = -0,49$ ,  $p = 0,10$ ). Le phosphore présente une corrélation significative avec les protéines ( $r = 0,55$ ,  $p = 0,05$ ), les glucides ( $r = 0,51$ ,  $p = 0,10$ ) et les lipides ( $r = 0,48$ ,  $p = 0,10$ ).

Les concentrations maximales, minimales, moyennes et écarts-types de l'ensemble des paramètres abiotiques (température, oxygène, azote total et phosphore total) sont représentées dans le tableau 1.



**Figure 2** Variations spatiotemporelles des concentrations de la biomasse (a), des protéines (b), des glucides (c) et des lipides (d).  
*Spatio-temporal of biomass (a), proteins (b), carbohydrates (c) and lipids (d) concentrations.*

## 5 - DISCUSSION

La synthèse des lipides est gouvernée par la température comme en témoignent les corrélations entre ces deux paramètres, mais il n'en est pas de même pour les glucides et les protéines dont la synthèse se fait indépendamment de ce facteur. À l'opposé, BAHOU *et al.* (1998) ont montré l'implication de la température dans la synthèse des glucides et des protéines et non dans celle des lipides chez le phytoplancton. En outre, il est à noter que la synthèse des lipides dépend aussi de l'oxygène dissous, des ressources azotées et phosphorées. En effet, la relation inverse entre les lipides et l'oxygène dissous montre l'utilisation massive de ces réserves par les populations microphytobenthiques surtout pendant la période de brassage quand les eaux sont oxygénées. La relation inverse entre les lipides et l'oxygène dissous, d'une part, et les ions ammonium, d'autre part, est due vraisemblablement à la synthèse des polysaccharides membranaires par les algues afin de résister aux conditions défavorables du milieu. Cette synthèse devient importante lorsque les ressources azotées sont limitantes dans le milieu (MC GINNIS *et al.*, 1997). L'influence des paramètres physicochimiques sur la synthèse des principaux constituants cellulaires des algues

**Tableau 1** Valeurs minimales, maximales, moyennes et écarts types des différents paramètres physicochimiques et biologiques.

**Table 1** *Minimal, maximal, mean values and standard deviation of different parameters.*

	Min.	Max.	Moy.	Écart-type
T (°C)	11	27,50	17,88	3,98
O <sub>2</sub> (mg.L <sup>-1</sup> )	0	9,77	6,20	3,09
NT (mg.L <sup>-1</sup> )	0,08	3,79	1,46	0,57
PT (mg.L <sup>-1</sup> )	0,01	0,18	0,04	0,03
Biomasse (× 10 <sup>4</sup> µg.cm <sup>-2</sup> )	2,54	14,95	4,08	3,46
Protéines (µg.cm <sup>-2</sup> )	12,08	199,27	81,84	46,56
Glucides (µg.cm <sup>-2</sup> )	0,70	10,97	4,52	2,87
Lipides (µg.cm <sup>-2</sup> )	0,08	9,54	2,27	1,90

a déjà été rapportée par d'autres auteurs (BAHOU et ALAOUI MHAMDI, 1999 ; GIBSON, 1984 ; GORDILLO *et al.*, 1998 ; SMITH et MORRIS, 1980 ; ZHU *et al.*, 1997).

Les concentrations des protéines sont beaucoup plus élevées que celles des glucides et des lipides, indiquant que le métabolisme des populations microphytobenthiques s'oriente vers la synthèse préférentielle des protéines. Ce résultat est différent de celui observé dans d'autres lacs (STRIQUER-SOARES et CHEVOLOT, 1996).

La relation négative des glucides et des protéines avec la biomasse est significative au niveau des couches profondes. Ceci pourrait être expliqué soit par les conditions de stress régnant dans les couches profondes (manque de lumière et/ou de nutriments) favorisant la synthèse des glucides et des protéines au profit des lipides, soit par le développement de mécanisme de défense visant à limiter le broutage. D'après BIGGS et CLOSE (*in* BRUNET, 2000), les diatomées peuvent provoquer une exfoliation de la communauté en dégradant la matrice polysaccharide en cas de surbroutage.

L'étude du métabolisme des populations microphytobenthiques permet de constater que les lipides peuvent être considérés comme de bons descripteurs de la biomasse. Des résultats différents ont été obtenus pour le phytoplancton du même réservoir (BOUHADDIOUI, 1997). D'après cet auteur, ce sont les glucides et les protéines qui donnent une bonne estimation de la biomasse. Toutefois, l'absence d'une corrélation entre la biomasse, les protéines et les glucides n'indique pas l'absence d'un effet direct du microphytobenthos sur ces composantes mais plutôt à la dépendance de ces métabolites au changement de l'état physiologique de ces organismes.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions la Direction régionale d'hydraulique (Fès, Maroc) pour nous avoir permis de travailler sur le site d'Allal El Fassi.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABOUZAID H., FOUTLANE A., 1986. L'eutrophisation de quelques lacs réservoirs au Maroc. *Rev. Maroc. génie civ. Trav. Pub.*, 9, 4-58.
- ALAOUI MHAMDI M., ALEYA L., BAHHOU J., 1996. Nitrogen compounds and phosphate of the Driss I reservoir (Morocco): input, output and sedimentation. *Hydrobio.*, 335, 75-82.
- AMENTA J.S., 1964. A rapid chemical method for quantification of lipids separated by thin layer chromatography. *J. Lip. Res.*, 5, 270-272.
- BAHOU J., ALAOUI MHAMDI M., ALEYA L., 1998. Annual changes in the biochemical composition of the phytoplankton in the Idriss 1<sup>st</sup> reservoir (Fès, Morocco). *XXVII S.I.L. Congress water of life*, Ireland, Dublin, 9-14 August 1998.
- BAHOU J., ALAOUI MHAMDI M., 1999. Évolution nyctémérale des composantes biochimiques du phytoplancton de la retenue du barrage Idriss premier (Fès, Maroc). *J. Chim. Phys.*, 96, 339-351.
- BIGGS B.J.F., CLOSE M.E., 1989. Periphyton biomass dynamics in gravel bed rivers: the relative effects of flows and nutrients. In: BRUNET C., 2000. *Effets interactifs d'une forte charge en éléments nutritifs et de la vitesse du courant sur la communauté périphtyque : Étude des canaux artificiels*. Th. Doct., Université Claude Bernard, n° 91, 186 p.
- BOUHADDIoui A., 1997. Bilans biogéochimiques de l'azote et du phosphore et dynamique des populations phytoplanctoniques de la retenue du barrage Allal El Fassi. *Th. 3<sup>e</sup> cycle*, Université SMBA, 188 p.
- BOURDIER G., 1986. Composition en acides gras des principales structures lipidiques d'un phytoplancton lacustre. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 302, Série II, n° 16.
- BOURDIER G., AMBLARD C., 1988. Variabilités verticales et temporelles des acides gras d'un phytoplancton lacustre au cours d'un cycle nyctéméral. *Hydrobio.*, 157, 57-68.
- CAPLANCQ J., CASSAN M., 1979. Étude du périphtyton d'une rivière polluée (L'AGOUT). 1 : Structure et développement des communautés sur substrats artificiels. *Annal. Limnol.*, 15 (2), 193-210.
- DAUTA A., 1978. Colonisation de substrats artificiels dans la retenue de Malause. *Cah. lab. de Montereau*, 7, 41-46.
- FOLCH J., LEES M., SLOANE-STANLEY G.H., 1956. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- GALVIN-CHABRIERE N., CAZAUBON A., 1983. Étude du périphtyton d'un secteur pollué d'une rivière varoise, l'Argens. Évolution spatiale du peuplement algale en période d'intense pollution. *Annal. Limnol.*, 19 (3), 169-178.
- GIBSON C.E., 1984. A comparison of captured and circulating phytoplankton by means of carbohydrate content and its relation to oxygen evolution. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22, 627-631.
- GOLTERMAN H.L., CLYMO R. S., OHNSTAD M.A.M., 1978. Methods for physical and chemical analyses of freshwaters. IBP Manual N° 8 (second edition). Blackwell Scientific Publication, Oxford.
- GORDILLO F.J.L., GOUTX M., FIGUEROA F.L., XAVIER NIELL F., 1998. Effects of light intensity, CO<sub>2</sub> and nitrogen supply on lipid class composition of *Dunaliella viridis*. *J. Appl. Phycol.*, 10, 135-144.
- JABARI E., 1998. Structure et dynamique des populations zooplanctoniques de la retenue de barrage Allal El Fassi. *Th. 3<sup>e</sup> cycle*, Université SMBA, 191 p.
- LECLERCQ L., 1984. Étude écologique des rivières du nord du massif ardennais (belg.). 2. Typologie des milieux naturels. *Th. Doct.*, Université Liège, 329 p.
- LÉVEILLÉ J.C., AMBLARD C., BOURDIER G., 1997. Fatty acids as specific algal markers in a natural lacustrine phytoplankton. *J. Plank. Res.*, 19 (4), 469-490.
- LOHMAN H., 1908. Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen gehaltes des meeres an plancton. *Wiss. Meeresunters., abt. Kiel N.F.*, 10, 132-170.
- LOUDIKI M., 1990. Étude limnologique d'un hydrosystème récemment aménagé

- dans la région de Marrackech (Maroc). *Th. Doct. d'état*, Université Aix Marseille III, 353 p.
- LOWRY O.H., ROSEBROUGH N.J., FARR A.L., RANDALL R.J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol.Chem.* 193, 265-275.
- MALKI M., 1994. Étude de la communauté phytoplanctonique et des caractéristiques physicochimiques des eaux du lac réservoir Al Massira. *Th. Doct. d'état*, Université Hassan II, 287 p.
- MAURIN N., AMBLARD C., BOURDIER G., 1995. Vertical and seasonal variations of inorganic carbon allocation into macromolecules by phytoplankton population in a brown-colored and a clear-water lake. *Hydrobio.*, 300/301, 57-70.
- MC GINNIS K.M., DEMPSTER T.A., SOMMERFELD M.R., 1997. Characterization of the growth and lipid content of the diatom *Chaetoceros muelleri*. *J. App. Phycol.*, 9, 19-24.
- MOAL J., SAMAIN J.F., LE COZ J.F., DANIEL J.Y., 1985. Protéines, glucides et lipides particuliers : aspects méthodologiques. *Oceanis*, 11, 487-502.
- PLANCHARD C., DESVILLETES C., BOURDIER G., AMBLARD C., 1999. Variations de la composition en acides gras du matériel particulaire lacustre répartie en 3 classes de taille. *Bull. Soc. Linn. Bordeaux*, 27, fascicule spécial, 151 p.
- SMITH A.E., MORRIS I., 1980. Synthesis of lipid during photosynthesis by phytoplankton of the Southern ocean. *Science*, 207, 197-199.
- STRIQUER-SOARES F., CHEVOLOT L., 1996. Particulate and dissolved carbohydrates and proteins in Lobo reservoir (Sao Paulo, Brazil): relationships with phytoplankton. *J. Plank. Res.*, 18 (4), 521-537.
- WATANABE T., CAPBLANCQ J., DAUTA A., 1988. Utilisation des bioessaies « *in situ* » (substrat artificiels) pour caractériser la qualité des eaux de rivière à l'aide du périphyton. *Annal Limnol.*, 24 (2), 111-125.
- ZHU C.J., LEE Y.K., CHAO T.M., 1997. Effects of temperature and growth phase on lipid and biochemical composition of *Isochrysis galbana* TK1. *J. App. Phycol.*, 9, 451-457.