

Article

« Eutrophisation des eaux des retenues des barrages Smir et Sehla (maroc) : causes, conséquences et consignes de gestion »

Y. El Ghachtoul, M. Alaoui Mhamidi et H. Gabi

Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 18, 2005, p. 75-89.

Pour citer cet article, utiliser l'information suivante :

URI: <http://id.erudit.org/iderudit/705577ar>

DOI: 10.7202/705577ar

Note : les règles d'écriture des références bibliographiques peuvent varier selon les différents domaines du savoir.

Ce document est protégé par la loi sur le droit d'auteur. L'utilisation des services d'Érudit (y compris la reproduction) est assujettie à sa politique d'utilisation que vous pouvez consulter à l'URI <https://apropos.erudit.org/fr/usagers/politique-dutilisation/>

Érudit est un consortium interuniversitaire sans but lucratif composé de l'Université de Montréal, l'Université Laval et l'Université du Québec à Montréal. Il a pour mission la promotion et la valorisation de la recherche. Érudit offre des services d'édition numérique de documents scientifiques depuis 1998.

Pour communiquer avec les responsables d'Érudit : info@erudit.org

Eutrophisation des eaux des retenues des barrages Smir et Sehla (Maroc) : causes, conséquences et consignes de gestion

Eutrophication of the Smir and Sehla reservoirs (Morocco): causes, consequences and tools to aid in water management

Y. EL GHACHTOUL^{1*}, M. ALAOUI MHAMDI², H. GABI³

Reçu le 11 novembre 2003, accepté le 15 février 2005**.

SUMMARY

In Morocco, many reservoirs have known water quality problems due to the different pollution sources to which they are subjected. One of the consequences of this situation is the enrichment of the water by nutrients (such as phosphorus and nitrogen), leading to eutrophication. This phenomenon causes ecological imbalance with an excessive development of algae and a high oxygen demand in the bottom of lakes.

Since the end of the 1980s, the Directorate of Water Research and Planning has been conducting a water quality monitoring program in reservoirs to understand the eutrophication phenomenon and to suggest solutions in order to reduce its possible impacts.

In this paper we present the results of a case study of eutrophication in two reservoir lakes: the Smir reservoir, located in northern Morocco with a capacity of approximately 43 million m³, and the Sehla reservoir, located in north-eastern Morocco with a capacity of approximately 62 millions m³. The Smir reservoir is used to supply potable water for the northern coastal region, whereas the Sehla reservoir supplies potable water to the city of Taounate and as well protects the reservoir Lake Al Wahda.

The results comprise a data set for a special experimental water quality monitoring program intended to monitor the evolution of physical, chemical and biological parameters along a vertical profile at the deepest point of the reservoirs. Samples were collected from 1993 to 1998 for Smir, and from 1996 to 1998 for Sehla.

-
1. École Hassania des Travaux Publics, Département de l'Hydraulique, Route d'El Jadida km 15, Casablanca, Maroc.
 2. Faculté des Sciences D'har El Mehrez, Département de Biologie, Fès, Maroc.
 3. Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau, Rue H.-Ben Chekroun, Agdal, Rabat, Maroc.

* Correspondance: elghachtoul@ehtp.ac.ma

** Les commentaires seront reçus jusqu'au 31 mai 2006.

The physical-chemical, transparency and total phosphorus parameters do not appear to reflect the trophic status for these reservoir lakes located in the hot regions of semiarid areas. Indeed the solid particles were not bio-available for phytoplankton. However the chlorophyll concentration appears to be representative and indicative of increases in algal growth. The trophic state of the two reservoir lakes was addressed and a comparison of water quality was carried out in relation to different considered measurements.

Keywords: *eutrophication, reservoir-lake, semi-arid, Morocco.*

RÉSUMÉ

Au Maroc, plusieurs retenues de barrages connaissent des problèmes de dégradation de leur qualité d'eau due essentiellement aux différentes sources de pollution. L'une des conséquences de cette situation est l'enrichissement de l'eau par les nutriments (N et P) indicateur d'un état avancé de l'eutrophisation. Ce phénomène provoque un déséquilibre de l'écosystème avec un développement anarchique d'algues et une consommation intense de l'oxygène au fond des lacs.

La Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau a conduit depuis la fin des années 80 un programme de surveillance de la qualité des eaux des retenues de barrage dans le but de proposer des solutions pour réduire ses conséquences.

Le présent travail consiste à présenter les résultats de l'eutrophisation des eaux de deux retenues de barrages : Smir située au nord du Maroc qui sert à alimenter la zone côtière entre Tétouan et Sebta en eau potable, et Sehla située au Nord-Est du Maroc qui sert à alimenter la ville de Taounate en eau potable et protéger la grande retenue Al Wahda contre l'envasement et l'eutrophisation.

Les résultats concernent l'exploitation des données physico-chimiques et biologiques selon un profil vertical de profondeur. Entre 1993 et 1998 pour Smir et entre 1996 et 1998 pour Sehla.

Les paramètres physico-chimiques, transparence et phosphore total ne semblent pas être de bons descripteurs de la qualité des eaux de ces retenues se trouvant dans les zones semi-arides du fait de l'importance de la charge solide particulière non bio-disponible pour le phytoplancton. Par contre la concentration en chlorophylle « a » semble être représentative du niveau trophique puisqu'elle donne une idée réelle du développement algale.

Un état trophique des deux lacs réservoirs est dressé, et une comparaison de la qualité des eaux est faite en tenant compte des différentes mesures prises par le gestionnaire de la ressource en eau pour atténuer le phénomène de l'eutrophisation.

Mots clés : *eutrophisation, lac-réservoir, semi-aride, Maroc.*

1 – INTRODUCTION

Au Maroc, pays à climat semi-aride, l'approvisionnement en eau potable et industrielle est assuré essentiellement par les eaux de surface. Depuis les années soixante, une quarantaine de grands barrages ont été construits. Si la construction de ces ouvrages constituait bien une nécessité pour garantir, en

toute saison, l'approvisionnement en eau indispensable à notre pays, il convenait de contrôler et de sauvegarder la qualité des eaux retenues par ces barrages.

Plusieurs retenues de barrages connaissent donc des problèmes de la dégradation de leur qualité d'eau dû essentiellement aux différentes sources de pollution. S'ajoute aussi le processus naturel de l'érosion du sol apportant différents éléments qui peuvent être à l'origine de l'altération de la qualité de l'eau. L'une des conséquences de cette situation est l'enrichissement de l'eau par les nutriments (P et N) indicateur d'un état avancé de l'eutrophisation. Ce phénomène provoque un déséquilibre de l'écosystème avec un développement anarchique d'algues et une consommation intense de l'oxygène au fond des lacs.

Afin de mieux comprendre ce phénomène et de proposer des solutions pour réduire ses conséquences, la Direction de la Recherche et de la Planification de l'eau (DRPE) a conduit depuis la fin des années 80 un programme de surveillance de la qualité des eaux des principales retenues de barrage.

Le présent travail consiste à présenter les résultats de l'eutrophisation des eaux des deux retenues de barrages : Smir située au nord du Maroc qui sert à alimenter la zone côtière entre Tétouan et Sebta en eau potable, et Sehla située au nord-est du Maroc qui sert à alimenter la ville de Taounate en eau potable.

Les résultats concernent l'exploitation des données physico-chimiques et biologiques selon un profil vertical de profondeur. Entre 1993 et 1998 pour Smir et entre 1996 et 1998 pour Sehla.

Une comparaison de la qualité des eaux est faite en fonction des différentes mesures prises par les gestionnaires pour atténuer le phénomène.

Dans la littérature, l'immense majorité des travaux relatifs à l'eutrophisation ont concerné les lacs des régions tempérées (ALAOUI, 1985 ; EL GHACHTOUL, 1987 ; ALEYA, 1992).

Le fonctionnement d'une retenue de barrage est caractérisé par l'importance des flux hydriques advectifs de sortie (ABOUZAID & FOUTLANE, 1986 ; AFDALI, 1993 ; ALAOUI MHAMDI *et al.*, 2003 ; MALKI, 1994 ; DERRAZ, 1995 ; AÏT SALAH, 1997).

La comparaison des lacs tempérés et des lacs-réservoirs de climat chaud tels que les retenues de barrage du Maroc à dominante climatique semi-aride, montre que ces derniers se distinguent par des caractéristiques hydrologiques, physico-chimiques et biologiques particulières (LOUDIKI, 1990 ; LOUDIKI *et al.*, 1994 ; CHERRIFI & LOUDIKI, 2002). Parmi les facteurs déterminants, l'imprévisibilité du climat (crues brutales, épisodes de sécheresse et d'étiage très variables) et l'irrégularité des apports en eau et en matières allochtones occupent une place prépondérante.

2 – MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Description des lacs-réservoirs étudiés

Les réservoirs étudiés Smir et Sehla sont localisés, respectivement dans les bassins versants Smir et Sehla (figure 1). Leurs caractéristiques morphométriques et hydrologiques sont brièvement résumées dans le tableau 1.

Le barrage Smir, construit sur l’oued Smir, est situé à environ 30 km au nord de la ville de Tétouan et a été mis en en eau en 1991. Il sert exclusivement à alimenter en eau potable la ville de Tétouan et un nombre important de centres d’estivage (M’diq, Martil, Restinga, Capo Negro et Fnideq). La population desservie est de l’ordre de 300 000 habitants. À la cote normale (43,5 NGM), le volume de la retenue est de 43 Mm³ et sa superficie est de 4,7 km².

La retenue du barrage Smir est située dans un bassin versant à couverture végétale moyenne qui permet, suite à son érosion par les pluies, de mobiliser d’énormes quantités de matière en suspension et d’éléments nutritifs vers le lac-réservoir.

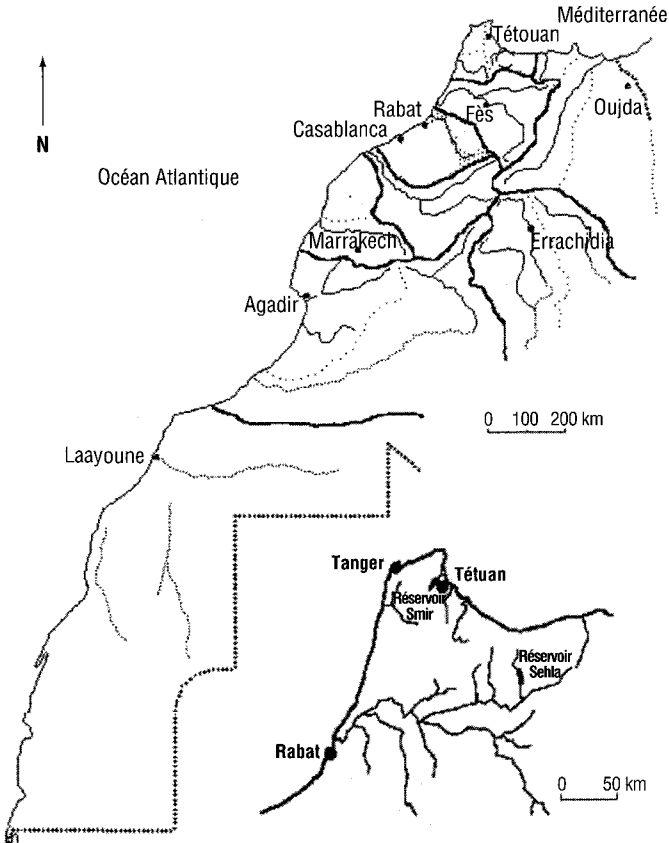


Figure 1 Situation géographique des lacs étudiés.
The geographical location of the studied reservoirs.

Tableau 1 Caractéristiques morphométriques et hydrologiques des lacs réservoirs étudiés.**Table 1** *Morphometric and hydrologic characteristics of the studied reservoirs.*

Réservoir	Smir	Sehla
Date de mise en eau	1991	1994
Cote normale de la retenue	43.50 NGM	372NGM
Capacité globale de la retenue	43 Mm ³	62 Mm ³
Apports moyens annuels	31	56
Surface de la retenue	4,7 km ²	3,4 km ²
Profondeur moyenne de la retenue	15 m	21 m
Fonction	Eau potable	Eau potable/Irrigation/ Protection Barrage Wahda
Cours d'eau	Smir	Sehla
Ville la plus proche	Tétouan	Taounate

Le régime hydraulique des affluents est caractérisé par une irrégularité permettant à la retenue de recevoir tous ces apports en liquides annuels en quelques semaines et de devenir par la suite une masse d'eau stagnante favorable au phénomène d'eutrophisation.

La retenue du Barrage Sehla est située sur l'oued Sehla, affluent de l'oued Ourgha à environ 5 km au nord-ouest de la ville de Taounate. Elle sert à l'alimentation en eau potable et industrielle de la ville de Taounate et des centres riverains, au développement de l'irrigation des périmètres agricoles avoisinants et à la protection du Barrage Al Wahda contre l'envasement. Ses apports sont assurés essentiellement par l'Oued Sehla. Cependant, l'auto-épuration des rejets des eaux usées s'avère insuffisante. Il en découle un enrichissement de la retenue au fur et à mesure par les polluants organiques contenus dans les eaux usées.

La méthodologie et le matériel utilisé sont présentés sous forme résumée dans le tableau 2.

Tableau 2 Matériel et méthodes.**Table 2** *Materials and methods.*

Prélèvements d'eau	Bouteille type Van Dorn de 2,5 litres de capacité
Profondeurs échantillonnées	- 0,5 m, - 2 m, - 6 m, - 10 m, - 15 m et fond pour Smir - 0,5 m, - 2 m, - 6 m, - 10 m, - 15 m, - 20 m et fond pour Sehla
Température (°C)	Thermomètre à mercure
Oxygène (mg.l ⁻¹)	Méthode Winkler et oxymètre
Transparence	Disque de Secchi
Matières en suspension (MES) (mg.l ⁻¹)	Filtration sur filtre 0,45 µm ou centrifugation à 6 000 trs.mn ⁻¹ en fonction de la concentration de l'échantillon puis séchage à l'étuve à 105 °C
P- PO ₄ ³⁻ , N-NO ₃ ⁻ , Fe, Mn	Normes Afnor (1994)
chl.a	Extraction à l'acétone

3 – RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Smir

Du point de vue régime thermique, les eaux de la retenue Smir se caractérisent par une stratification qui s'étale de juin à septembre (figure 2). Globalement, les valeurs de température oscillent entre 11 et 28,5 °C en surface et entre 10,5 et 22,5 °C au fond.

Le pH de l'eau demeure légèrement alcalin. Les valeurs varient globalement entre 6,30 et 8,97 (figure 3). Les plus fortes valeurs sont enregistrées en zone superficielle, en raison d'une importante activité photosynthétique. La plus forte valeur est enregistrée en mai 1996.

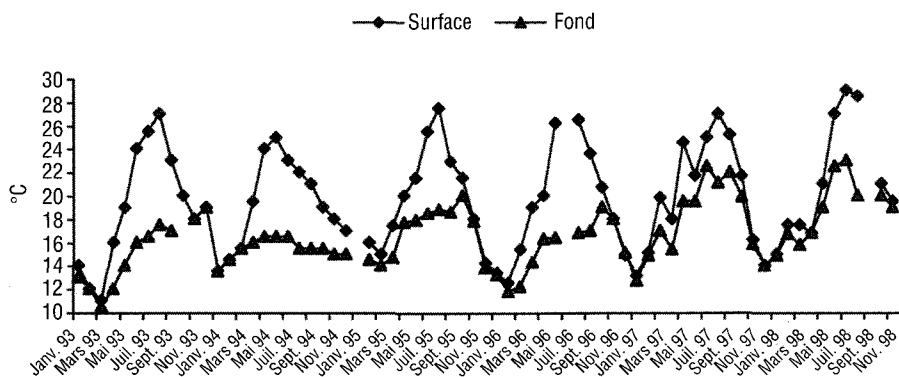


Figure 2 Variation de la température des eaux de la retenue Smir.
The variation of water temperature in the Smir reservoir.

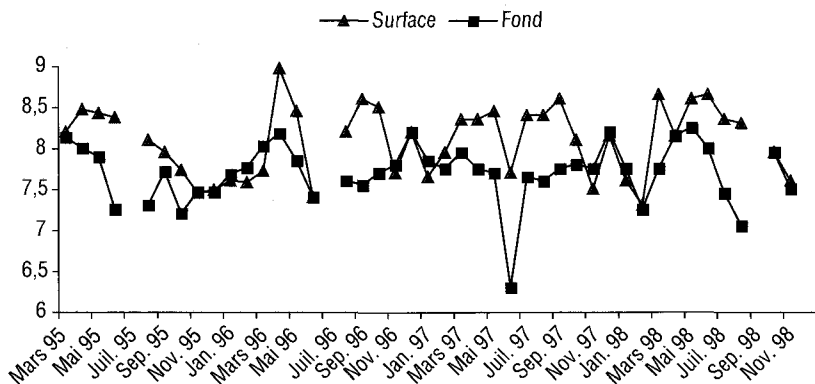


Figure 3 Variation du pH des eaux de la retenue Smir.
The variation of water pH in the Smir reservoir.

La transparence de l'eau varie d'une façon irrégulière et dépend des manifestations hydrologiques et du développement des biomasses algales. Les eaux de la retenue sont relativement transparentes et la profondeur de disparition du disque de Secchi atteint jusqu'à 3,8 m en juin 1998 (figure 4).

La figure 5 montre que les couches superficielles de la retenue sont bien oxygénées durant la période d'étude et le pourcentage de saturation varie entre 40 et 151 %. Quant aux eaux des couches profondes, elles subissent des fluctuations importantes au cours du cycle et varient entre des valeurs nulles (à partir du printemps) et 130 % de saturation.

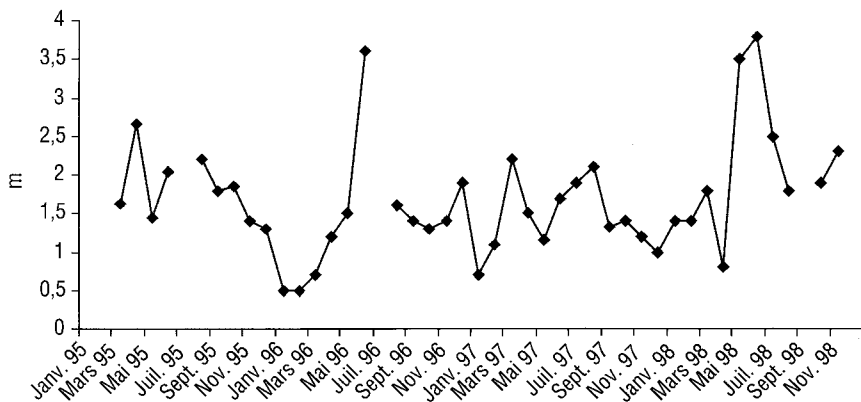


Figure 4 Variation de la transparence des eaux de la retenue Smir (disque du Secchi).

The variation of water transparency in the Smir reservoir (Secchi disk).

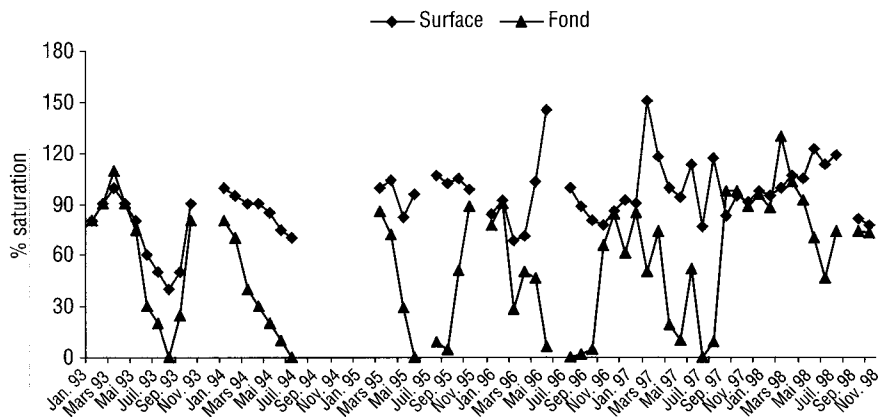


Figure 5 Variation de l'oxygène dissous dans la retenue Smir (% de saturation).

The variation of dissolved oxygen in the Smir reservoir (saturation %).

Les concentrations en manganèse au fond oscillent entre des valeurs inférieures à la limite de détection de la méthode utilisée et 3,03 mg/l (figure 7). Les fortes valeurs sont dues au relargage du manganèse en provenance des sédiments dans les conditions anoxiques. La plus forte valeur est enregistrée en octobre 1997.

Les concentrations en chlorophylle « a » varient fortement avec la profondeur. Les valeurs les plus élevées sont obtenues dans les couches superficielles (figure 6). Celles-ci oscillent entre des valeurs nulles à 27,6 µg/l (juin 1994).

Les paramètres physico-chimiques, transparence et phosphore total ne semblent pas être de bons descripteurs de la qualité des eaux de ces retenues se trouvant dans les zones semi-arides du fait de l'importance de la charge solide particulière non bio-disponible pour le phytoplancton. Dans les zones tempérées, d'après Meybeck (1976) le flux des matières dissoutes est largement supérieur aux matières solides.

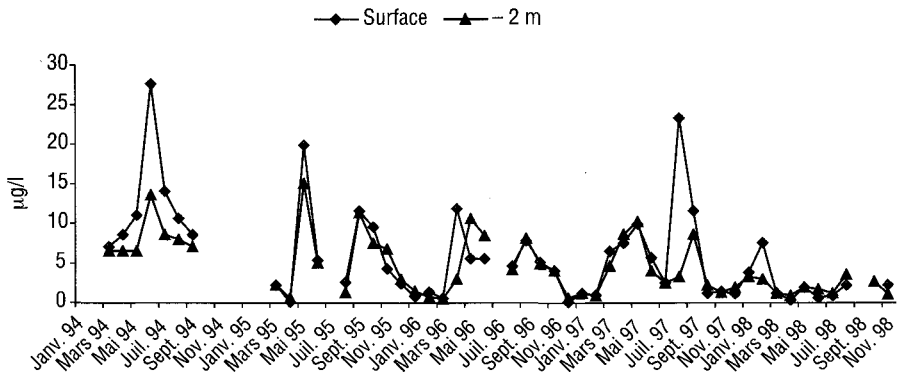


Figure 6 Variation de la chlorophylle « a » dans la retenue Smir.
The variation of chlorophyll "a" in the Smir reservoir.

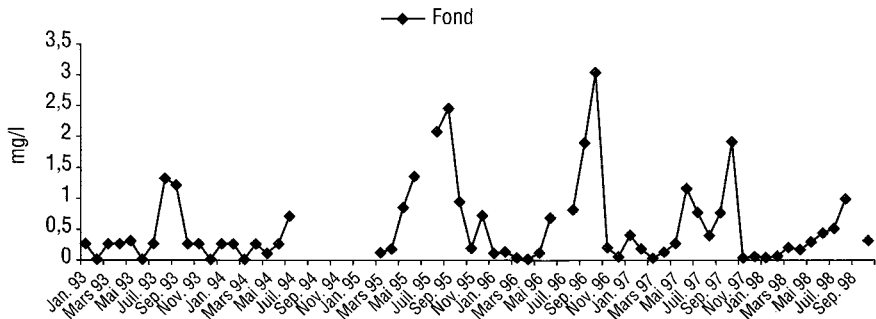


Figure 7 Variation du manganèse dans la retenue Smir.
The variation of manganese in the Smir reservoir.

Par contre la concentration en chlorophylle « a » semble être représentative du niveau trophique puisqu'elle donne une idée réelle du développement algale. À cet effet le lac réservoir Smir est classé méso-eutrophe en 1993 avec une concentration moyenne en chlorophylle « a » de 9,7 µg/l et maximale de 27,6 µg/l. Alors qu'il est oligomésotrophe en 1998 avec une concentration moyenne en chlorophylle « a » de 2 µg/l et maximale de 7,5 µg/l.

Une amélioration de la qualité des eaux de cette retenue est donc constatée :

- La concentration moyenne en chlorophylle passe de 9,7 µg/l en 1993 à 2 µg/l en 1998.
- La concentration maximale en chlorophylle passe de 27,6 µg/l en 1993 à 7,5 µg/l en 1998.
- La concentration en manganèse diminue au fond de la retenue en 1998 (absence de pic de Mn).
- Le fond de la retenue reste relativement oxygéné en 1998.

Cette amélioration de la qualité des eaux de la retenue Smir s'explique par les différentes actions entreprises conjointement par les gestionnaires de l'eau (DRPE et ONEP). Parmi les actions menées, on peut citer :

3.2 Vidange partielle d'automne

La vidange partielle en automne des eaux des couches profondes riches en matières organiques et présentant un très fort déficit en oxygène dissous est effectuée chaque année ce qui a permis une amélioration de la qualité de l'eau brute et en conséquence une gestion relativement aisée de la station de traitement.

Aussi dans le but d'améliorer davantage la qualité des eaux brutes de la retenue Smir d'une part et de rétablir un équilibre écologique compatible avec l'usage d'AEP d'autre part surtout que la retenue Smir est caractérisée par l'absence d'une population ichtyologique, ce qui a nécessité de combiner avec la solution précitée l'option biologique qui consiste à empoissonner la retenue étant donné que l'expérience menée sur certains milieux lacustres a présenté des résultats concluants quant à l'amélioration de la qualité de l'eau. C'est ainsi qu'en 1994, une opération d'empoissonnement de la retenue a été réalisée par l'introduction de :

- 200 000 carpes argentées de Chine *Hypophthalmichthys molitrix*, poisson le plus utilisé dans la lutte biologique contre la prolifération algale.
- 25 000 carpes communes *Cyprinus carpio* : ce poisson ne consomme pas les algues mais remue la vase du fond et augmente la turbidité de l'eau, réduisant ainsi la photosynthèse et donc la multiplication des algues.
- 25 000 carpes herbivores *Ctenopharyngodon idella* : poisson consommateur des macrophytes qui prolifèrent dans certains endroits de la retenue.

Les actions précitées entreprises par les gestionnaires de l'eau ont non seulement contribué à l'amélioration de la qualité des eaux brutes de la retenue Smir et entravé le processus d'eutrophisation, mais aussi à la réduction du coût de traitement de l'eau potable.

3.3 Sehla

Du point de vue régime thermique, les eaux de la retenue Smir se caractérisent par une stratification qui s'étale de juin à septembre (figure 8). Globalement, les valeurs de température oscillent entre 11 et 27,5 °C en surface et entre 10 et 20 °C au fond.

Les eaux de la retenue sont constamment alcalines. Les valeurs varient globalement entre 7,10 et 8,9 (figure 9). Les plus fortes valeurs sont enregistrées en zone superficielle.

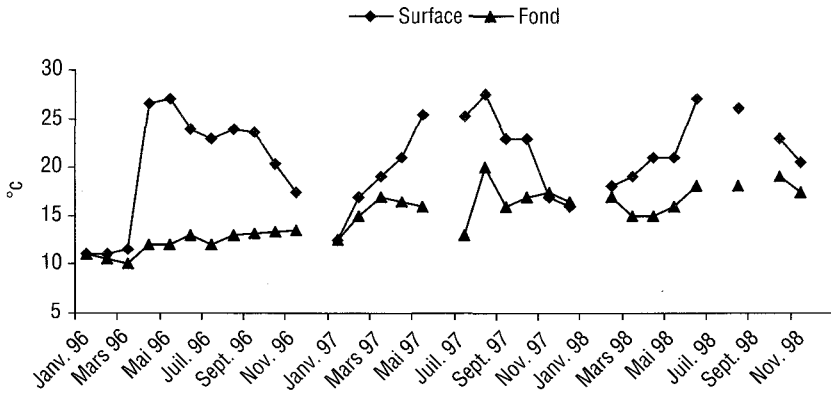


Figure 8 Variation de la température des eaux de la retenue Sahla.
The variation of water temperature in the Sahla reservoir.

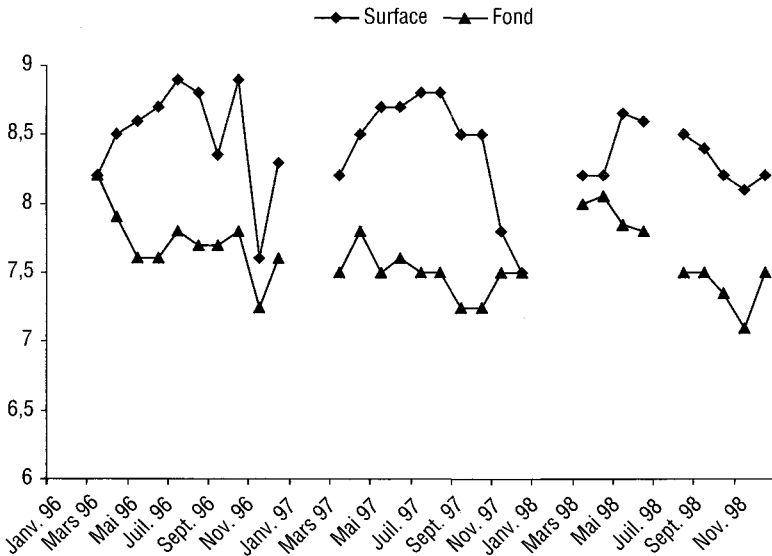


Figure 9 Variation du pH des eaux de la retenue Sahla.
The variation of water pH in the Sahla reservoir.

La transparence de l'eau varie d'une façon irrégulière. Les eaux de la retenue sont peu transparentes et la profondeur de disparition du disque de Secchi dépasse rarement 3 m (figure 10).

La figure 11 montre que les couches superficielles de la retenue sont bien oxygénées durant la période d'étude et le pourcentage de saturation varie entre 62 et 150. Quant aux eaux des couches profondes, elles subissent des fluctuations importantes au cours du cycle et varient entre des valeurs nulles (à partir du printemps) et 110 % de saturation.

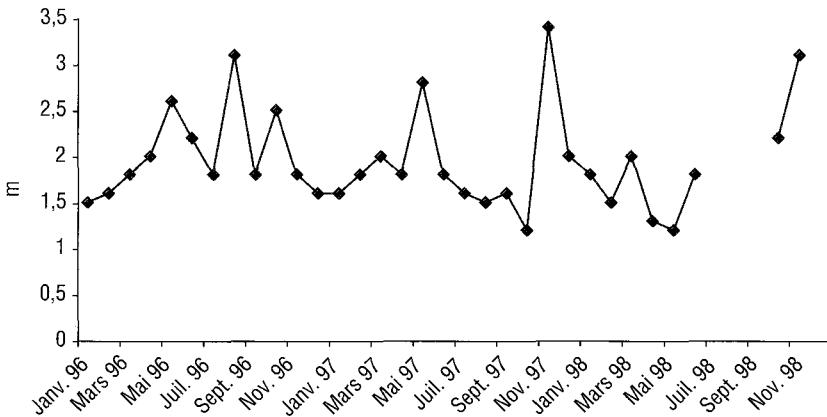


Figure 10 Variation de la transparence des eaux de la retenue Sahla (disque du Secchi).

The variation of water transparency in the Sahla reservoir (Secchi disk).

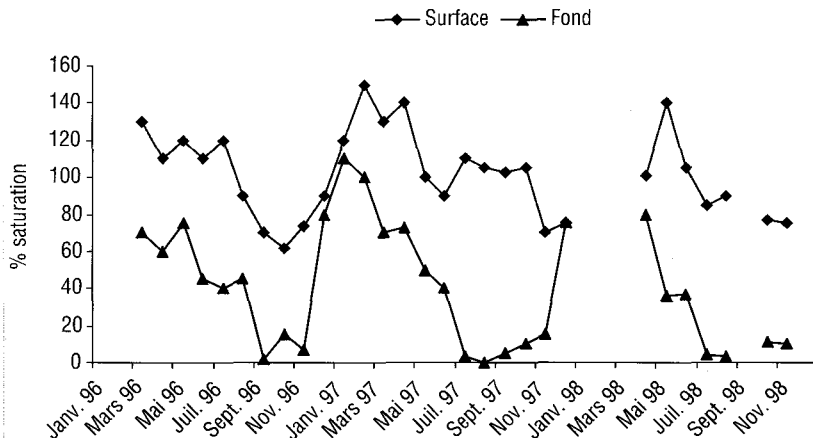


Figure 11 Variation de l'oxygène dissous dans la retenue Sahla (% de saturation).

The variation of dissolved oxygen in the Sahla reservoir (saturation %).

Les concentrations en manganèse au fond oscillent entre des valeurs inférieures à la limite de détection de la méthode utilisée et 0,8 mg/l (figure 13). Les fortes valeurs sont dues au relargage du manganèse en provenance des sédiments dans les conditions anoxiques. La plus forte valeur est enregistrée en mai 1997.

Les teneurs en chlorophylle « a » varient fortement avec la profondeur. Les valeurs les plus élevées sont obtenues dans les couches superficielles (figure 12). Celles-ci oscillent entre des valeurs nulles et 85 µg/l (août 1997).

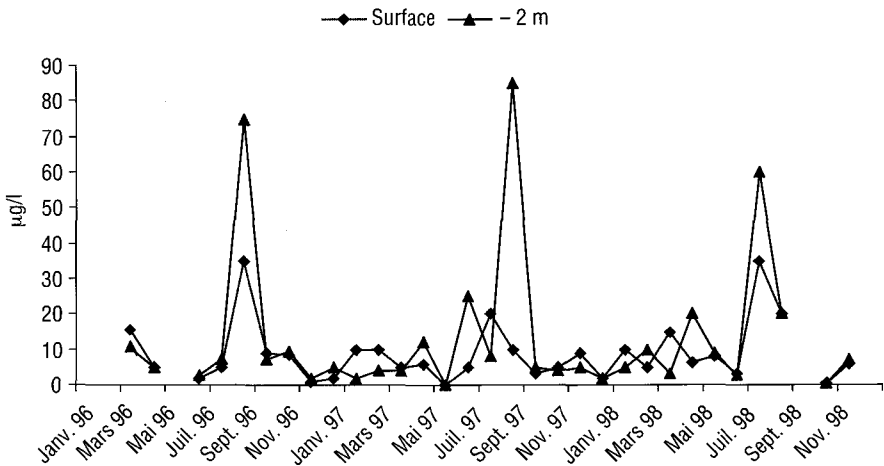


Figure 12 Variation de la chlorophylle « a » dans la retenue Sahla.
The variation of chlorophyll "a" in the Sahla reservoir.

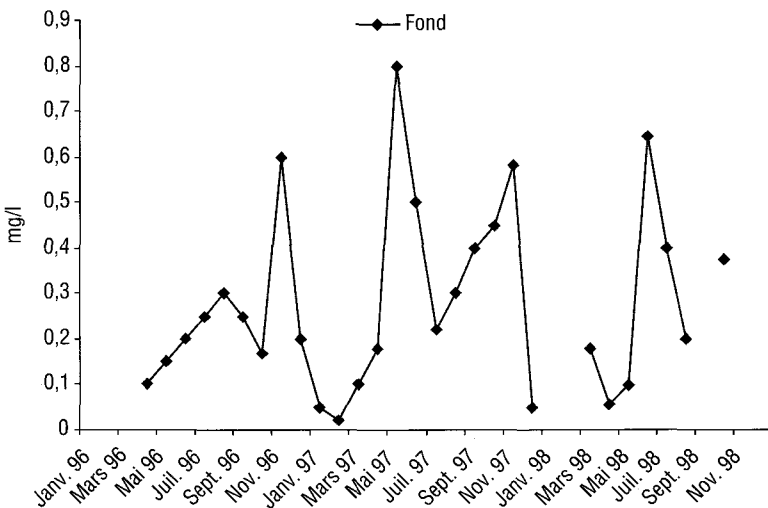


Figure 13 Variation du manganèse dans la retenue Sahla.
The variation of manganese in the Sahla reservoir.

Le lac réservoir Sehla est classé hyper-eutrophe à eutrophe pendant toute la période d'observation (1996-1997-1998) avec une concentration moyenne en chlorophylle « a » de 6,5 µg/l et maximale de 85 µg/l au cours de l'année 1997. Les pics de manganèse restent toujours présents durant toute la période d'observation ainsi que l'anoxie au fond pendant la période d'été.

La qualité des eaux de cette retenue ne s'améliore pas, malgré les différentes actions entreprises comme la vidange partielle en automne des eaux des couches profondes riches en matières organiques et les opérations d'empoissonnement de la retenue par l'introduction de 300 000 carpes (les mêmes espèces introduites dans la retenue Smir) en 1996.

Cette dégradation de la qualité des eaux de la retenue Sehla est due essentiellement aux activités anthropiques suivantes :

- Les eaux usées domestiques de la ville de Taounate qui se déversent dans la retenue du barrage Sehla sans épuration préalable. Le débit des eaux usées de la partie nord-ouest de la ville de Taounate est estimé entre 2 et 4 l/s hors campagne oléicole.
- Les margines issues des activités de cinq huileries totalisant une production de 71 m³/j et dont les rejets atteignent les eaux de la retenue pendant les campagnes oléicoles (décembre-avril).
- L'érosion, l'utilisation intensive des engrais et la pratique de l'élevage constituent également des sources de pollution de la qualité des eaux de la retenue.

En 1996, 1997 et 1998, années plus humides, la transparence moyenne est relativement plus élevée qu'en 1995 (année sèche) alors que le niveau des lacs-réservoirs était exceptionnellement bas.

Les apports liquides importants entraînent généralement une augmentation de la turbidité des eaux et une grande instabilité hydrologique limitant ainsi le développement planctonique. Plusieurs travaux ont montré l'influence négative des MES sur le taux de filtration des Cladocères. FRETWELL (1987) et MART (1992) précisent que l'effet des MES sur la croissance, la maturité et la fécondité des Daphnies est plus négatif que celui sur la nourriture (phytoplancton). D'autres auteurs (ARRUDA *et al.*, 1983 ; KIRK, 1991) rajoutent que la turbidité au niveau des lacs-réservoirs est l'un des facteurs affectant la croissance ainsi que la composition de la communauté zooplanctonique.

Les caractéristiques hydrologiques spécifiques aux lacs-réservoirs ont participé avec les différentes actions menées par le gestionnaire de la ressource en eau à l'amélioration de la qualité des eaux de la retenue Smir, d'autant plus que la charge solide particulière apportée par ces apports est non bio-disponible pour le phytoplancton. Ce n'est pas le cas des eaux du lac-réservoir Sehla à cause des différents rejets domestiques, industriels et agricoles précités.

4 – CONCLUSION

Les résultats présentés dans cette article relatifs aux deux lacs réservoirs Smir et Sehla constituent une contribution à la compréhension de la structure du réseau trophique des lacs-réservoirs marocains situés en climat chaud.

Les paramètres physico-chimiques ne semblent pas être de bons descripteurs de la qualité des eaux de ces retenues se trouvant dans les zones semi-arides du fait de l'importance de la charge solide particulaire non bio-disponible pour le phytoplancton. Par contre la concentration en chlorophylle « a » semble être représentative du niveau trophique puisqu'elle donne une idée réelle du développement algal. L'évolution du statut trophique semble être principalement déterminée par les fluctuations des conditions climatiques.

La majorité des travaux relatifs à l'eutrophisation des eaux des retenues de barrage ont concerné les régions tempérées et les modèles mathématiques sont applicables à ces régions où le phénomène d'érosion mécanique des bassins versants est moins important.

Pour les études à venir il serait souhaitable de dresser des critères de classification pour les retenues situées en zones semi-arides afin d'avoir une représentation plus exacte de ses méthodes. De plus en intégrant plusieurs descripteurs physico-chimiques, biologiques et hydrologiques, on peut établir un modèle pour ce type de retenue.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient les deux lecteurs anonymes pour leurs critiques et commentaires pertinents dont la rédaction de ce texte a bénéficié.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABOUZAIID H. & FOUTLANE A., 1986. L'eutrophisation de quelques lacs-réservoirs au Maroc. *Revue Marocaine du Génie Civil et des Travaux Publics*, 9 (83) : pp 35-39.
- AFDALI M., 1993. Contribution à l'étude du comportement du phosphore dans le lac réservoir Hassan 1^{er} (Maroc) : spéciation, dynamique et biodisponibilité du phosphore particulaire des sédiments. *Thèse de 3^e cycle, Université Cadi Ayad, Marrakech*. 135 p.
- AFNOR, 1994. Recueil des normes françaises : Qualité de l'eau. Environnement, Paris.
- AÏT SALAH L., 1997. Organisation et structures des communautés zooplanctoniques de la retenue Youssef Ibn Tachfine (Sud du Maroc). *Thèse de 3^e cycle, Université Ibn Zohr, Fac. Sc. Agadir*, 146 p.
- ALAOUI MHAMDI M., 1985. Dynamique des populations et évolution métabolique du phytoplancton d'un lac eutrophe (lac d'Aydat, Puy de dôme, France). *Thèse de 3^e cycle, Université Blaise Pascal de Clérmont Fd*, 203 p.
- ALAOUI MHAMDI B., RAOUI S.M., ALAOUI MHAMDI M., DERRAZ K., 2003. Activité de la phosphatase alcaline bactérienne à l'interface eau-sédiment au sein du réservoir Sehla (Maroc). *Rev. Sci. Eau* 16(3), 305-316.
- ALEYA L., 1992. The seasonal succession of phytoplankton in an eutrophic lake through the coupling of biochemical composition of particulates, metabolic parameters and environmental conditions. *Archives für Hydrobiologia*. Vol. 124(1), pp. 69-88.
- ARRUDA J.A., MARZOLF G.R., FAULK R.T., 1983. The role of suspended sediments in the nutrition of zooplankton in turbid reservoirs. *Ecology*, 64, 1225-1235.
- CHERIFI O., LOUDIKI M., 2002. Variations de la structure du lac-réservoir oligotrophe Bin El Ouidane (Maroc). *Rev. Sci. de l'Eau* 15,1, 193-208
- DERRAZ M., 1995. Étude de l'eutrophisation de la retenue du barrage El Kansera. *Th. Doct. D'État es Sciences Biologie, Fac. Sc. Meknes*, 150 p.
- EL GHACHTOUL Y., 1987. Dynamique des populations des copépodes d'un lac eutrophe du massif central français : « le lac d'Aydat » vie active et vie latente. *Thèse de 3^e cycle, Université Blaise Pascal de Clérmont Fd*, 137 p.
- FRETWELL S.D., 1987. Food chain dynamics. *The central theory of ecology. Oikos*, 50, 291-303.
- KIRK K.L., 1991. Inorganic particles alter competition in grazing plankton: the role of selective feeding. *Ecology*, 72, 915-923.
- LANDNER, L. & U. WAHLGREEN, 1986. L'eutrophisation des lacs-réservoirs en climats chaud. O.M.S., P.N.U.D., 170 pp.
- LOUDIKI M., 1990. Étude limnologique d'un hydrosystème récemment aménagé dans la région de Marrakech (Maroc). *Th. Doct. D'État, Univ. Aix-Marseille III*, 353 p.
- LOUDIKI M., BOUTERFAS R., MOUHRI K., 1994. Dynamique et évaluation des apports du bassin versant et de l'état trophique du lac-réservoir Hassan I (Maroc). *Rev. Fac. Sci. Marrakech*, 8, 45-57.
- MALKI M., 1994. étude de la communauté phytoplanktonique et des caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac réservoir Al Massira (Maroc). *Th. Doc. Univ. Hassan II, Faculté des Sciences Ain Chock Casablanca*, 288p.
- MART R.C., 1992. Experimental studies of food and suspended sediment effects on growth and reproduction of six planktonic Cladocerans. *J. Plankton Res.*, 10, 1425-1448.
- MEYBECK M., 1976. Total mineral dissolved transport by world major rivers. *Bull. Sci. Hydrol. XXI* : 265-284.
- RODIER J., 1984. L'analyse de l'eau. Édit. Dunod. 1365 pp.