

Variabilité des descripteurs physiques, chimiques et phytoplanctonique dans des étangs d'alevinage (station de la Deroua, Béni-Mellal, Maroc)

Physical, chemical and phytoplankton variability in fry ponds (Deroua farm, Beni-Mellal, Morocco)

M. HASNAOUI^{1,4*}, S. SOUISSI², J. KASSILA¹, M. DROUSSI³,
M. LOUDIKI⁴, G. BALVAY⁵

SUMMARY

In fry ponds at Deroua farm, the phytoplankton was represented by a temporal succession of taxa groups.

This study showed a similar variability of physical and chemical parameters in fishponds. The statistical analysis proved a variability of these parameters depending of human interventions.

At the end of fry period, the phosphorus concentration in B3 and B4 ponds allowed a development of Cyanobacteria.

Key-words: *fry ponds, phytoplankton, Cyanobacteria, statistical analysis.*

RÉSUMÉ

Dans les étangs d'alevinage à la station de la Deroua, le phytoplancton est représenté par des populations se succédant dans le temps.

Ces étangs montrent une similarité vis-à-vis de la variabilité des descripteurs de la qualité de l'eau. Les résultats statistiques montrent une variabilité des paramètres physiques et chimiques dépendant des interventions anthropiques.

-
1. Laboratoire d'écologie appliquée, Département des sciences biologiques et agronomiques. Faculté des sciences et techniques, BP 523, 23000 Béni-Mellal, Maroc.
 2. Univ. Lille 1, France.
 3. Station de pisciculture de la Dérroua, Direction des eaux et forêts et de la conservation des sols, BP 64, 23000 Béni-Mellal, Maroc.
 4. Laboratoire d'algologie, Département de biologie, Faculté des sciences Semlalia, BP 2390, Marrakech, Maroc.
 5. Station d'hydrobiologie lacustre, Inra, BP 511, 74203 Thonon-les-Bains cedex, France.

* Correspondance. E-mail : must_hasnaoui@yahoo.com

Les commentaires seront reçus jusqu'au 31 mars 2003.

Les deux étangs B3 et B4 présentent des groupements phytoplanctoniques plus importants avec un développement de Cyanobactéries en fin du cycle d'alevinage lié à une forte biodisponibilité du phosphore dissous.

Mots clés : peuplement, phytoplancton, Cyanobactéries, alevinage, traitement statistique.

1 – INTRODUCTION

La production piscicole dans les étangs dépend de la qualité chimique et physique des eaux ; ces paramètres permettent de caractériser les potentialités de production et d'envisager des améliorations de la qualité des eaux afin d'offrir au poisson un milieu plus favorable à sa survie et sa croissance (BILLARD, 1995). Par ailleurs, une stimulation du développement du plancton peut renseigner sur les capacités de production de l'étang (BARBE *et al.*, 1999).

Une étude a été entreprise sur les étangs de la Deroua au cours de la campagne d'alevinage 1997 pour suivre la variabilité, d'une part, des paramètres retenus pour l'analyse de la qualité de l'eau et, d'autre part, des taxons phytoplanctoniques majeurs entrant dans le fonctionnement du réseau trophique.

2 – MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Présentation du site

La station de la Deroua est située à 25 km à l'Ouest de la ville de Béni-Mellal (Maroc). Elle dispose d'étangs en terre, identiques, de 2 000 m² de surface et de 1,5 m de profondeur répartis en deux séries (A et B). Leur alimentation en eau se fait à partir de l'eau de la nappe phréatique et de celle du lac réservoir Bin El Ouidane situé à 50 km au Sud-Ouest de la ville de Béni-Mellal.

Ces étangs sont destinés à la production des carpillons pour l'empoissonnement des grands ouvrages hydrauliques du pays.

2.2 Interventions

Durant la campagne d'alevinage de 1997, l'expérimentation a porté sur quatre étangs, un étang de la série A (A5) et trois de la série B (B3, B4 et B5).

Après une période d'assez qui a duré 9 jours à 1 mois et demi selon les étangs, période durant laquelle les étangs sont traités au Dipterex (insecticide) pour détruire sélectivement les insectes, copépodes et cladocères sans affecter le développement des rotifères.

Après la mise en eau, ces étangs sont fertilisés à raison de 25 kg à l'hectare de superphosphate triple (45 % de P₂O₅) et d'urée (46 % d'N), par épandage à

la volée, selon différentes modalités (un apport en A5, deux en B3 et B4, et quatre en B5).

La reproduction artificielle est réalisée dans des bacs à l'écloserie, les alevins de carpe (taille : 5 à 7 mm) sont ensuite déversés dans les étangs.

Les étangs B3, B4 et B5 sont empoissonnés, respectivement par 615 000, 460 000 et 400 000 alevins de *Hypophthalmichthys molitrix* alors que l'étang A5 reçoit 400 000 carpillons de *Cyprinus carpio*.

2.3 Paramètres physiques et chimiques

2.3.1 Eau

Les paramètres de la qualité de l'eau influençant la production piscicole en étang ont été suivis au cours de cette campagne. Les échantillons ont été récoltés du 13 avril au 29 juin (le 13 et 30 avril, le 17, 19 et 24 mai et le 2, 10, 15 et 29 juin) sur toute la colonne d'eau à l'aide d'un tube en PVC de 10 cm de diamètre et 1,8 m de longueur en cinq points de l'étang entre 10 h et midi. La période d'alevinage n'est pas identique au niveau de tous les étangs étudiés.

Une étude de prééchantillonnage a permis de conclure que les cinq stations retenues (*figure 1*) suffisent pour assurer, en terme de représentativité, une bonne estimation des variables physiques, chimiques et biologiques dans ces étangs (KASSILA, 2000). L'accès à la station du centre a été effectué à l'aide d'une petite barque.

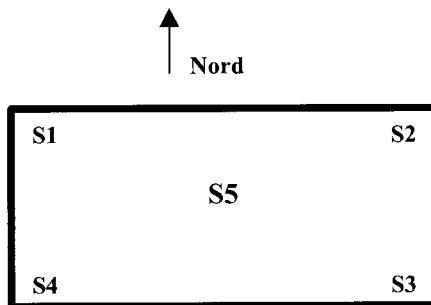


Figure 1 Disposition des stations de prélèvements dans les étangs de pisciculture de la Deroua.

Disposition of sampled sites in Deroua fishponds.

Les paramètres physiques et chimiques analysés dans l'eau sont :

- la température : thermomètre à mercure à 0,1 °C de précision ;
- le pH : pH-mètre de terrain type Bio Block Scientific 93301 équipé d'une électrode BS 90433 ;
- l'alcalinité (en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) : TA par virage de la phénolphtaleine à pH 8,2, TAC par virage du méthyle orange à pH 4,5 ;
- l'oxygène dissous (en $\text{mg O}_2\cdot\text{L}^{-1}$) : méthode de Winkler (Afnor T90-106) ;

- la dureté totale (en mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$) : complexométrie à l'EDTA N/50 après addition du noir d'ériochrome et une solution tampon à pH 10 (RODIER, 1984) ;
- la dureté calcique (en mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$) : complexométrie à l'EDTA N/50 après addition du Murexide à pH 12 (RODIER, 1984) ;
- l'ammonium (en mg $\text{N} \cdot \text{L}^{-1}$) : méthode colorimétrique au bleu d'indophénol (Afnor T90-015) ;
- les nitrates (en mg $\text{N} \cdot \text{L}^{-1}$) : méthode au salicylate de sodium (RODIER, 1984) ;
- les orthophosphates (en mg $\text{P} \cdot \text{L}^{-1}$) : formation d'un complexe phosphomolybdique absorbant à 700 et à 880 nm après réduction à l'acide ascorbique (Afnor T90-023).

2.3.2 Phytoplancton

La densité phytoplanctonique a été régulièrement déterminée à partir du dénombrement cellulaire effectué à l'aide d'un microscope inversé selon la méthode d'UTERMÖHL (1958) modifiée par LEGENDRE et WATT (1972). La quantité prélevée pour la détermination taxinomique est de 0,5 L d'eau.

La teneur en chlorophylle a a été déterminée suivant la méthode spectrophotométrique de LORENZEN (1967) après filtration de 0,5 L d'eau sur membrane Whatman GF/C de 1,2 μm de porosité.

La détermination des taxons a été réalisée à l'aide des ouvrages suivants : ANAGNOSTIDIS et KOMAREK (1989) (Cyanobactéries), FÖRSTER (1982) (Desmidiacées), KOMAREK et FOTT (1983) (Chlorococcales), KRAMMER et LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, b) (Diatomophycées), PESTALOZZI (1961) (Volvocales), STARMACH (1966, 1974, 1983) (Cyanobactéries, Dinophycées, Euglénophycées).

Les filaments, cénobes et colonies sont considérés comme un seul individu. Les résultats sont exprimés en cellules, colonies et filaments par litre.

2.4 Traitement statistique des données

2.4.1 Traitement des données physiques et chimiques

Le but de ce traitement est de comparer globalement la distribution des valeurs des différents paramètres physiques et chimiques mesurés (température, pH, oxygène dissous, alcalinité, calcium, dureté totale, N-NH_4 , N-NO_3 , P-PO_4 , chlorophylle a et densité algale) dans les deux séries de 4 étangs chacune. Pour chaque étang, nous avons préparé une seule matrice composée de 11 descripteurs (11 colonnes des paramètres mesurés) et de n observations (nombre de mesures dans l'espace et dans le temps). Par la suite nous avons utilisé les représentations graphiques de « box et whiskers plot » pour comparer les distributions des valeurs de chaque paramètre pour les 4 étangs de chaque campagne. Le trait horizontal indique la médiane, la boîte indique la distribution de 50 % des valeurs entre le quartile supérieur (75 %) et le quartile inférieur (25 %). Les traits verticaux qui prolongent des boîtes représentent la distribution de 95 % de données. La dissymétrie des données est indiquée par une

médiane non centrée dans la boîte. L'intervalle de confiance au seuil de 95 % est représenté par l'entaille dans la boîte. Quand les entailles ne se superposent pas, les médianes sont considérées significativement différentes. Enfin les différences entre les étangs ont été évaluées en utilisant le test statistique de Wilcoxon.

Les différentes étapes de l'analyse ont été réalisées sous l'environnement MATLAB.

2.4.2 Traitement des données du phytoplancton

Les 24 taxons les plus abondants dans les étangs (abondance relative supérieure à 40 %) ont été retenus pour des analyses statistiques de similarité. Une seule matrice par étang et par campagne a été construite. La structure de cette matrice est similaire à celle des paramètres physiques et chimiques, où les descripteurs représentent les taxons qui ont été observés dans l'étang. Après une transformation logarithmique des abondances relatives, ce qui stabilise la variance des descripteurs, une classification hiérarchique en mode R permettant d'identifier les assemblages de taxons phytoplanctoniques (LEGENDRE et LEGENDRE, 1998) a été effectuée. L'indice de similarité de Bray-Curtis et le regroupement hiérarchique flexible (LEGENDRE et LEGENDRE, 1998) ont été programmés sous l'environnement MATLAB, ceci nous permet d'obtenir 4 dendrogrammes (1 par étang) pour chaque campagne.

Tableau 1 Caractéristiques physiques et chimiques des eaux de remplissage des étangs d'alevinage en 1997.

Table 1 *Physical and chemical characteristics of ground and loud water during fry period (1997).*

	Eau de la nappe phréatique	Eau du lac réservoir Bin El Ouidane
pH	7,3 ± 0,3	7,6 ± 0,4
Cond. élect (µS/cm)	970 ± 11,6	477 ± 12,4
Alcalinité (mg CaCO ₃ ·L ⁻¹)	643 ± 181	292 ± 71
Chlorures (mg Cl ⁻ ·L ⁻¹)	95 ± 19	60 ± 7,2
Calcium (mg Ca ²⁺ ·L ⁻¹)	89 ± 17	46 ± 4
Magnésium (mg Mg ²⁺ ·L ⁻¹)	39 ± 8	14 ± 2,5
N-NO ₂ (mg N·L ⁻¹)	0,01 ± 0,002	0,022 ± 0,02
N-NH ₄ (mg N·L ⁻¹)	0,3 ± 0,4	0,004 ± 0,008
N-NO ₃ (mg N·L ⁻¹)	11 ± 0,8	1,3 ± 0,4
P-PO ₄ (mg P·L ⁻¹)	0,14 ± 0,1	0,11 ± 0,09

3 – RÉSULTATS

Les caractéristiques physiques et chimiques de l'eau de nappe et du lac réservoir Bin El Ouidane sont données dans le *tableau 1*. L'eau de nappe est

plus minéralisée ($970 \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$) que celle du lac et surtout très riche en nitrates ($11 \text{ mg N}\cdot\text{L}^{-1}$).

3.1 Paramètres physiques et chimiques

La *figure 2A* montre une grande variabilité de la température dans les étangs A5 et B5. Les valeurs des médianes dans ces deux étangs ne sont pas significativement différentes. En revanche toutes les autres combinaisons, A5-B3 ($p = 0,0169$), A5-B4 ($p = 0,0013$), B3-B4 ($p = 0,0486$), B3-B5 ($p = 0,0569$) et B4-B5 ($p = 0,0176$) ont montré une différence significative.

Les valeurs de pH dans l'étang B3 (*figure 2B*) sont supérieures à celles des autres étangs. La valeur de la médiane dans l'étang B3 est significativement supérieure à celle de B4 ($p = 0,0056$), qui, à son tour, est significativement supérieure à celle de A5 ($p = 0,0486$). Seules les combinaisons A5-B5 et B4-B5 ne sont pas significativement différentes.

La distribution des valeurs d'oxygène dissous est comparable entre les quatre étangs (*figure 2C*). La différence entre les médianes de B3 et B5 est la seule significative ($p = 0,0001$).

L'alcalinité est plus faible dans B3 (*figure 2D*), avec une médiane significativement inférieure à celle des autres étangs. À l'exception des étangs A5 et B5 où les médianes ne sont pas significativement différentes, toutes les autres combinaisons le sont.

Les distributions du calcium (*figure 2E*) et de la dureté totale (*figure 2F*) sont similaires à celle de l'alcalinité. La seule différence non significative est obtenue pour les étangs A5 et B5.

Les teneurs en NH_4 sont élevées dans les étangs B3 et B4, et ne sont pas significativement différentes. Le test de la médiane a donné une différence non significative entre les deux autres étangs : A5 et B5.

La variabilité des nitrates est plus faible dans l'étang B3 (*figure 2H*). Nous observons une seule différence non significative des médianes dans les étangs A5 et B5.

La médiane de PO_4 dans l'étang B4 est significativement supérieure aux médianes des autres étangs. B3 n'est pas significativement différent des étangs A5 et B5. Ces deux derniers étangs sont significativement différents.

La *figure 2J* montre que la variabilité la plus élevée de la chlorophylle *a* est observée dans l'étang B4. Deux différences non significatives sont obtenues pour les paires d'étangs B3-A5 et B3-B5.

La distribution de la densité des cellules est étendue dans les étangs B3 et B4 (*figure 2K*). Toutes les médianes sont significativement différentes deux à deux.

3.2 Paramètres biologiques

Une coupure du dendrogramme de classification des taxons phytoplanctoniques dans l'étang A5 au seuil de 75 % donne 5 groupements (*figure 3A*). Le premier groupe (*Oscillatoria gracilis*, *Nitzschia palea*, *Scenedesmus quadricauda*) caractérise les taxons les moins fréquents qui ont été observés le

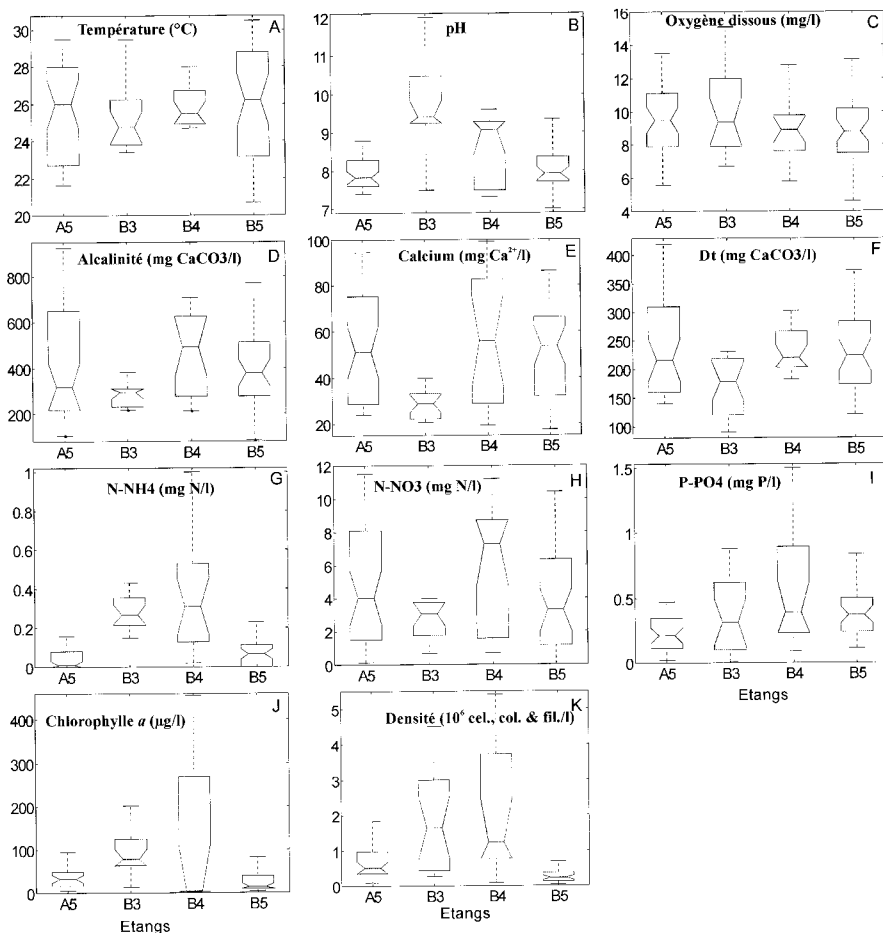


Figure 2 Représentation graphique des distributions des mesures dans les quatre étangs pour les différents paramètres (1997) : A) température ; B) pH ; C) oxygène dissous ; D) alcalinité ; E) calcium ; F) dureté totale ; G) $N-NH_4$; H) $N-NO_3$; I) $P-PO_4$; J) chlorophylle a ; K) densité algale.

Le trait horizontal indique la médiane, la boîte indique la distribution de 50 % des valeurs entre le quartile supérieur (75 %) et le quartile inférieur (25 %). Les traits verticaux qui prolongent les boîtes représentent la distribution de 95 % de données. L'intervalle de confiance au seuil de 95 % est représenté par l'entaille dans la boîte.

Graphical representation with Box-and-whisker plots in ponds of the various parameters (1997): A) temperature; B) pH; C) dissolved oxygen; D) alkalinity; E) calcium; F) hardness; G) $N-NH_4$; H) $N-NO_3$; I) $P-PO_4$; J) chlorophyll a; K) algal density.

The centre horizontal line in the box is the median, the top and the bottom of the box are the 25% and 75% percentiles (quartiles), and the end of the whiskers are the 5% and 95% percentiles. The notch is the 95% confidence interval of the medians.

19 mai. Le deuxième groupe est composé de 3 taxons présents au cours du mois de mai (*Navicula veneta*, *Merismopedia punctata*, *Closterium acicularae*) auxquels s'ajoute *Pediastrum simplex* var. *sturmii* observé durant le mois de

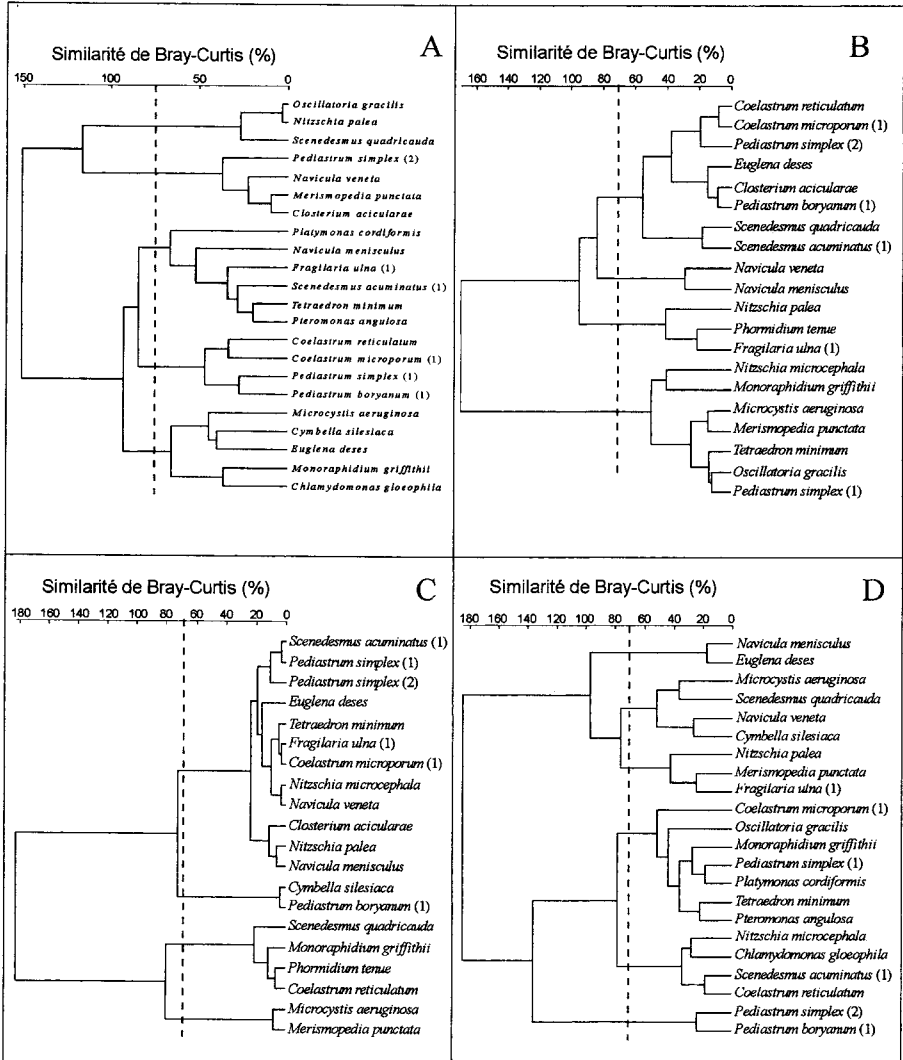


Figure 3 Classification hiérarchique des taxons d'algues dans les quatre étangs (campagne 1997).

Hierarchical classification of algal species in ponds during fry period (1997).

mai et une seule fois en juin (29 juin). Les autres groupes sont composés d'un nombre plus important de taxons (6, 4 et 5 taxons respectivement) présents durant toute la période d'étude. Chacun de ces groupes a montré des faibles densités en une date (10 juin, 24 mai et 29 juin respectivement).

En utilisant le même seuil (75 %) pour l'étang B3, nous obtenons 4 groupes de taxons (figure 3B). Le premier et le dernier groupes sont composés de 8 et 7 taxons. Le premier a été peu fréquent le 17 mai et complètement absent le 19 mai. En revanche, le dernier groupe a été observé durant toute la période

d'étude. Les deux autres groupes sont caractérisés par la présence des taxons les moins fréquents. Les taxons *Fragilaria ulna* var. *acicularis*, *Nitzschia palea* et *Phormidium tenue* ont été observés dans les échantillons récoltés le 13 avril. Le groupe composé de *Navicula menisculus* et *Navicula veneta* a été observé durant les deux dates du mois d'avril.

L'étang B4 a été échantillonné trois fois (13 avril, 30 avril et 17 mai). Une coupure du dendrogramme au seuil de 70 % permet d'obtenir 4 groupes (figure 3C). Nous distinguons deux groupes de deux taxons, qui ont été présents à une seule date. *Pediastrum boryanum* var. *cornutum* et *Cymbella silesiaca* ont été observées à la première date alors que *Merismopedia punctata* et *Microcystis aeruginosa* n'ont pas été observés durant les deux premières dates. Les 4 taxons *Coelastrum reticulatum*, *Monoraphidium griffithii*, *Scenedesmus quadricauda* et *Phormidium tenue* caractérisent le groupe présent durant les trois dates. Enfin le dernier groupe composé par 12 taxons, qui étaient tous absents le 17 mai.

L'étang B5 est le plus échantillonné (8 dates). En appliquant le même seuil de similarité utilisé pour les deux premiers étangs (75 %), nous obtenons 6 groupes (figure 3D). Seul le groupe du milieu composé par 7 taxons a été présent durant toute la période d'étude. Les deux groupes de quatre taxons chacun ont montré une tendance opposée. Le premier composé de *Scenedesmus quadricauda*, *Cymbella silesiaca*, *Navicula veneta* et *Microcystis aeruginosa* n'a été observé que pendant le mois de mai. En revanche, l'autre groupe (*Chlamydomonas gloeophila*, *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Scenedesmus acuminatus* var. *minor*, *Nitzschia microcephala*) est faiblement présent durant les deux premières dates, disparaît et prolifère pendant les 4 dernières dates.

Les deux taxons *Euglena deses* et *Navicula menisculus* n'ont été observés que le 11 mai. L'association de 3 taxons (*Fragilaria ulna* var. *acicularis*, *Nitzschia palea*, *Merismopedia punctata*) est caractérisée par une présence durant le mois de mai. Les deux taxons *Pediastrum boryanum* var. *cornutum* et *P. simplex* var. *sturmii* ont été observés au milieu de la période d'étude (fin mai-début juin).

4 – DISCUSSION

La mise en eau de l'étang à partir de la nappe phréatique (riche en nitrates) et l'application de fertilisants azotés favorisent le développement des Chlorococcales et Volvocales qui sont facilement consommées par le zooplancton.

Le niveau de concentration en oxygène dissous au niveau de A5, B3 et B5 explique la faible teneur en ammonium ($0-0,05 \text{ mg}\cdot\text{NH}_4\cdot\text{L}^{-1}$) ; par contre en B4, NH_4 atteint $0,4 \text{ mg}\cdot\text{NH}_4\cdot\text{L}^{-1}$. Pour le premier groupe d'étangs (B3, B4 et B5), l'azote ammoniacal non ionisé (NH_3) varie de $0,06$ à $0,4 \text{ mg}\cdot\text{NH}_3\cdot\text{L}^{-1}$ pendant une période très courte puis diminue. Selon ALABASTER et LLOYD (1980), lorsque les eaux renferment plus de $0,025 \text{ mg}\cdot\text{NH}_3\cdot\text{L}^{-1}$ (concentration maximale tolérable par les poissons), des effets histopathologiques peuvent apparaître après de longues périodes d'exposition.

Au niveau des étangs A5 et B5, l'évolution des paramètres physiques et chimiques est comparable au cours de l'étude. B5 présente un minimum d'oxygène dissous le 24 mai qui précède un pic très marqué le 31 mai lié à un développement algal dominé par *Platymonas cordiformis*. Ce taxon, ne figurant pas parmi les taxons majeurs dans B3 et B4, domine du 24 mai au 15 juin avec des densités allant de 0,3 à $1,5 \cdot 10^6$ cellules \cdot L $^{-1}$. Cette dominance survient après la prolifération de *Scenedesmus quadricauda* et de *Pediastrum boryanum* var. *cornutum* qui présentent leur maximum de densité cellulaire respectivement du 17 au 19 mai et le 24 mai.

La densité algale en A5 ne montre pas de variation importante avec apparition et dominance de différents taxons en raison de la remise en suspension des sédiments provoquée par *Cyprinus carpio* et la réduction de la zone euphotique (disque de secchi : 10 cm).

Pendant la période d'alevinage en B3 et B4 (4 semaines), l'évolution des différents facteurs montre qu'au niveau de l'étang B3, l'oxygène dissous varie de 8 à 16 mg \cdot O $_2$ \cdot L $^{-1}$, un pH alcalin atteignant 11 unités le 19 mai. La variation de ces deux paramètres est liée au développement phytoplanctonique. En effet, la densité algale totale atteint plus de $6 \cdot 10^6$ cellules, colonies et filaments \cdot L $^{-1}$, le 19 mai. Les taxons dominants au niveau de cet étang sont distribués comme suit : *Nitzschia palea* et *Euglena deses* puis le peuplement est composé de *Merismopedia punctata*, *Nitzschia microcephala*, *Microcystis aeruginosa* et *Chlamydomonas gloeophila*.

Le phytoplancton dans l'étang B4 est représenté par des peuplements qui se succèdent les uns aux autres parallèlement à l'enrichissement du milieu en éléments dissous. Ceci est également montré par WURTZ (1958) et BARBE *et al.* (1991). En effet, nous observons tout d'abord une codominance de *Pediastrum boryanum* var. *cornutum*, *Scenedesmus quadricauda*, *Euglena deses*, *Fragilaria ulna* var. *acus*, *Navicula menisculus*, *N. veneta* et *Nitzschia microcephala* puis une autre peuplement représenté par *Coelastrum microporum* var. *microporum*, *Monoraphidium griffithii*, *Euglena deses*, *Fragilaria ulna* var. *acus* et *Navicula veneta* et enfin celui composé de *Coelastrum reticulatum* var. *reticulatum*, *Monoraphidium griffithii*, *Scenedesmus quadricauda*, *Microcystis aeruginosa* et *Phormidium tenue*.

La disponibilité en orthophosphates en B3 (0,8 mg \cdot N \cdot L $^{-1}$) et B4 (> 1 mg \cdot P \cdot L $^{-1}$) et la faible concentration des nitrates (< 2 mg \cdot N \cdot L $^{-1}$) à la fin de la période d'alevinage favorisent le développement des Cyanobactéries, ceci est en accord avec les observations de LEVINE et SCHINDLER (1999).

Cette concentration élevée en orthophosphates dans l'eau peut avoir deux origines. La première origine est la décomposition des algues mortes (surtout les Chlorophycées qui meurent en grande quantité après le déficit en azote), la densité algale totale enregistrée le 30 avril étant la plus faible dans les deux étangs. La seconde possibilité, est le relargage par les sédiments puisque des fertilisations par du superphosphate triple (25 kg/ha) ont eu lieu le 10 avril en B3 et le 23 avril en B4. La dégradation de cette matière organique peut entraîner une désoxygénation du fond et faciliter la libération du phosphore lié au calcium des sédiments. Ceci est montré dans le cadre d'une autre étude (HASNAOUI *et al.*, 2001). Ce résultat explique le rôle que peut jouer le sédiment dans le fonctionnement des étangs de pisciculture.

Après la mise en eau des étangs, nous avons noté l'installation du groupe composé de Chlorophycées et de Diatomophycées de petite taille qui sont

facilement ingérées par le zooplancton (à l'exception de *Fragilaria ulna* var. *acus*). Ensuite, ce groupe est remplacé par celui composé par d'autres Chlorophycées et Cyanobactéries. Cette succession du phytoplancton dans les étangs corrobore les constatations de BARROIN (1992) et SEVRIN-REYSSAC (1995).

L'alevinage intervient dans la modification des descripteurs de la qualité de l'eau des étangs par action sur certains compartiments. En effet, en B3, B4 et B5, les alevins de *Hypophthalmichthys molitrix* (poisson filtreur) ont une action directe sur le zooplancton puis sur le phytoplancton et en A5, les alevins de *Cyprinus carpio* agissent indirectement par une remise en suspension des sédiments.

La variabilité inter-étangs est non seulement fonction des caractéristiques physiques et chimiques mais également liée aux pratiques piscicoles (traitement au Dipterex, fertilisation, empoisonnement, etc.). Ces interventions anthropiques, favorisant le développement de certaines espèces zoo- et phytoplanctoniques, visent à améliorer de la qualité de la nourriture, la diminution de la mortalité des poissons et, donc, une production piscicole meilleure.

5 - CONCLUSION

L'étude de la variabilité des paramètres indicateurs de la qualité de l'eau montre une certaine similarité entre étangs durant cette campagne d'alevinage.

Dans ces étangs, le phytoplancton est représenté par des peuplements qui se succèdent dans le temps en fonction de la disponibilité en éléments nutritifs.

La succession phytoplanctonique classique dans les étangs est respectée avec prolifération des Cyanobactéries en B3 et B4 due aux teneurs élevées en orthophosphates dans ces deux étangs en fin du cycle d'alevinage.

Le traitement statistique confirme, d'une part, la variabilité des descripteurs physiques et chimiques dépendant des différentes interventions humaines et, d'autre part, la structure des peuplements phytoplanctoniques. Les taxons fréquents et/ou abondants, dépendent des concentrations en éléments nutritifs et interviennent dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème étang et, par conséquent, jouent un rôle déterminant dans la production piscicole.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier l'Administration des eaux et forêts et de la conservation des sols au Maroc pour leur soutien scientifique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, 1994. Recueil des normes françaises : Qualité de l'eau, Environnement. Paris.
- ALABASTER J.S., LLOYD R., 1980. Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths, Londres.
- ANAGNOSTIDIS K., KOMAREK J., 1989. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3- Oscillatoriales. *Archiv für Hydrobiologie. Suppl.*, 80 (1-4), 327-472.
- BARBE J., CAMUS J.C., SCHLUMBERGER O., 1991. Facteurs de production piscicole en étang et gestion. *Echo-système*, 20, 3-25.
- BARBE J., SCHLUMBERGER O., BOURETZ N., 1999. Utilisation du phytoplancton pour estimer la production piscicole potentielle des étangs. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 355, 387-402.
- BARROIN G. 1992. Mécanismes biologiques de l'eutrophisation des eaux des lacs. In : IMPHOS (Ed.), *Phosphorus, life and Environment, from research to application*. Proceedings Conf., 361-371.
- BILLARD R., 1995. La qualité des eaux et son contrôle. In : BILLARD R. (Ed.), *Les carpes, biologie et élevage*, 56-74.
- FÖRSTER K., 1982. Conjugatophyceae, Zygnematales und Desmidiaceae. Das Phytoplankton des Süßwassers und Biologie. In : PHIL et PESTALOZZI MAD G.H (Eds), *Die Binnengewässer*, Stuttgart.
- HASNAOUI M., KASSILA J., LOUDIKI M., DROUSSI M., BALVAY G., BARROIN G., 2001. Relargage du phosphore à l'interface eau-sédiment dans des étangs de pisciculture (Station de la Deroua, Béni Mellal, Maroc). *Rev. Sci. de l'eau*, 13(4) : 307-322.
- KASSILA J., 2000. Étude physicochimique de l'eau et des sédiments des étangs de pisciculture de la Deroua (Béni-Mellal, Deroua). *Th. Doct., Univ. Med V, Rabat*, n° 1864, 158 p.
- KOMAREK J., FOTT B., 1983. Chlorophyceae: Chlorococcales. Das Phytoplankton des Süßwassers und Biologie. In : PHIL et PESTALOZZI MAD G.H (Eds), *Die Binnengewässer*, Stuttgart.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1986. Naviculaceae. In : Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D. (Eds), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa 2/1*, Stuttgart.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1988. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In : Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D. (Eds), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa 2/2*, Stuttgart.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1991a. Achnantheaceae. In : Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D. (Eds), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa 2/4*, Stuttgart.
- KRAMMER K., LANGE-BERTALOT H., 1991b. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In : Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D. (Eds), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa 2/3*, Stuttgart.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P., 1984. Écologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques, 2^e édition, Masson.
- LEGENDRE P., LEGENDRE L., 1998. Numerical Ecology. Developments in Environmental Modelling 20, Elsevier.
- LEGENDRE L., WATT W.D., 1972. On a rapid technique for plankton enumeration. *Ann. Inst. Oceanogr.*, 58, 173-177.
- LEVINE S.N., SCHNIDLER D.W., 1999. Influence of nitrogen to phosphorus supply ratios and physiochemical conditions on cyanobacteria and phytoplankton species composition in the experimental lakes Area, Canada. *Can. J. fish. Aquat. Sci.*, 5, 451-466.
- LORENZEN C.J., 1967. Determination of chlorophyll and pheopigments: spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12, 343-346.
- PESTALOZZI G.H., 1961. Chlorophyceae : Volvocales. In : Ettl H., Gerloff J., Heying H., Mollenhauer D (Eds.), *Süßwasser Flora von Mitteleuropa*, Stuttgart.
- RODIER J., 1984. L'analyse de l'eau. 7^e édition, Dunod, Paris.

- SEVRIN-REYSSAC J., 1995. Le réseau alimentaire dans les étangs de cypriniculture. In : BILLARD R. (Ed.), *Les carpes, biologie et élevage*, 25-55.
- STARMACH K., 1966. Cyanophyta-Sinice Glaucophyta-Glaukofity. *Flora Ślasko-wodna Polski*, Warszawa.
- STARMACH K., 1974. Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidiphyceae. *Flora Ślasko-wodna Polski*, Warszawa.
- STARMACH K., 1983. Euglenophyta. *Flora Ślasko-wodna Polski*, Warszawa.
- UTERMÖHL H., 1958. Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol.*, 9, 1-38.
- WURTZ-A., 1958. Peut-on concevoir la typification des étangs sur les mêmes bases que celles des lacs. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 13, 381-393.