

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

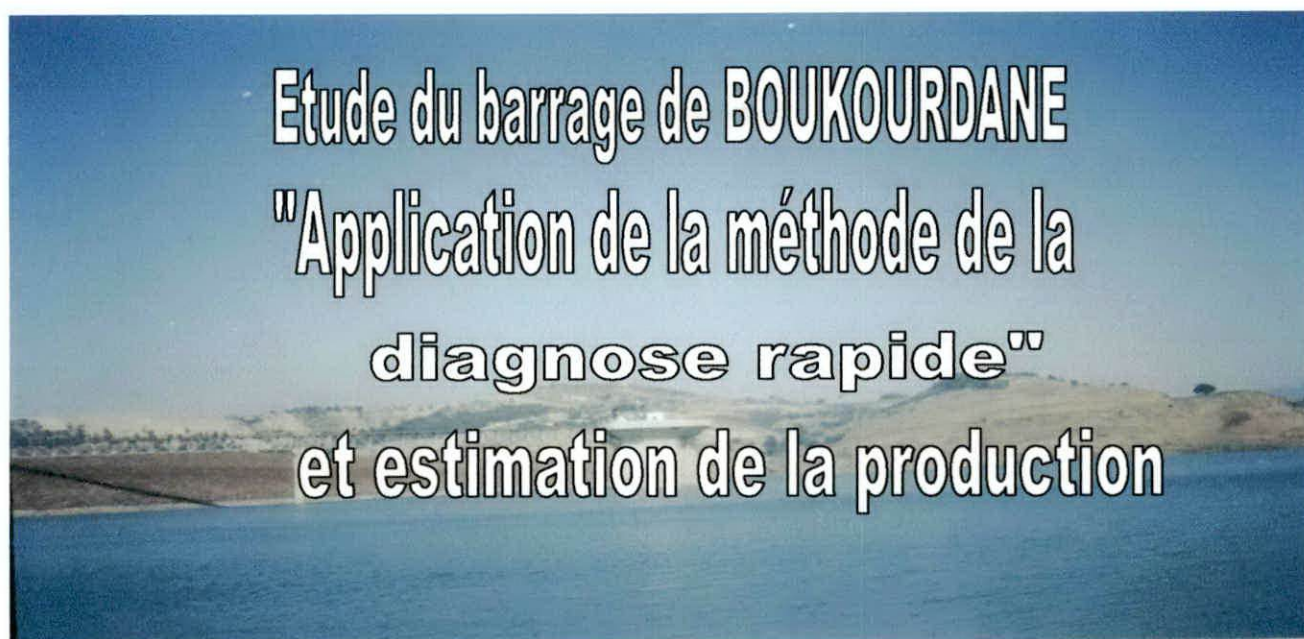
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT  
DU LITTORAL**

**MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR EN  
SCIENCE DE LA MER**

**Option : Aquaculture /halieutique**

## ***THEME***



Présenté par :

**M. AMRANI M.S AMINE et M. LOUARIT ABDEL AZIZ**

Soutenu le : 17/06/2004

Devant le jury composé de :

**M. SEFIANE O.**

(Chargé de cours à l'ISMAL) : **Président**

**M. DJELLALI M.**

(Chef de Service de laboratoire au CNDPA) : **Examineur**

**M. ZOUAKH D.**

(Chargé de cours à l'USTHB) : **Examineur**

**M. BOUDJENAH M.**

(Chef de service des études au CNDPA) : **Promoteur**

**Promotion : 2003-2004**

## Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude à l'ensemble des personnes ayant contribué à la réalisation de ce mémoire.

Nos plus sincères remerciements s'adressent à l'ensemble des membres du CNDPA (Centre national pour le développement de la pêche et de l'aquaculture) et plus particulièrement à :

**M. SEFIANE O**, pour avoir accepté de présider le jury.

**M. DJELLALI M**, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

**M. ZOUAKH D**, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

**M. BOUDJENAH M**, pour avoir accepté de diriger notre projet.

Et à l'ensemble des techniciens et techniciennes du laboratoire du CNDPA pour l'aide et les conseils qu'ils nous ont apportés lors de notre étude.

Nous remercions nos familles et nos parents pour leur aide et leurs encouragements.

Un grand remerciement à nos camarades de l'ISMAI, ainsi qu'à nos amis pour leurs aides précieuses.

## SOMMAIRE

I-Introduction.....	1
---------------------	---

### *Chapitre 1 :généralités*

II- Généralités sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.....	3
1/Les producteurs.....	4
2/Les consommateurs.....	4
3/Les décomposeurs.....	4
• Cycle de la matière.....	5
III- Paramètres physico-chimiques régissant le milieu aquatique.....	6
1/ Paramètres physiques.....	6
A- La température.....	6
B- La transparence.....	6
C- Les matières en suspensions.....	6
D- La conductivité.....	7
2/ Paramètres chimiques.....	7
A- L'oxygène dissous.....	7
B- Le potentiel hydrogène.....	8
C- Les sels nutritifs.....	8
• Définition.....	8
• Rôle des sels nutritifs dans le milieu.....	9
a- L'azote ammoniacal « $\text{NH}_4^+$ ».....	9
b- Les nitrates « $\text{NO}_3^-$ ».....	9
c- Les nitrites « $\text{NO}_2^-$ ».....	10
d- Le phosphore « $\text{PO}_4^{3-}$ ».....	10
IV- Généralités sur les méthodes d'analyses.....	11

## *Chapitre 2 : application de la méthode de la diagnose rapide*

V- Choix de la méthode à utiliser.....	13
1/ Description de la méthode du diagnose rapide des plans d'eaux.....	14
A- Introduction sur la méthode.....	14
B- Objectif.....	14
C- Principes généraux.....	15
D- Méthode et protocole.....	15
a- Campagnes de mesures.....	15
b- Physico-chimie de pleine eau.....	16
• Calcul d'indice.....	16
• Paramètres retenus .....	17
• L'oxygène.....	17
c- Hydrobiologie.....	18
• Les indices trophiques planctoniques « ITP ».....	18
d- Physico-chimie du sédiment.....	18
• Les paramètres qualitatifs.....	18
• Les paramètres descriptifs.....	18
e- Hydrobiologie des sédiments.....	19
VI- Description du site.....	20
1/Situation géographique.....	20
2/Choix et description des stations.....	23
VII- Matériel et méthode d'analyse.....	25
1/ Matériel utiliser.....	25
2/Méthodologie de prélèvement et d'analyse.....	25
A- Méthode de prélèvement.....	25
B- Méthode d'analyse.....	26
a- Mesure de l'oxygène dissous.....	26
b- Mesure de la salinité et de la température.....	26

c- Mesure du potentiel hydrogène.....	26
d- Mesure des matières en suspensions.....	27
• Principe de la méthode.....	27
• Préparation des filtres .....	27
• Filtration des échantillons.....	27
• Mode de calcul des matières en suspensions.....	27
3/Dosage des sels nutritifs.....	28
• Principe général.....	28
A- Dosage de l'azote nitrique « $\text{NO}_3^-$ ».....	28
B- Dosage de l'azote nitreux « $\text{NO}_2^-$ ».....	30
C- Dosage du phosphore minéral dissous « $\text{PO}_4^{3-}$ ».....	31
D- Dosage de l'azote ammoniacal « $\text{NH}_4^+$ ».....	32
4/Dosage de la chlorophylle a par spectrophotométrie.....	33
VIII- Analyse et discussion des résultats.....	37
1/La température.....	37
2/Les matières en suspensions « MES ».....	38
3/La conductivité.....	39
4/L'oxygène dissous.....	40
5/Le potentiel hydrogène.....	41
6/ l'azote ammoniacal « $\text{NH}_4^+$ ».....	42
7/ l'azote nitrique « $\text{NO}_3^-$ ».....	43
8/ l'azote nitreux « $\text{NO}_2^-$ ».....	44
9/ le phosphore minéral dissous « $\text{PO}_4^{3-}$ ».....	45
10/ la chlorophylle a.....	46
IX- Calcul et interprétation des indices donnés par la méthode de la diagnose	
Rapide.....	48
1/Indice d'eutrophisation.....	48
2/Indice trophique planctonique « ITP ».....	49

X- Interprétation général des résultats.....	50
--	----

### ***Chapitre 3 : Estimation de la production du barrage***

1/Généralités.....	52
A- La production .....	52
B- Evaluation de la productivité.....	52
a- Productivité théorique.....	52
b- Production des eaux tropicales.....	53
c- La productivité des étangs de pisciculture.....	53
C- Productivité (d'après ARRIGNON 1970).....	53
a- Production des lacs tropicaux.....	56
• Indice morpho édaphique.....	56
D- Calcul de la productivité .....	57
a- Productivité du barrage (d'après ARRIGNON 1970).....	57
• Calcul de B.....	57
• Calcul de $K$ .....	57
• Calcul de P.....	58
• Production par indice morpho édaphique «IME ».....	58

### ***Chapitre 4 : Création d'un plan d'exploitation piscicole pour le barrage de***

#### ***BOUKOURDANE***

• L'exploitation du barrage.....	59
Conclusion générale.....	62
Annexes.....	63
Bibliographie.....	69

# *Introduction*

## I- Introduction :

L'eau est en premier lieu une ressource naturelle vitale et un patrimoine commun inégalement réparti au niveau mondial et national, par conséquent, elle suscite des enjeux économiques et politiques et implique des pratiques de solidarité et de partage (SIRONNEAU, 1996).

Les écosystèmes aquatiques sont le siège de phénomènes chimiques, physiques et biologiques, et apparaissent comme une ressource limitée et fragile menacée par les atteintes à l'environnement (ASPE et POINT, 1999). Leur préservation demande la mise en place d'une stratégie axée sur l'estimation de la qualité des écosystèmes ainsi que le contrôle permanent de leur état de santé général, tant au niveau de la qualité de leurs eaux qu'à celui de la diversité des organismes qui y vivent.

Diverses techniques physico-chimiques d'analyses permettent d'évaluer les concentrations des différentes substances, et notamment des sels nutritifs, contenus dans l'eau. Certaines de ses mesures peuvent être réalisées in situ en continu. D'autres doivent être faites en laboratoire à partir d'échantillons d'eaux prélevés en milieu naturel.

Autrefois, pour l'analyse de l'eau, on dosait uniquement des éléments présents naturellement dans l'eau et on déterminait certains polluants organiques. Puis, à la suite d'incidents de pollution, on s'est préoccupé des éléments toxiques d'origine minérale ; l'accroissement de l'utilisation des composés organiques de synthèse est venu compliquer le problème. (RODIER, 1996). Il est alors devenu nécessaire de développer des méthodes analytiques de plus en plus sensibles et qui englobent l'analyse des différents compartiments du système aquatique. En effet les paramètres physico-chimiques de l'eau ne permettent plus d'apprécier réellement la qualité écologique des écosystèmes aquatiques. D'autres moyens ont donc été élaborés, comme l'analyse des sédiments, des mousses aquatiques, ou encore l'analyse des organismes. Sur un autre plan les gestionnaires des milieux aquatiques font également appel à des « indicateurs biologiques ». Les organismes vivants sont en effet sensibles à une large gamme physique, chimique et biologique ; ils peuvent théoriquement apporter des réponses précises et graduées aux conséquences de ces perturbations du milieu aquatique (ARMAND, 2003).

Les scientifiques utilisent donc des indices basés sur la physico-chimie, les algues phytoplanctoniques, et les invertébrés pour évaluer la qualité d'un milieu aquatique, Ils sont

également en train de développer un « indice poisson » qui utilise les communautés de poissons comme indicateurs biologiques.

Lors de notre étude sur le barrage de BOUKOURDANE nous avons choisi d'appliquer la méthode de la diagnose rapide mise au point par le CEMAGREF en 1990 ; cette méthode prend en compte la physico-chimie de l'eau, du sédiment et d'une partie de la biologie (phytoplancton). Ces paramètres sont ensuite traduits en indices basés sur la trophie des compartiments de l'écosystème aquatique. (BARBE, 1990).

Le calcul des indices permet de situer ensuite le plan d'eau sur la gamme des niveaux trophiques : oligotrophes, mésotrophes, eutrophes. (BARBE et *al*, 1990).

Pour terminer nous avons aussi fait une estimation de la production du barrage de BOUKOURDANE car il est important de connaître la production d'un plan d'eau afin de prévoir d'optimiser son exploitation.

# *Chapitre 1: Généralités*

## Chapitre 1 : généralités

### II- Généralités sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques

Un écosystème aquatique est avant tout un système dynamique : il naît, il se développe et meurt. Il évolue naturellement et en permanence sous l'effet de perturbations naturelles ou artificielles (d'origine naturelle ou humaine). Ces perturbations peuvent être un facteur de maintien de la biodiversité si elles sont d'origine naturelle. En effet en leur absence, la compétition entre les espèces devient prépondérante et permet à l'une d'elles de prendre le dessus. Elles peuvent être la cause d'une accélération du phénomène d'eutrophisation si elles sont d'origine humaine. (DECAMPS, 2003).

En général l'évolution d'un écosystème aquatique n'est pas régulière, et sous l'effet d'une perturbation, ce dernier peut changer d'état puis évoluer progressivement de façon plus ou moins rapide vers un nouvel état d'équilibre, processus dont il sortira comme renoué. Cependant l'écosystème peut perdre cette aptitude à retrouver un état d'équilibre : on dit alors qu'il perd sa capacité de résilience. Cela se produit quand la perturbation est trop importante, (graves pollutions), et les seuils dits d'irréversibilité sont dépassés.

La capacité d'épuration et de recirculation de la matière dans un écosystème peut ainsi être dépassée. Celle-ci est en effet limitée car le processus de recirculation est basé sur la dégradation des matières organiques par les bactéries aérobies qui est lente et ce d'autant plus que la teneur en oxygène du milieu aquatique est faible. La matière organique non dégradée a donc une tendance naturelle à s'accumuler sur le fond. Mais quand ce cumul devient trop important le milieu n'est plus à même de tout dégrader et de réaliser ainsi son autoépuration ; l'équilibre naturel est rompu : on a alors l'apparition d'eau anoxique .

Dans un écosystème aquatique, l'oxygène dissous indispensable à la vie animale et à l'assainissement du milieu provient d'abord de la photosynthèse, qui dépend quant à elle de l'ensoleillement d'une part. D'autre part cette photosynthèse peut provenir, dans une moindre mesure, de la dissolution de l'oxygène atmosphérique. Un surcroît de matières organiques biodégradables provenant de l'apport naturel mais excessif de nutriments, ou de rejets urbains riches en matière organique peut être la conséquence d'un déficit "naturel" en oxygène

dissous de certains écosystèmes, qui ralentit le processus de biodégradation et de recirculation de la matière.

Le gaz carbonique nécessaire à la croissance des plantes provient quant à lui de la respiration animale et de la dégradation des matières organiques.

Par ailleurs, un écosystème aquatique produit constamment de la matière vivante. Celle-ci est progressivement transformée en matière organique morte, qui est elle-même ensuite lentement minéralisée, en partie ou en totalité. D'une manière schématique, un écosystème aquatique peut être divisé en trois compartiments biologiques.

**1/Les producteurs** : ce sont essentiellement tous les végétaux qui utilisent la lumière solaire comme source d'énergie pour fabriquer, par photosynthèse, les matières organiques dont ils ont besoin pour croître; ce faisant, les plantes aquatiques consomment le gaz carbonique dissous dans l'eau, les nutriments dissous que sont surtout l'azote, le phosphore et la silice, ainsi que divers autres constituants minéraux, et rejettent de l'oxygène. Les principaux producteurs du milieu aquatique sont les algues microscopiques (phytoplancton).

**2/Les consommateurs** : ce sont soit des herbivores stricts comme certaines espèces du zooplancton qui se nourrissent de phytoplancton ou certaines espèces d'invertébrés et de poissons qui se nourrissent d'algues et d'autres végétaux fixés sur le fond, soit des espèces plus omnivores consommatrices de végétaux, de zooplancton et autres invertébrés, soit enfin des espèces strictement carnivores, comme certains gros poissons qui se nourrissent des plus petits, ou encore certains oiseaux et petits mammifères; ces animaux respirent en consommant l'oxygène produit par les plantes et en rejetant du gaz carbonique.

**3/Les décomposeurs** : ce sont les micro-organismes, comme les bactéries aérobies ou les champignons, qui se repaissent de toute la matière organique morte et biodégradable présente dans le milieu aquatique, qu'elle soit produite par les autres organismes (telles les sécrétions animales) ou issue de leur décomposition, ou encore qu'elle provienne d'eaux de ruissellement, d'eaux infiltrées dans les sols ou d'eaux usées rejetées par les hommes; pour dégrader ces matières organiques. Les décomposeurs utilisent l'oxygène produit par les plantes.

- **Le cycle de la matière**

Le rôle des décomposeurs, bactéries et champignons, est prépondérant car en décomposant les matières organiques, ils participent à l'épuration des écosystèmes aquatiques. En outre, en transformant les matières organiques complexes en substances minérales simples dont les producteurs, les végétaux, ont besoin, c'est-à-dire en recyclant les matières organiques, les décomposeurs referment en quelque sorte la boucle qui, des producteurs, mène aux consommateurs puis aux décomposeurs ; une boucle que l'on a coutume d'appeler la chaîne alimentaire, ou chaîne trophique. En réalité, les échanges au sein de la biocénose d'un écosystème aquatique, que ce soit des échanges d'énergie ou de matière, sont loin d'être aussi linéaires, En fait il n'y a pas une, mais de multiples chaînes alimentaires, toutes construites sur le même modèle, qui se croisent et s'entremêlent au sein de réseaux trophiques dans lesquels chaque organisme interagit avec plusieurs autres et à chaque fois de manière spécifique.

Un écosystème est également caractérisé par les échanges cycliques de matière qui s'établissent entre le biotope et la biocénose et qui constituent des cycles biogéochimiques dont les plus importants concernent l'eau, le carbone, l'oxygène, l'azote, le soufre et le phosphore. (DECAMPS, 2003).

### III- Paramètres physico-chimique régissant le milieu

#### 1/ paramètres physiques :

##### A/ la température :

La température est une grandeur physique importante pour la reconnaissance des masses d'eau et pour l'étude du mélange des eaux et l'estimation des flux de chaleur. Elle joue aussi un rôle important dans les cycles biologiques du fait de son influence sur l'activité biologique hormonale et métabolique des espèces aquatiques. (LOKMANE, 1993).

L'augmentation de la température de l'eau provoque une diminution de la solubilité de l'oxygène dans l'eau. Par ailleurs la température a une influence sur les réactions chimiques et biochimiques. D'un point de vue écologique, c'est un facteur qui conditionne la vie et qui est étroitement lié à d'autres facteurs régissant le milieu aquatique. (LOKMANE, 1993).

##### B/ la transparence :

La transparence de l'eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées (grains de silices, organismes planctoniques, matières organiques). L'appréciation de l'abondance de ces matières et la mesure de son degré de turbidité (RODIER, 1996), représente un bon indicateur de l'état trophique du plan d'eau (BARBE et al, 1993). La transparence est mesurée au moyen du disque de Secchi ; celui-ci est constitué d'un disque métallique de couleur blanche de 30cm de diamètre, fixé à une corde graduée tous les 100cm. La transparence de l'eau représente la profondeur à laquelle le disque cesse d'être visible (RODIER, 1996).

##### C/ les matières en suspensions (MES) :

La connaissance de la quantité des MES est importante pour l'étude des milieux aquatiques car les particules réduisent la transparence de l'eau et de ce fait la production primaire photosynthétique. D'autre part elles présentent une surface de contact importante pour des échanges physico-chimiques et biologiques avec l'eau. Selon leur nature elles sont également une source nutritive non négligeable pour la faune (AMINOT, 1983).

La méthode consiste à filtrer un volume d'eau ( 250ml ) sur une membrane filtrante ( filtre WHATTMAN ) de 0.45µm de diamètre afin de retenir toutes les particules de taille

supérieure à 0.5-1 $\mu$ m. La membrane est séchée et pesée avant et après filtration, après son séchage à l'étuve à 105C°.

### **D/ la conductivité électrique :**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm<sup>2</sup> de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. Elle indique le niveau de minéralisation de l'eau. L'unité de la conductivité est le siemens par mètre(s/m). (RODIER, 1996).

On effectue la mesure de la conductivité à l'aide d'un conducti-thermomètre de la trousse HACH qui donne la valeur en micro siemens/cm.

## **2/ les paramètres chimiques :**

### **A/ l'oxygène dissous :**

L'O<sub>2</sub> est un paramètre important du milieu qui contrôle la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

La concentration en O<sub>2</sub> dissous dans l'eau est fonction des facteurs physiques chimiques et biologiques suivants : (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

- photo oxydation.
- diffusion et mélange au sein de la masse d'eau.
- utilisation dans les réactions d'oxydation chimique.
- production par la photosynthèse.
- respiration.
- Dans les eaux de surface, ces teneurs sont proches de la saturation et sont influencées par les échanges atmosphère – eau. (LEFEBRE et al, 1993).

La mesure de l'O<sub>2</sub> dissous a été réalisée à l'aide d'un oxymètre de la trousse HACH qui exprime la concentration en mg/l.

**B/ pH :**

Le pH exprime en fonction de sa valeur l'alcalinité ou l'acidité de l'eau ; il est principalement fixé par la présence des carbonates,  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3\text{-CO}_3$ . (AMINOT, 1983).

Les variations du pH sont en rapport avec celles de l'oxygène. Une forte production d'oxygène suite à l'activité photosynthétique implique une diminution de la teneur de  $\text{CO}_2$  dans l'eau, par conséquent on aura une augmentation du pH. (LEFEBRE *et al*, 1993)

La mesure du pH a été effectuée à l'aide d'un pH mètre.

**C/ les sels nutritifs :**

- Définition

Les éléments nutritifs « N, P » se présentent sous plusieurs formes minérales en solution. L'azote peut se présenter sous différentes formes en fonction du degré d'oxydation en nitrates  $\text{NO}_3^-$ , nitrite  $\text{NO}_2^-$ , azote ammoniacal ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NH}_4^+$ ) ; dans ce dernier cas, l'ammonium  $\text{NH}_4^+$ , forme prédominante, est le terme qui sera généralement utilisé. Pour le phosphore, on utilise le terme phosphate qui englobe toute les formes d'orthophosphates présentes dans l'eau ( $\text{H}_2\text{PO}_4$ ). (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Les proportions relatives l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et de l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dépendent du pH et de la salinité.

Pour sa croissance, son développement et la formation de son squelette, le phytoplancton a besoin de sels nutritifs qu'il trouve dans le milieu sous forme dissoute ou particulaire. Ces sels sont essentiellement ceux de l'azote et du phosphore. (AUBERT *et al*, 1972).

Les concentrations d'éléments nutritifs dans le milieu doivent répondre aux exigences du phytoplancton. Les faibles concentrations minimisent la photosynthèse, tandis que les excès provoquent une eutrophisation du milieu, qui se traduit par une importante croissance de certaines espèces phytoplanctoniques. On trouve alors en surface des concentrations qui peuvent aller de quelques micromoles à quelques dizaines de milligrammes par litres (AMINOT, 1986).

- Rôles des sels nutritifs dans le milieu

Le phytoplancton assimile les sels nutritifs dissous dans l'eau et puise l'énergie solaire pour fabriquer leur squelette et leur matière organique.

La production biologique dépend principalement de la lumière ainsi que de la circulation des eaux qui transporte les sels dissous (carbone, azote, phosphore) indispensables à la vie. (JEANDEL, 1998).

#### a- Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac  $\text{NH}_3$  et l'ammonium  $\text{NH}_4^+$  dont les proportions dépendent du pH et de la salinité. L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés ; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes. (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983)

En fonction de la forme sous laquelle est présent l'azote dans l'eau, la photosynthèse met en jeu des réactions enzymatiques différentes. L'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) se trouve être la forme la plus rentable énergétiquement. (JAQUES et TREGUER, 1986)

L'azote ammoniacal est dosé par la méthode de KOROCEFF 1969. (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983). Sa teneur est exprimée en mg/l.

#### b- Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance phytoplanctonique, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries.

L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobacters.

Les nitrates sont dosés par spectrophotométrie, mais on mesure en réalité les concentrations des ions  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$  par réduction de la concentration en nitrites. (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983). La teneur en nitrate est exprimée en mg/l.

### c-Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées dans le milieu aquatique. (AMINOT, 1983).

Ces concentrations connaissent des variations saisonnières. En hiver elles varient, suite au développement phytoplanctonique, chutent en été et peuvent atteindre des valeurs très faibles. (AMINOT, 1983).

### d-Le phosphore ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'orthophosphate, il est essentiel à la vie aquatique.

Dans les milieux lacustres, le phosphore est présent dans l'eau sous différentes formes : une forme minérale dissoute (orthophosphate), qui provient en majeure partie du phosphore minéral apporté par les eaux de ruissellement du bassin versant ; une forme organique soluble qui provient des excréments ou de la décomposition des organismes vivants ; une forme particulaire minérale ou organique. Ces différentes formes constituent ce que l'on appelle le phosphore total. D'une manière générale, les teneurs en phosphore dissous sont faibles dans les eaux naturelles, de l'ordre de 0.01 mg/l pour les orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) et de 0.025mg/l pour le phosphore dissous incluant les formes organiques. (LEVEQUE, 1996). Comme dans le cas de l'azote on note depuis plusieurs décennies une augmentation des teneurs en phosphores. (BARROIN, 1990).

Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant la production de la biomasse végétale. Il est en effet, essentiel à la vie des organismes, car c'est un élément structurant du matériel génétique et de la membrane cellulaire. (LEVEQUE, 1996).

Les orthophosphates sont quantifiés par la méthode spectrophotométrique et leurs teneurs sont exprimés en mg/l.

#### IV- Généralités sur les méthodes d'analyses

Lié à l'eau pour des raisons vitales, l'homme s'est depuis longtemps préoccupé de la qualité des milieux aquatiques. Les méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau, autrefois basées sur une simple estimation visuelle ou piscicole, ont été formalisées dès le début du 20ème siècle sur l'influence de l'école allemande. C'est ainsi que KOLKWITZ et MARSSON présentent en 1905 leur « saprobicusysteme », permettant de placer n'importe quelle situation d'étude dans une classe d'enrichissement organique en fonction des espèces animales qui la composent et de leur saprophilie. (SCADECEK, 1969).

Au milieu du siècle, l'école anglo-saxonne a développé une méthode combinant une indication de diversité, sur la base des groupes taxonomiques observés, avec une indication de polluosensibilité concernant des groupes taxonomiques particuliers pour obtenir le Trent Biotic Index « TBI » de (WOODIWISS 1964). Cette méthode a été adaptée dans de nombreux pays et parfois modifiée dans sa forme. (METCALFE, 1989).

Parallèlement à ces indices saprobiques ou biotiques, d'autres voies ont été explorées pour tenter de quantifier le degré de pollution d'un milieu, notamment par des indices de diversité ; ces tentatives de transformer les abondances individuelles et spécifiques en une simple valeur numérique, en tenant compte ou non de la distribution des individus à l'intérieur de chaque espèce (WILHM, 1967), sont basées sur l'hypothèse que, dans un environnement peu perturbé, les communautés sont caractérisées par une diversité élevée, avec beaucoup d'espèces et une répartition équitable des individus dans les espaces. (ZAND, 1976, GHITTI et BONAZZI, 1977).

Les étendues d'eau ont toujours constituées des écosystèmes aquatiques d'une grande importance pour l'homme aussi bien pour la consommation en eau, l'irrigation, la production d'électricité, l'aquaculture. De ce fait il était nécessaire de mettre au point des méthodes d'évaluations et d'analyses de l'état de santé de ces étendues, afin de mieux estimer la qualité et les potentialités biologiques de ces écosystèmes aquatiques. Ces méthodes mettent en œuvre différents agents de l'écosystème aquatique (phytoplancton, zooplancton, poissons),

considérés comme des indicateurs de l'état de santé des plans d'eau en fonction de leur présence ou non et de leur abondance dans le milieu aquatique.

Parmi les méthodes d'analyses les plus connus :

-l'**IBGN** : Indice Biologique Générale Normalise qui est une méthode de détermination de la qualité des eaux courantes. Le principe de cette méthode est d'analyser quantitativement les peuplements de macroinvertébrés benthiques, il permet de diagnostiquer une pollution de l'eau ou une dégradation globale de l'habitat sans préjuger des causes de ses altérations. (RIGHETTI *et al*, 1996).

-l'**IBD** : cette méthode utilise le periphyton comme indicateur biologique. Plusieurs indicateurs biologiques permettent de déceler la présence d'effluents provenant d'égouts ; l'évaluation de la qualité des habitats benthiques peut aider à faire ce genre de détermination. Les densités de populations de protozoaires ciliés, ainsi que leur distribution dans l'habitat, peuvent indiquer la présence d'un type d'effluent. D'autre par la présence de certains groupes de microorganisme permet de démontrer la contamination de l'eau par les égouts. Certains bioindicateurs agissent comme indicateurs de matière fécale dans l'eau, les plus utilisés sont les coliformes totaux et fécaux, les streptocoques fécaux et les champignons. (GRIMOPREZ, 1996).

## *Chapitre 2*

### *Application de la méthode de la diagnose rapide*

## Chapitre 2 : Application de la méthode de la diagnose rapide

### V- choix de la méthode à utiliser

L'objectif des méthodes d'analyses des écosystèmes aquatiques est d'évaluer avec précision l'état trophique d'un plan d'eau (lac) afin de définir ses potentialités productives et ainsi permettre une exploitation optimale de celui-ci. C'est pour répondre à ces besoins qu'a été choisie la méthode appelée « diagnose rapide » qui vise à obtenir, à frais limités, une évaluation approchée de l'état du plan d'eau, en particulier de son niveau trophique.

Une comparaison rapide de la méthode de la diagnose rapide avec d'autres méthodes nous permet de relever la différence du nombre de campagnes par cycle biologique.

La méthode de la diagnose rapide s'effectue en quatre campagnes par site et par cycle biologique, ces dernières sont réalisées à des périodes précises de l'année. Dans ce cas on a quatre images de l'état du plan d'eau, une image en hiver, une au printemps, une en été et une en automne, qui donnent un aperçu de l'évolution du site au cours de l'année.

Alors que la plupart des autres méthodes ne donnent qu'une seule campagne de prélèvement qui ne correspond pas nécessairement à une période précise de l'année. Donc on aura une seule image du plan d'eau (une image instantanée).

En effet dans le cas de la diagnose rapide on se propose de réaliser une étude détaillée qui constitue le point de référence.

D'un point de vue analytique, la méthode de la diagnose rapide nous permet d'avoir une idée sur l'évolution du plan d'eau et des interactions entre les différents peuplements au cours d'une année, et non son évolution d'une année à une autre.

*Enfin d'un point de vue fondamental, la méthode de la diagnose rapide est une méthode complète, car elle ne néglige aucun des compartiments de l'écosystème constitué par la cuvette lacustre : eau et sédiment ; physico-chimie et biologie. Seul le bassin versant et la vie piscicole ne sont pas intégrés dans les observations.*

*D'un autre point de vue comparatif la méthode de la diagnose rapide se base sur l'évolution de la qualité du plan d'eau par le biais de son niveau d'eutrophisation (la base de la chaîne trophique). Par contre certaines méthodes se basent sur la fin de la chaîne*

trophique, en considérant les poissons comme biointegrateurs et bioindicateurs de la qualité globale du milieu aquatique. En conséquence une campagne par site est suffisante. Les efforts d'échantillonnage et d'analyse portent essentiellement sur les peuplements piscicoles (composition) dont les informations sont converties en indices de qualité.

Par ailleurs, de bonnes connaissances en systématique (phytoplancton et benthos) sont nécessaires pour la méthode de la diagnose rapide ; au contraire, la détermination des poissons pose moins de difficultés.

## **1/ Description de la méthode de la diagnose rapide des plans d'eau**

### **A/ Introduction sur la méthode :**

Le diagnostic d'un lac vise la description de son état général, en mesurant son niveau trophique ; ce qui nous permet d'avoir une idée sur son état de dégradation. Pour ce faire, différentes méthodes de diagnose sont utilisées. Parmi elles, nous nous attarderons sur la méthode de la diagnose rapide, développée par le CEMAGREF en 1991, utilisant les paramètres physico-chimiques de l'eau et les paramètres biologiques (phytoplancton), qui sont traduits en indices basés sur la trophie des compartiments de l'écosystème lacustre.

### **B/Objectifs :**

Cette méthode a été mise au point pour évaluer le niveau d'eutrophisation des plans d'eau. Ce niveau de trophie définit l'état nutritionnel du plan d'eau, son degré de fertilisation et sa capacité d'assimilation. Cet état se manifeste par la production primaire, la transparence, les teneurs en oxygène, en azote et en phosphore dissous.

Les niveaux de trophie vont de l'état oligotrophe (milieu pauvre en fertilisants, faiblement productif) à un état eutrophe, voir hypereutrophe, qui est son inverse. Parallèlement à ce gradient qualitatif, on peut en définir un autre, plus biologique, où sont évaluées la diversité et l'abondance des espèces présentes. L'oligotrophie correspond alors à une diversité spécifique élevée, mais avec des abondances faibles, tandis que l'hypereutrophie présente de fortes abondances pour certaines espèces (mieux adaptées) avec une faible diversité.

L'eutrophie est considérée aussi comme un état d'équilibre, avec une production et une abondance spécifique « optimales » dans une diversité maximale. Production et biomasse augmentent de l'oligotrophie vers l'eutrophie.

La méthode de la diagnose rapide peut être considérée comme une adaptation au contexte hydrobiologique français des méthodes d'évaluation de la qualité des plans établies par l'OCDE (1982).

### **C/ Principes généraux :**

Des descripteurs clés du milieu sont pris en compte dans les différents compartiments du plan d'eau :

- la physico-chimie de la masse d'eau.
- L'hydrobiologie de la colonne d'eau (le plancton végétal).

Des indices sont calculés pour ces différents paramètres, et reportés sur une échelle de 0 à 100. (voir tableaux 24 et 28 annexe II).

La physico-chimie et l'hydrobiologie du sédiment sont également contrôlées ; elles donnent des informations sur la qualité globale du sédiment.

La méthode de la diagnose rapide comprend aussi un « indice Oligochètes » (LAFFONT et al, 1991) et un indice « Mollusque » (MOUTHON, 1993) qui permettent d'évaluer la capacité biotique du sédiment.

Les indices calculés permettent de situer le plan d'eau sur la gamme des niveaux d'eutrophisation.

### **D/ Méthode et protocole :**

La méthode de la diagnose rapide se déroule sur quatre campagnes de prélèvement.

#### **a- Campagnes de mesures**

Les campagnes sont adaptées selon les conditions écologiques locales et l'évolution climatique et hydrobiologique du plan d'eau :

- Hiver, au moment du mélange des eaux (isothermie).
- Printemps, au moment où il y a une forte activité biologique (production primaire) avec les premiers blooms phytoplanctoniques dus au réchauffement de l'eau.

- L'été, quand l'activité biologique est toujours soutenue avec l'apparition de temps à autre de blooms phytoplanctoniques de certaines espèces d'algues dans un milieu stratifié.
- Automne, les conditions de stratification sont les plus sévères avec les taux de matière organique en dégradation les plus élevés dans l'eau.

Les mesures de physico-chimie de pleine eau sont effectuées en hiver, au printemps et en automne, à différents niveaux de la colonne d'eau.

Les contrôles d'hydrobiologie de pleine eau ont lieu au printemps et en été.

Le sédiment fait l'objet d'une campagne en automne (voir tableau 1).

Tableau 1 : mesure à effectuer pour une diagnose rapide

Campagne	Station	Eau		Sédiments	
		PC	HB	PC	HB
Hiver	Centrale	*	*		
Printemps	Centrale	*	*		
Eté	Centrale	*	*		
Automne	Centrale	*		*	*
	Latérales			*	*

PC : physico-chimie. HB : hydrobiologie.

### b- Physico-chimie de pleine eau

- **Calcul d'indices**

L'objectif est de retenir un nombre limité de paramètres en rapport avec l'état du plan d'eau et d'obtenir pour chaque indice une échelle homogène de 0 à 100 ; les milieux les plus eutrophes ayant les indices les plus élevés.

Formule de calcul :  $I = a + b \log_{10} X$

**I** : Indice d'eutrophisation,

**a et b** : paramètres de calcul,

**X** : valeur mesurée des différents paramètres (chlorophylle a, Secchi, P-PO<sub>4</sub>, P total, P minéral).

○ Paramètres retenus

Un certain nombre de paramètres ont été retenus pour le calcul des indices (voir tableau 2).

Tableau 2 : paramètres retenus pour le calcul des indices. (CEMAGREF, 1990).

Saison	Mesures de prélèvement de surface		Paramètre	Paramètre
	Paramètre	Valeurs retenues	a	b
Eté	Chlorophylle a	La moyenne des mesures de deux campagnes de printemps et d'été	30	23
	Transparence		64	-41
	PO <sub>4</sub>		92	22
Hiver	PO <sub>4</sub>	Mesure unique au cours de la campagne d'hiver	66	12
	P total		76	21
	N minimal		53	21

Les indices permettent d'évaluer la qualité du milieu entre les niveaux oligotrophes et eutrophes.

**Indice d'eutrophisation (I)**

- Si  $I < 30$  = oligotrophie ;  
 $30 < I < 45$  = mesotrophie ;  
 $45 < I < 60$  eutrophie ;  
 $I > 60$  hypereutrophie.

**- L'oxygène :**

Le déficit hypolimnique en oxygène est pris en compte.

On retient quatre paramètres :

- Consommation totale ;
- Déficit total ;
- Déficit d'origine ;
- La consommation journalière.

### c- Hydrobiologie (phytoplancton)

- **Les indices trophiques planctoniques : (ITP)**

La qualité hydrobiologique du plan d'eau peut être évaluée à partir du phytoplancton prélevé au filet (maille 35 nm), (voir tableaux 25, 26,27 et 28 annexe II).

Formule de calcul :

$$\text{ITP} = \text{moyenne de } (B \sum QI. Aj) - 5$$

**QI** : est une note de qualité décroissante, qui s'estime par la présence de différents groupes taxonomiques. Elle varie de 1 à 7.

**Aj** : représente les classes d'abondance de chacun des groupes et varie de 0 à 5.

**B** : représente la classe de la biomasse ; elle varie de 1 à 3 en fonction de la concentration en chlorophylle a.

Si : ITP < 20 le milieu est oligotrophe,  
 20 < ITP < 50 le milieu est mésotrophe,  
 50 < ITP < 100, le milieu est eutrophe.

### d- Physico-chimie du sédiment

On a retenu deux catégories d'éléments :

- **Les paramètres qualitatifs :**

(Voir tableau 29 annexe II).

- **Paramètres descriptifs :**

- texture du sédiment ;
- métaux lourds, et micro polluants ;
- qualité des eaux interstitielles.

(Voir protocole pour la diagnose rapide)

### e- Hydrobiologie des sédiments

- L'indice EOS 1 « oligochète » (LAFFONT *et al*, 1991).

L'indice EOS 1 permet d'évaluer la capacité biotique des sédiments par rapport à d'autres sites. Cinq groupes d'oligochètes sont pris en compte : les Tubificidés, le genre Spirosperma, les Naididae, les Lumbriculidae et Enchytraeidae.

$$ESO1 = N + 3 \log_{10} (\text{abondance} + 1)$$

**N** : nombre de familles d'oligochètes récoltés

**Abondance** : nombre d'individus / 0.1m<sup>2</sup>

0 < EOS1 < 5 : sédiment à capacité biotique faible.

5 < EOS1 < 7 : sédiment à capacité biotique moyenne.

7 < EOS1 : sédiment à capacité biotique forte.

(Voir tableau 31 annexe II)

L'abondance est exprimée en nombre d'individus pour 0.1m<sup>2</sup>, ESO1 varie d'un minimum égal à 0 (pas d'oligochètes) à un maximum théorique de l'ordre de 20 (cinq groupes ; abondance = 100 000).

- L'indice malacologique (MOUTHON, 1993).

Cet indice malacologique se base sur la présence ou non de gastéropodes et de bivalves au-dessus et au-delà d'une profondeur (voir tableau 30, annexe II).

## VI- Description du site

### 1/Situation géographique géologique et hydrologique :

Le barrage de BOUKOURDANE se situe à environ 1.3km au sud du village de Sidi Amar (w de Tipaza), coordonnées géographiques : 36°5 N et 2°3 E. Ce plan d'eau est implanté sur le lit de l'oued El-Hachem dans une zone de collines, s'étendant en direction presque Est-Ouest. Au Nord il est situé à 11km de la méditerranée et, au sud, il est délimité par la montagne Bou-Maad. La mise à eau du barrage a été effectuée en 1996.

Avec une hauteur de 55m au dessus du thalweg et une altitude de retenue normale de 119.5m, le barrage de BOUKOURDANE dispose d'une capacité d'accumulation de 101.5 millions de m<sup>3</sup>, en vue de satisfaire les besoins en eau potable des villes de Cherchell, de Nador, et de Tipaza. De plus, il devrait satisfaire les besoins en eau d'irrigation de la vallée de l'oued El-Hachem et des régions de Hadjout, de Nador et de Sahel.

Selon le programme défini par l'avant projet de construction du barrage, le volume d'eau que totalise le barrage est de 49 Mm<sup>3</sup> par année, dont 8 Mm<sup>3</sup> d'eaux potables et 41 Mm<sup>3</sup> d'eaux d'irrigations.

S'éparpillant en forme d'une feuille, les oueds Safsaf, Fedjana, Nache, Mansour, Tegza, Boukadir et Achechou donnent par leur confluence, à 900m en amont du barrage, la naissance à l'oued El-Hachem. La cuvette du barrage est entourée de hautes montagnes et de massif. La surface du bassin versant, qui est l'aire de réception des précipitations et alimentations du cours d'eau (BRAVARD et PETIT, 2000) en amont du barrage, compte 177km<sup>2</sup>. Cette cuvette est amplement recouverte de marne gris verdâtre et les vallées sont surmontées par des alluvions de graviers et sables.

Les formations géologiques du site du barrage sont divisées en 03 groupes : les roches ignées basiques et les produits de leur altération actuelle in situ ; les roches sédimentaires tertiaires et les terrains qui s'y développent ; les dépôts quaternaires, alluvions de l'oued et déjections torrentielles. Les caractéristiques morphométriques du bassin versant et de la retenue sont données dans le tableau N°3.

Tableau N°3 : Données sur le barrage de BOUKOURDANE

<b>Bassin versant</b>	
Superficie	177 Km <sup>2</sup>
Périmètre	58 Km
Altitude moyenne	420 Km
<b>La retenue</b>	
Altitude	119.5m
Surface	536 ha
Capacité totale	101 million m <sup>3</sup>
Réserve d'envasement	10.8 million m <sup>3</sup>
Envasement annuel moyen	0.21 hm <sup>3</sup>



## 2/ Choix et description des stations :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (gazes dissous, MES....etc.).

Dans le cas d'un lac ou d'un barrage il y a lieu de choisir plusieurs points de prélèvement. Au niveau de chaque station, on prélève plusieurs échantillons à différentes profondeurs pour tenir compte de l'hétérogénéité verticale et horizontale.

Dans notre étude nous avons choisi de faire des prélèvements au niveau de 4 stations réparties de l'amont vers l'aval et représentant les différents niveaux du barrage. *Fig. 2.2*

**Station n°1** : située en aval du barrage, à proximité de la digue où nous avons effectué un prélèvement de surface et un deuxième prélèvement cumulé à 3 niveaux de profondeurs : 3m, 5m, et 10m.

**Station n°2** : située au milieu du barrage où nous avons effectué un seul prélèvement en surface.

**Station n°3** : située près de l'embouchure de l'oued Menacer où nous avons aussi effectué un prélèvement de surface.

**Station n°4** : située en amont du barrage près de l'embouchure de l'oued Fedjani où nous avons effectué un prélèvement de surface.

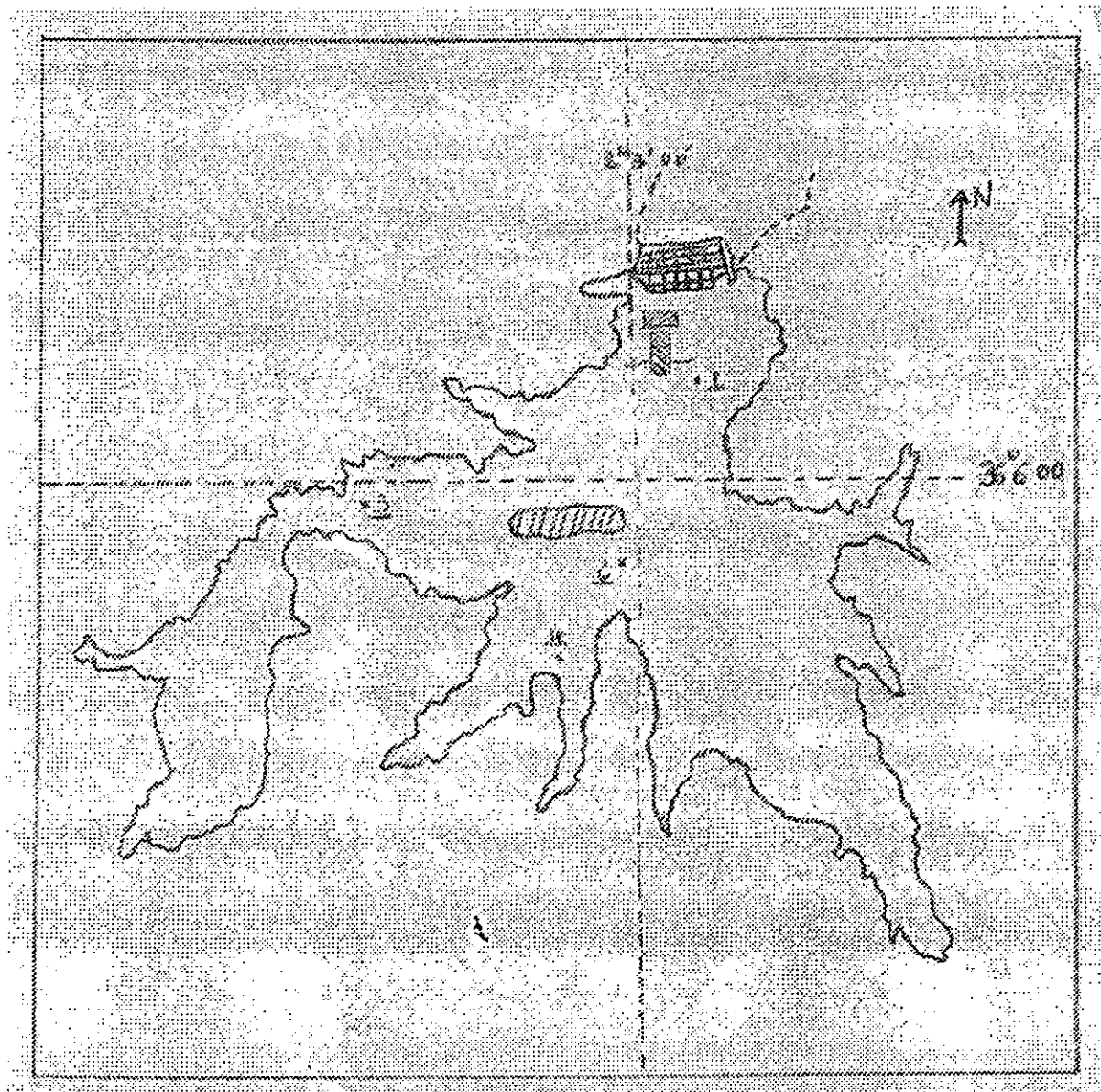


Figure n° 2 : Plan schématique du barrage de BOUKOURDANE avec la localisation des stations de prélèvements.

## VII- Matériels et méthodes d'analyse

### 1/ Matériels utilisés :

Les paramètres physicochimiques (température, salinité, pH et oxygène dissous) ont été mesurés in situ tandis que les échantillons d'eau destinés à la mesure des sels nutritifs dissous, MES et chlorophylle a, ont été conservés pour un traitement ultérieur au laboratoire.

Pour cela nous avons utilisé :

- un thermomètre portable ;
- un oxymètre et un pH mètre de la trousse ~~HACH~~;
- un disque de Secchi ;
- une bouteille à renversement de type « NISKIN » dont la capacité est d'1l.

Les analyses des sels nutritifs ainsi que des matières en suspension ont été effectuées au niveau du laboratoire du CNDPA en utilisant le matériel suivant :

- une pompe à vide pour la filtration des MES et de la chlorophylle a ;
- une centrifugeuse ;
- un spectrophotomètre pour l'analyse des absorbances des différents sels nutritifs et de la chlorophylle a ;
- une balance de précision pour le pesage des MES ;
- une colonne de réduction de cadmium ;
- des béchers et des erlinmeyers.

Pour faciliter le travail de l'analyse et l'exploitation des résultats, tout en évitant les erreurs, il convient d'étiqueter ou de numéroter les prélèvements (RODIER, 1996).

### 2/Méthodologie de prélèvement et d'analyse :

#### A/Méthode de prélèvement :

Le prélèvement d'eau s'est effectué à l'aide d'une bouteille de prélèvement de type « NISKIN » d'une capacité de 1litre, qui une fois placée sur le câble hydrographique, est descendue aux profondeurs requises. L'envoi d'un messenger qui coulisse le long du câble, déclenche le mécanisme de fermeture de la bouteille.

Une fois que la bouteille est remontée à bord, nous rinçons deux fois nos flacons avec l'eau à analyser, puis remplissons nos flacons.

On notera, qu'avant l'échantillonnage, pour chaque station et à chaque profondeur, l'eau prélevée servira aux mesures des paramètres : température, oxygène dissous et pH.

Pour ce qui est des échantillons destinés à l'analyse des sels nutritifs, ils ont été immédiatement conservés dans une glacière.

### **B/Méthode d'analyse :**

#### **a- Mesure de l'oxygène dissous :**

L'oxygène dissous peut être mesuré par la méthode chimique de WINKLER (AMINOT, 1993).

Pour nos analyses nous avons mesuré l'oxygène à l'aide d'un oxymètre. Cet appareil est muni d'une sonde électrolytique que l'on plonge dans l'eau prélevée. La valeur de l'oxygène dissous s'affiche sur un petit écran en mg/l avec une précision de plus ou moins 0.01mg/l (AMINOT, 1983). L'étalonnage de l'oxymètre se fait par une solution tampon en fixant le pourcentage de saturation de l'oxygène (environ 102 %) et en prenant en considération la pression atmosphérique ambiante.

#### **b- Mesure de la salinité et de la température :**

Pour ces deux paramètres, nous avons utilisé le salinomètre (la méthode conductimétrique) car il permet de mesurer la salinité in situ. L'appareil préalablement étalonné à l'aide de l'eau normale est d'une précision de plus ou moins 0.01 psu (AMINOT, 1983).

Il donne aussi en même temps la température en °C avec une précision de plus ou moins 0.01 (AMINOT, 1983).

#### **c- Mesure du potentiel d'hydrogène (pH) :**

Pour la mesure de ce paramètre, on a utilisé la méthode électrochimique qui permet les mesures in situ du pH.

Les mesures se font à l'aide d'un pH mètre muni d'une électrode en verre rincée à l'eau distillée et essuyée, puis plongée dans le flacon de prélèvement. Après immersion de l'électrode et stabilisation, la valeur du pH est notée.

Rappelons que l'étalonnage se fait avec des solutions étalons de pH respectifs de 4.01 et 7.00.

**d- Mesure de la matière en suspension :**

Il s'agit de la mesure de la matière en suspension, de la chlorophylle a, ainsi que l'analyse des sels nutritifs dissous.

**-Principe de la méthode :**

Le principe de la méthode consiste à filtrer l'eau à travers des filtres millipores afin de retenir les particules ayant une taille supérieure ou égale à 0.45µm (AMINOT, 1983).

**-Préparation des filtres :**

Les filtres millipores de Wattman sont rincés à l'eau distillée puis séchés à l'étuve à 70°C pendant 2h environ. Une fois secs, les filtres sont mis dans des boîtes à filtres préalablement numérotées qu'on laisse refroidir dans un dessiccateur qui va absorber toute humidité restante dans les filtres. Ensuite un pesage à vide s'effectue.

**-Filtration des échantillons :**

Cette étape consiste à filtrer un volume d'eau bien déterminé, grâce à un système de filtration. Dans le cas de nos échantillons, le volume est supérieur à 250 ml. Les filtres contenant la matière en suspension sont placés dans l'étuve à une température de 70°C pendant 2h, puis mis dans un dessiccateur pendant 30 minutes.

Chaque filtre est pesé et remis dans sa boîte correspondante et placé à l'abri dans une étuve à une température ambiante afin d'éviter toute contamination.

**-Mode de calcul de la matière en suspension (MES) :**

La concentration de la matière en suspension est donnée par la relation suivante :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{P2 - P1}{V}$$

**P1**=poids du filtre avant la filtration (en mg).

**P2**=poids du filtre après filtration.

**V**=volume d'eau filtrée (en l).

### 3/Dosage chimique des sels nutritifs :

#### -Principe général :

Le principe général des analyses chimiques des sels nutritifs est basé sur des réactions de coloration. En effet, pendant le dosage, les sels vont se mélanger avec des réactifs spécifiques et vont donner une certaine coloration tout en absorbant l'énergie lumineuse à une longueur d'onde donnée. La coloration du mélange est d'autant plus intense que sa concentration en sels est importante.

#### A/Dosage de l'azote nitrique « $\text{NO}_3^-$ »

##### a- Réactifs :

- solution de sulfanilamide (réactif N°1) ;
- solution de N-NAPHTYL-ETHYENEDIAMINE (réactif N°2) ;
- solution étalon de nitrite ;
- solution étalon de nitrate ;
- solution concentrée de chlorure d'ammonium ;
- solution diluée de chlorure d'ammonium ;
- solution de sulfate de cuivre ;
- colonne réductrice :
  - \* préparation du cadmium ;
  - \*remplissage et traitement de la colonne ;
  - \*utilisation et entretien de la colonne ;
  - \*durée de vie, régénération du réducteur.

##### b- Mode opératoire :

###### 1-Processus général :

###### -analyse des concentrations totales (nitrate + nitrite) :

- prendre 100ml plus ou moins 2ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement.
- verser environ 5ml de cette solution dans la colonne et laisser écouler ;
- verser alors le reste de l'échantillon ;
- rejeter les 30 premiers ml ;

- rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques ml de la solution sortant de la colonne
- et recueillir 50 ml de l'effluent ;
- ajouter aussitôt 1 ml de réactif n°1 et mélanger ;
- laisser reposer 2 à 8 minutes ;
- ajouter 1ml du réactif n°2 et mélanger ;
- attendre au moins 10 minutes ;
- mesurer l'absorbance en cuve de 1cm à 543 nm par rapport à l'eau distillée, soit :  $A_{tr}$  cette mesure.

**-analyse des ions nitrites :**

- prendre 50 plus ou moins 1ml de solution concentrée de  $NH_4Cl$  et mélanger.
- poursuivre le dosage comme sur 50 ml d'effluent de la colonne.

**2-Etalonnage**

**3-contrôle du rendement de réduction**

**4-contrôle de la réduction des ions nitrites**

**5-blancs :**

- blanc de turbidité.
- blanc des réactifs.

**c- Calculs et expression des résultats**

L'absorbance nette de l'échantillon est :

$$A = A_{tr} - b_t - b_r$$

A : est reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration totale en nitrite.

Soit: C, cette concentration

$$C = [NO_2-NO_3] = R * [NO_3] + r * [NO_2]$$

D'où:

$$[NO_3] \mu\text{mol/l} = C * 1/R - [NO_2] * r/R$$

**Soit :**

$A_{tr}$  : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité.

$B_t$  : Absorbance mesurée pour le blanc de turbidité.

$B_r$  : Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs.

$R$  : Rendement de réduction des ions nitrates en nitrites  $R < 1$ .

$r$  : Fraction des ions nitriques non réduit par la colonne  $r < 1$ .

**Remarque :**

Dans la plupart des cas le rapport  $r/R$  peut être pris égal à l'unité.

**B/Dosage de l'azote nitreux «  $NO_2^-$  »****a- Réactifs :**

- Solution de sulfanilamide (réactif 01) ;
- Solution de NAPHTYL-ETHYLENDIAMINE (réactif 02) ;
- Solution étalon primaire de nitrite ;
- solution étalon secondaire de nitrite.

**b- Mode opératoire :****1-Processus général :**

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 25°C.

- Rincer une éprouvette de 50 ml avec l'eau à analyser et y introduire 50 ml plus ou moins 1ml de l'échantillon.
- Ajouter 1ml du réactif 01 et mélanger.
- Laisser reposer deux à trois minutes.
- Ajouter 1ml du réactif 02 et mélanger à nouveau.
- Attendre au moins 10 minutes, mais pas plus de 02 heures.
- Mesurer l'absorbance en cuve de 10cm de trajet optique à la longueur d'onde de 543 nm, en prenant l'eau distillée comme référence. Soit :  $A_{tr}$  cette valeur.

**2-Etalonnage.****3-Blancs :**

- blanc de turbidité.
- blanc de réactifs.

**c- Calcul et expression des résultats :**

L'absorbance nette est :

$$A = A_{tr} - B_t - B_r$$

La concentration de l'azote nitreux est :

$$[N-NO_2^-] \mu\text{mol/l} = P * A$$

**C/Dosage du phosphore minéral dissous « PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> » :****a- Réactifs :**

- Solution de molybdate d'ammonium ;
- Acide sulfurique 2,5 mol/l ;
- Solution d'acide ascorbique ;
- Solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine.

**• Mélange –réactif :**

- 100ml de solution de molybdate d'ammonium ;
- 250ml d'acide sulfurique 2,5mol/l ;
- 100ml de solution d'acide ascorbique ;
- 50ml de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine ;
- Solution étalon primaire de phosphate ;
- Solution étalon secondaire de phosphate ;

**b- Mode opératoire :****1-processus général :**

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30°C.

On procède comme suit :

- préparer le mélange –réactif ;

- mesurer 100ml d'échantillon ;
- ajouter 10 plus ou moins 0.5ml du mélange –réactif et homogénéiser aussitôt ;
- attendre 5 minutes et mesurer l'absorbance à 885nm en cuves de 10cm de trajet optique, par rapport à l'eau distillée .Soit Atr Cette mesure. ↵

### 2-Etalonnage

#### 3-Blancs :

- blanc de turbidité.
- blanc des réactifs.

### c- Calcul et expression des résultats :

L'absorbance nette est :

$$A = A_{tr} - b_t - b_r$$

Soit :

$A_{tr}$  : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité.

$B_t$  : Absorbance mesurée pour le blanc de turbidité.

$B_r$  : Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs.

La valeur A est reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

On peut également déterminer la pente P de la droite d'étalonnage en  $\mu\text{mol/l}$  par unité d'absorbance ; la concentration est :

$$[\text{PO}_4] \mu\text{mol/l} = P \times A$$

### D/Dosage de l'azote ammoniacal « $\text{NH}_4^+$ » :

#### a- Réactifs :

- **Reactif1** : solution de phénol-nitroprussiate de sodium ( $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) et compléter jusqu'à 1l avec l'eau distillée.

- **Reactif2** : solution alcaline d'hypochlorite.

Dissoudre 280g de citrate trisodique ( $\text{Na}_3 \text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2\text{H}_2\text{O}$ ) et 22g de soude dans 800ml d'eau distillée.

Ajouter un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspondant à 1.4gde chlore, soit 44ml d'une solution à 10 degrés chlorométrique.

Compléter à 100ml.

#### **b- Détermination des blancs :**

Ce sont des absorbances qui ne proviennent pas des réactions colorées produites par le sel analysé. Il s'agit de blanc de cuves, de réactif.

Le blanc de cuve est obtenu en analysant de l'eau distillée.

Le blanc de réactif est obtenu en ajoutant de l'eau distillée et les réactifs 1 et 2 dans les mêmes proportions que celles utilisées pour les échantillons d'eau.

Le but de la détermination des blancs de cuves est d'éliminer toute erreur pouvant provenir de l'extérieur.

#### **4/Dosage de la chlorophylle a par spectrophotométrie :**

La détermination quantitative globale de la fraction particulaire vivante dans les milieux aquatiques est importante pour l'étude et la compréhension de phénomène écologique ; pour cela, une estimation des pigments photosynthétiques s'avère satisfaisante, plus simple et plus rapide que des méthodes basées par exemple sur le comptage des cellules (AMINOT, 1983). La méthode de dosage de chlorophylle a par spectrophotométrie peut se résumer comme suit :

##### **A/Réactif :**

- suspension de carbonate de magnésium a 1% ;
- solvant d'extraction (acétone 90%) ;
- solution d'acide chlorhydrique ;

**B/Mode opératoire :****a- Filtration :**

L'eau doit être filtrée le plus rapidement possible après le prélèvement. Utiliser de préférence les membranes de filtration en fibre de verre de type Wattman GF/C qui retiennent les particules de tailles supérieures à 0.5 - 1µm et qui offrent plus d'avantages.

\*Placer une membrane sur le support et disposer 1 à 2 ml de suspension de carbonate de magnésium.

\*Appliquer le vide et filtrer l'échantillon en prenant soin de l'agiter pour bien récupérer toutes les particules pour éviter le risque d'éclatement des cellules.

\*Rincer le cas échéant la tulipe du support filtre avec un peu d'eau fraîchement filtrée pour assembler toutes les particules sur le filtre.

\*Mettre le filtre dans le tube prévu à cet usage et si possible commencer l'extraction.

\*Placer aussitôt le filtre ou l'extrait à l'abri de la lumière et au froid si l'analyse est différée.

**b- Extraction des pigments :**

Le filtre et l'extrait pigmentaire ne doivent jamais rester à la lumière ; à cet effet il est bon d'envelopper les tubes dans une feuille d'aluminium.

\*Introduire le filtre dans un tube à centrifuger et ajouter 10ml du solvant d'extraction (acétone 90%).

\*Déchiqueter le filtre à l'aide d'une baguette ou d'un tube de verre à embout coupant, boucher et agiter pour disperser les filtres.

\*Laisser l'extraction se poursuivre, soit une vingtaine d'heures au réfrigérateur dans l'acétone à 90%.

\*Centrifuger une minute et faire tomber les fibres de verres qui adhèrent à la paroi par un léger mouvement d'agitation.

\*Centrifuger à nouveau 5 à 10 minutes à 3000-4000 tours/minute.

**c- Mesure d'absorbance :**

-Longueur d'onde mesurée : 665nm

-Détermination des blancs :

- blanc de cuves

- blanc de turbidité.

• **Méthode de Lorenzen (solvant : acétone a 90%) :**

-transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve de spectrophotométrie ;

-mettre la cuve en place et s'assurer de son positionnement correct ;

-mesurer les absorbances brutes des extraits non acidifiés aux longueurs d'ondes de 665 et 750nm. Soit :  $Ab^{na}_{665}$  et  $Ab^{na}_{750}$  ;

acidifier par addition de 10 $\mu$ l d'acide chlorhydrique 0.3mol/l par millilitre d'extrait directement dans la cuve et attendre 2 a3 minutes ;

-mesurer les absorbances brutes des extraits acidifiés à 665nm et 750nm. Soit  $Ab^a_{665}$  et  $Ab^a_{750}$ .

**C/Calcul et expression des résultats :**

-Avant acidification :

$$A^a_{665} = (Ab^{na}_{665} - bc_{665}) - (Ab^{na}_{665} - bc_{750})$$

-Après acidification :

$$A^a_{665} = (Ab^a_{665} - bc_{665}) - (Ab^a_{750} - bc_{750})$$

**Les concentrations de chlorophylle a se calculent d'après la relation :**

$[ChA] = \frac{26.7 (A^{na}_{665} - A^a_{665}) \cdot v}{V.1}$
---

Le dosage de la concentration en chlorophylle a d'une eau permet d'estimer l'importance de la population phytoplanctonique qui peuple cette eau.

Tableau 04 : résultats des paramètres physiques et chimiques au niveau des quatre stations

Paramètres		TC°	O2 (mg/l)	s‰	pH	MES (mg/l)	Conduct us/cm	Ch. A (mg/l)	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)
saisons	stations											
ETE	1cum	27	10.61	0.1	8.41	4	726	1.5	0.81	2.48	0.021	0.38
	1surf	27.6	11.45	0.1	8.43	4	747	2.4	0.047	2.41	0.038	0.24
	2	27.9	11.05	0.1	8.46	10	722	2.2	0.045	1.29	0.01	0.01
	3	28.4	10.75	0.1	8.61	14	719	1.06	0.05	1.82	0.059	0.93
	4	28.3	10.1	0.1	8.42	14	718	0.53	0.046	1.61	0.085	0.24
Automne	1cum	10.4	9	0.1	8.10	4	724	1.068	0.047	10.626	0.075	0.208
	1surf	10.8	9	0.1	7.90	4	738	1.065	0.046	8.394	0.205	0.089
	2	10.9	13.2	0.1	8.06	10	718	2.136	0.035	9.555	0.081	0.034
	3	10.2	10.9	0.1	8.15	5	714	1.06	0.042	11.809	0.277	0.470
	4	10.2	11.1	0.1	8.20	5	707	1.05	0.033	10.341	0.063	0.005
Hiver	1cum	14.5	8.5	0.1	8.12	6.66	769	9.345	0.052	26.631	0.024	0.129
	1surf	14.2	8.3	0.1	8.21	6.66	753	1.335	0.042	18.974	0.020	0.031
	2	14.1	8.3	0.1	8.21	7.14	754	1.335	0.044	13.293	0.044	0.056
	3	14.6	8.1	0.1	8.20	23.07	751	2.67	0.077	9.333	0.043	0.140
	4	14.3	7.9	0.1	8.19	16.66	753	4.005	0.046	8.395	0.032	0.223
Printemps												
	1cum	17.8	9.3	0.1	8.28	6.66	685	8.55	0.051	26.21	0.013	0.016
	1surf	17.4	8.2	0.1	8.34	8	692	13.88	0.041	18.83	0.009	0.038
	2	17	8.3	0.1	8.12	8	694	3.20	0.061	12.66	0.009	0.0560.03
	3	17.3	8.5	0.1	8.18	8	694	4.27	0.063	9.09	0.014	0.034
	4	17.6	8.2	0.1	9.1	4	694	2.13	0.059	8.05	0.017	0.031

### VIII- Analyse et discussion des résultats

Nous avons choisi de faire une comparaison entre les résultats des analyses physico-chimiques obtenus au cours de notre étude sur le barrage de BOUKOURDANE durant l'année 2004 avec les résultats obtenus durant les deux dernières années (2002 et 2003) sur le même site, ainsi que les résultats obtenus sur le barrage de KHERRATA durant l'année 1995 (BENAMARA et BOUIDGHAGHEN) à titre comparatif. Ceci afin de mettre en évidence dans un premier temps, l'évolution et les changements qu'a subi le barrage de BOUKOURDANE sur trois années (2002-2003 et 2004) et dans un deuxième temps faire ressortir les différences au niveau qualité et productivité qui existent entre un jeune barrage - BOUKOURDANE- et un ancien barrage -KHERRATA-.

Tableau 05 : moyenne des paramètres physico-chimiques du barrage de BOUKOURDANE au cours de l'année 2004.

	Nitrites (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Phos- Phates (mg/l)	Ammono- nium (mg/l)	Chl a (mg/m <sup>3</sup> )	MES (mg/l)	T °C	O <sub>2</sub> (mg/l)	pH	COND (µs/cm)
ST1CUM	0.058	16.48	0.18	0.033	5.11	5.33	17.4 2	9.35	8.22	726
ST 01S	0.044	12.25	0.10	0.021	4.67	5.66	17.5	9.23	8.22	747
ST 02	0.046	9.2	0.04	0.036	2.225	8.78	17.4 7	10.1 3	8.21	722
ST 03	0.058	8.01	0.28	0.047	2.267	12.5	17.6 2	9.56	8.28	719
ST 04	0.046	7.12	0.12	0.049	1.93	9.91	17.6	9.32	8.47	718

#### 1/La température :

L'analyse de l'évolution mensuelle de la température des cinq stations donne une moyenne d'environ 17°C (voir tableau 5) ; cette valeur est située dans l'intervalle de qualité des eaux cyprinicoles donné par les normes de qualité des eaux pour les poissons(SCHLUMBERGER,2002).

Les températures moyennes obtenues lors de notre étude au cours de l'année 2004 sur le barrage de BOUKOURDANE oscillent entre 10.5 C° et 27.8 C°. La comparaison de ces valeurs avec celles des années 2003 et 2002 sur le même site ainsi qu'avec celles du barrage de KHERRATA durant l'année 1995 sont pratiquement identiques.

D'autre part la comparaison de la moyenne des températures de notre étude réalisée au cours de l'année 2004 qui est de 17.5 C° avec les valeurs standards des températures dans la littérature nous indique que le barrage est défini comme un plan d'eau tropical dont les températures ne descendent pas au dessous de 10 C° et dont la moyenne annuelle est supérieure à 15 C° (RYDING et RAST, 1994). (Voir tableau 06)

Tableau 06 : valeurs des températures saisonnières (°C)

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE</b> 2004: 10.5 / 27.8	27.84	10.5	14.34	17.42
<b>BOUKOURDANE</b> 2003 7.0 / 28.0	28			20.8
<b>BOUKOURDANE</b> 2002 10.2 / 26.3	26.3	10.2	13.86	15.38
<b>KHERRATA</b> 1995 8.5 / 26.4	26.4	8.5	10.66	18.66

## 2/les matières en suspensions :

Les teneurs des MES au niveau des cinq stations varient entre 5.33mg/l et 12.5mg/l (voir tableau 5). Ces teneurs sont en accord avec les normes de qualité des eaux douces piscicoles (SCHLUMBERGER, 2002).

Les concentrations moyennes, par saison, en MES obtenues lors de notre étude sur le barrage de BOUKOURDANE en 2004 varient entre 5.6mg/l et 12.38mg/l. La comparaison de ces valeurs avec celles des valeurs des années 2002 et 2003 montre une relative similitude. En

revanche une comparaison avec les teneurs en MES du barrage de KHERRATA durant l'année 1995 nous indique une nette différence.

Les concentrations élevées des MES lors de l'année 2004 pourraient s'expliquer par les effets des précipitations et des vents qui favorisent la remise en suspension des particules ainsi que le déversement des alluvions (voir tableau 07)

Tableau 07 : concentrations des matières en suspension (mg/l)

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	<b>9.2</b>	<b>5.6</b>	<b>12.38</b>	<b>6.9</b>
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	<b>10.5</b>	-----	-----	<b>7.00</b>
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	<b>14.16</b>	<b>8.1</b>	<b>12.50</b>	<b>14.16</b>
<b>KHERRATA 1995</b>	<b>1.57</b>	<b>1.57</b>	<b>0.78</b>	<b>7.21</b>

### 3/La conductivité :

Les valeurs moyennes de la conductivité mesurée durant notre étude sur le barrage de BOUKOURDANE en 2004 varient entre  $692\mu\text{s}/\text{cm}^2$  et  $756\mu\text{s}/\text{cm}^2$ . Ces résultats ne présentent pas de grandes différences avec ceux de l'année précédente sur le même site, mais en comparaison avec les valeurs de la conductivité obtenues sur le barrage de KHERRATA durant l'année 1995 nous observons une différence qui pourrait s'expliquer par une forte minéralisation engendrée par les apports organiques et les rejets se déversant dans le barrage. (RODIER, 1996).

D'après une comparaison de nos résultats avec ceux de la bibliographie, nous concluons que notre plan d'eau présente une minéralisation importante. (Voir tableau 08)

Tableau 08 : valeurs des conductivités ( $\mu\text{s/cm}$ ).

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	726	732	756	692
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	693	-----	-----	692
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	-----	-----	-----	-----
<b>KHERRATA 1995</b>	976	1000	1013	976

#### 4/l'oxygène dissous « $\text{O}^{2-}$ » :

Les mesures montrent que les teneurs en oxygène dissous sur les cinq stations varient entre 9.32mg/l et 10.13 mg/l (voir tableau 5). Ces valeurs révèlent une bonne oxygénation de l'eau sur l'ensemble du barrage et une compatibilité avec la vie piscicole.

Les concentrations moyennes par saison de l'oxygène dissous au niveau du barrage de BOUKOURDANE au cours de l'année 2004 varient entre 8.2mg/l et 10.8mg/l. Comparées à celles des années 2002 et 2003 sur le même site on remarque qu'elles sont pratiquement semblables ; par contre si on les compare avec celles du barrage de KHERRATA durant l'année 1995 on relève des différences significatives surtout en été où les valeurs sont plus faibles, de l'ordre de 5mg/l à KHERRATA. Cette différence est due probablement à l'oxydation de la matière organique (charge en phytoplancton importante) et est le signe de la vieillesse de ce dernier et de la jeunesse de BOUKOURDANE. (Voir tableau 09)

Tableau 09 : concentration en oxygène dissous (mg/l)

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	<b>10.80</b>	<b>10.46</b>	<b>8.22</b>	<b>8.5</b>
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	<b>10.95</b>	-----	-----	<b>11.62</b>
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	<b>7.93</b>	<b>10.30</b>	<b>9.25</b>	<b>8.48</b>
<b>KHERRATA 1995</b>	<b>5.67</b>	<b>11.73</b>	<b>7.80</b>	<b>7.21</b>

### 5/Le Potentiel hydrogène « pH » :

Les valeurs du pH relevées sur les cinq stations au cours de notre étude oscillent entre 8.21 et 8.47 (voir tableau 5), ce qui dénote une eau moyennement alcaline, d'après les normes de qualité des eaux douces pour les poissons (SCHLUMBERGER, 2002). Ces valeurs sont compatibles avec la vie piscicole.

Les valeurs moyennes du pH par saison, obtenues lors de notre étude sur le barrage de BOUKOURDANE en 2004 oscillent entre 8.08 et 8.47. Ces valeurs sont pratiquement semblables à celles des deux années précédentes sur le même site.

Par contre on observe une légère différence avec les valeurs obtenues sur le barrage de KHERRATA au cours de l'année 1995.

D'une manière générale nous pouvons dire que l'eau du barrage se rapproche de la neutralité. (Voir tableau 10)

Tableau 10: Valeurs du pH en fonction des saisons.

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	8.47	8.08	8.19	8.40
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	8.48	-----	-----	8.57
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	8.62	8.05	8.20	8.54
<b>KHERRATA 1995</b>	7.4	7.23	7.2	7.2

### 6/l'ammonium « $\text{NH}_4^+$ » :

L'évolution annuelle de l'ammonium sur les cinq stations indique des valeurs comprises entre 0.021mg/l et 0.049 mg/l (voir tableau 5). Ces valeurs sont situées dans l'intervalle optimal donné par les normes de qualité des eaux douces pour les poissons (SCHLUMBERGER, 2002).

La comparaison des concentrations moyennes en ammonium de l'année 2003 sur le barrage de BOUKOURDANE avec nos résultats de l'année 2004 sur le même site montre une similitude entre ces différentes valeurs. En revanche la comparaison de nos résultats avec ceux du barrage de KHERRATA durant l'année 1995 montre une grande différence ; celle-ci peut s'expliquer par le fait que le barrage de BOUKOURDANE est un barrage beaucoup plus jeune que celui de KHERRATA du fait de sa mise en exploitation en 1996. (Voir tableau 11)

Tableau 11 : concentrations en ammonium (mg/l).

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	<b>0.043</b>	<b>0.052</b>	<b>0.033</b>	<b>0.012</b>
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	<b>0.048</b>	-----	-----	<b>0.071</b>
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	-----	-----	-----	-----
<b>KHERRATA 1995</b>	<b>0.63</b>	<b>0.41</b>	<b>0.5</b>	<b>0.31</b>

### 7/ Les nitrates « $\text{NO}_3^-$ » :

Les concentrations en nitrate mesurées au cours de notre étude au niveau des cinq stations choisies sur le barrage de BOUKOURDANE oscillent entre 7.12mg/l et 16.48 mg/l, (voir tableau 5) ; ces valeurs sont relativement importantes comparées avec les valeurs des eaux de qualité utilisées pour l'élevage des poissons. (SCHLUMBERGER,2002) Ces concentrations pourraient s'expliquer, soit par une erreur de manipulation, soit par le fait d'un lessivage des terres agricoles au cours des pluies importantes enregistrées cette année et qui ont pu entraîner un apport important en nitrates.

Par ailleurs, ces moyennes obtenues pour les nitrates sont relativement importantes si nous les comparons à celles obtenues durant les deux années précédentes au niveau du même site, et se rapprochent beaucoup plus des valeurs obtenues à KHERRATA durant l'année 1995. Cette augmentation a été déjà observée en 2003, et a continué en 2004 ; elle pourrait être expliquée par les apports exogènes dus aux forts lessivages qu'a subis la région (terres agricoles) au cours de ces deux dernières années (fortes précipitations). (Voir tableau 12)

Tableau 12 : Concentrations en nitrates (mg/l).

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	<b>1.94</b>	<b>10.14</b>	<b>15.32</b>	<b>14.97</b>
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	<b>1.8</b>	-----	-----	<b>2.58</b>
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	<b>0.92</b>	<b>0.02</b>	<b>0.015</b>	<b>0.54</b>
<b>KHERRATA 1995</b>	<b>4.26</b>	-----	<b>10.52</b>	<b>9.82</b>

### 8/Les nitrites « $\text{NO}_2^-$ » :

Les concentrations en nitrites analysées sur les cinq stations lors de notre étude sont de l'ordre de 0.044mg/l à 0.058 mg/l (voir tableau 5). Ces valeurs sont satisfaisantes pour la vie piscicole comparée aux normes de qualité des eaux pour les poissons obtenues dans la bibliographie (SCHLUMBERGER, 2002).

Les moyennes des résultats obtenus au cours de notre étude par saison, oscillent entre 0.04 et 0.05 mg/l, et montrent une bonne santé du plan d'eau sachant que le nitrite est un élément toxique faiblement représenté dans le milieu aquatique.

Si on compare nos résultats avec les valeurs obtenues en 2003 et 2002 dans le même site (BOUKOURDANE), nous remarquons une relative stabilité de cet élément durant ces trois dernières années, nonobstant une plus faible concentration en 2002. Par ailleurs si nous comparons nos résultats à ceux obtenus à KHERRATA en 1995 nous pouvons conclure dans un premier temps que les valeurs sont comparables et normales et ce en se basant sur les valeurs des seuils du système fixe de classification de l'état trophique établi par l'OCDE (d'après OCDE 1982) qui donne des valeurs comparables variant entre 0.3mg/l et 0.03mg/l. (Voir tableau 13)

Tableau 13 : Concentrations en nitrites (mg/l)

	<b>ETE</b>	<b>AUTOMNE</b>	<b>HIVER</b>	<b>PRINTEMPS</b>
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	<b>0.054</b>	<b>0.040</b>	<b>0.052</b>	<b>0.055</b>
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	<b>0.040</b>	-----	-----	<b>0.053</b>
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	<b>0.023</b>	<b>0.018</b>	<b>0.013</b>	<b>0.036</b>
<b>KHERRATA 1995</b>	<b>0.025</b>	-----	<b>0.016</b>	<b>0.092</b>

### 9/le phosphore « $PO_4^{3-}$ » :

Les variations annuelles du phosphate analysé sur les cinq stations au cours de notre étude oscillent entre 0.04 mg/l et 0.28mg/l (voir tableau 5). Ces valeurs se rapprochent de 0.30mg/l qui est la valeur adéquate donnée dans la littérature par les normes de qualité des eaux douces pour les poissons (SCHLUMBERGER, 2002).

Les moyennes des valeurs du phosphore obtenues dans le milieu au cours de notre période de travail par saison, oscillent entre 0.01mg/l et 0.07mg/l. Ces concentrations peuvent être considérées comme très faibles en comparaison avec les valeurs trouvées durant les années précédentes (2002 et 2003).

Mais si nous comparons ces valeurs avec celles trouvées à KHERRATA en 1995, nous pouvons dire qu'elles sont relativement semblables et vérifient les valeurs trouvées dans la bibliographie qui donnent des concentrations en phosphore oscillant entre 0.005mg/l et 0.05mg/l pour les zones tempérées durant le mélange printanier et 0.05mg/l à 0.5mg/l pour le mélange estival ( contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs, RYDING et RAST, annexe1 : classification des plans d'eaux et potentialité d'utilisation, 1994 ). (Voir tableau 17)

Tableau 14 : concentrations en phosphore (mg/l)

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
BOUKOURDANE 2004	0.036	0.077	0.012	0.035
BOUKOURDANE 2003	0.36	-----		0.57
BOUKOURDANE 2002	0.042	0.066	0.122	0.36
KHERRATA 1995	0.023	-----	0.85	0.01

### 10/La chlorophylle :

Les concentrations en chlorophylle a sur l'ensemble des stations varient entre 1.93 mg/m<sup>3</sup> et 5.11 mg/m<sup>3</sup> (voir tableau 5) ; ces teneurs sont relativement faibles et pourraient s'expliquer par le fait d'un enrichissement et une productivité encore faible due à la jeunesse du barrage, ou par le fait des faibles concentrations en phosphore (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) dans les eaux qui se révèlent être un facteur limitant pour le développement du phytoplancton.

Les concentrations moyennes en chlorophylle a obtenues lors de notre étude sur le barrage de BOUKOURDANE en 2004 varient entre 1.27mg/m<sup>3</sup> et 6.40mg/m<sup>3</sup> au cours des différentes saisons. Ces concentrations ne varient que très peu par rapport aux concentrations obtenues lors de l'année 2003 ; en revanche une comparaison avec les résultats obtenus sur le barrage de KHERRATA en 1995 montre une importante différence en chlorophylle a qui est nettement supérieure pour ce dernier.

Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que le barrage de BOUKOURDANE est un barrage relativement jeune (mise en exploitation en 1996). (Voir tableau 15)

Tableau 15: Concentrations en chlorophylle a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

	ETE	AUTOMNE	HIVER	PRINTEMPS
<b>BOUKOURDANE 2004</b>	<b>1.54</b>	<b>1.27</b>	<b>3.74</b>	<b>6.40</b>
<b>BOUKOURDANE 2003</b>	<b>1.56</b>	-----	<b>2.87</b>	<b>2.87</b>
<b>BOUKOURDANE 2002</b>	-----	-----	-----	-----
<b>KHERRATA 1995</b>	<b>08.56</b>	<b>15.03</b>	<b>11.44</b>	<b>14.61</b>

**En conclusion :**

Nous pouvons dire que le barrage de BOUKOURDANE a peu évolué durant ces trois dernières années mais reste encore en bonne santé, avec des paramètres physico-chimiques compatibles avec la vie piscicole.

## IX- Calcul et interprétation des indices donnés par la méthode diagnose rapide :

### 1/Indice d'eutrophisation :

Formule de calcul :  $I = a + b \log_{10} X$

#### A/Saison « été » :

**a- Indice chlorophylle a** :  $I = 30 + (23 \log [\text{CHa}])$  avec  $\text{CHa} = 3.97 \text{ mg/m}^3$  en moyenne.  $I = 43.77$

**b- Indice de transparence au Secchi** :  $I = 64 + (-41 \log [S])$  avec  $S = 1.25$  mètre en moyenne.  $I = 60$

**c- Indice phosphore « P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> »** :  $I = 92 + (22 \log [\text{P-PO}_4^{3-}])$  avec  $\text{P-PO}_4^{3-} = 0.035 \text{ mg/l}$  en moyenne

$$I = 60.10$$

#### B/Saison « hiver » :

**a- Indice phosphore « P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> »** :  $I = 66 + (12 \log [\text{P-PO}_4^{3-}])$  pour une teneur de  $0.012 \text{ mg/l}$  de phosphore en hiver ;

$$I = 42.95$$

**b- Indice phosphore total « P total »** :  $I = 76 + (21 \log [p \text{ total}])$  pour une teneur de  $0.012 \text{ mg/l}$  de phosphore en hiver ;

$$I = 35.66$$

**c- Indice N minéral** :  $I = 50 + (21 \log [\text{N minéral}])$ . L'azote minéral est représenté essentiellement sous la forme  $\text{NO}_3^-$  (CEMAGREF, 2000)

$$I = 77.89$$

### • CONCLUSION :

La comparaison des résultats obtenus lors du calcul de ces indices d'eutrophisation avec les résultats du tableau des paramètres retenus pour le calcul d'indice (tab n°2 page n°17), montre que les différents indices situent le barrage de BOUKOURDANE comme un milieu aquatique eutrophe.

## 2/L'indice trophique planctonique « ITP » :

Tableau 16 : Classement des groupes phytoplanctoniques

	QI	HIVER	AJ	PRINTEMPS	AJ
Désmidiées	1	0	0	0	0
Diatomées	2	16	1	10	0
Chrysophycées	3	0	0	0	0
Dinophycées	4	03	0	04	0
Chlorophycées	5	59	4	180	5
Cyanobactéries	6	0	0	02	0
Euglénophycées	7	02	0	0	0
Chlorophylle a « mg/m <sup>3</sup> »	Le taux de chlorophylle a maximal sur les 4 saisons est de 13.84 mg/m <sup>3</sup>				
Classe B	02		02		
B (Σ QI .AJ)	2. (22)		2. (25)		

- Calcul de l'indice trophique planctonique :

Formule de calcul :  $ITP = \text{moyenne de } (B \sum QI \cdot AJ) - 5$

$$ITP = 42$$

### Conclusion

D'après le calcul de l'indice trophique planctonique, nous constatons que celui-ci est compris entre 20 et 50, ce qui, en comparaison avec les classes de l'ITP données dans le protocole de la méthode de la diagnose rapide, nous indique une mésotrophie du milieu aquatique étudié.

**X- Interprétation générale des résultats :**

Tableau 17 : valeurs des seuils du système fixe de classification de l'état trophique établis par l'OCDE (OCDE, 1982).

Etat trophique	P total	Chl a moyenne	Chl a maximum	Secchi moyenne	Secchi minimum
Ultra oligotrophe	<4.0	<1.0	<2.5	>12.0	>6.0
Oligotrophe	<10.0	<2.5	<8.0	>6.0	>3.0
Mésotrophe	10-35	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5
Eutrophe	35-100	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7
Hypereutrophe	>100	>25	>75	<1.5	<0.7

Une comparaison des résultats physico-chimiques et hydrobiologiques obtenus lors de notre étude sur le barrage de BOUKOURDANE au cours de l'année 2004 avec les résultats du tableau des valeurs des seuils du système fixe de classification de l'état trophique établis par l'OCDE en 1982 ainsi qu'avec les résultats mentionnés dans la bibliographie (S.O.RYDIG et W.RAST, 1993) nous permet de démontrer que le niveau trophique du barrage de BOUKOURDANE se situe entre l'état mésotrophe et eutrophe.

Ces résultats sont d'autant plus vérifiés lors de l'application de la méthode de la diagnose rapide au travers du calcul d'indices qui situe dans un premier temps, en référence à l'indice chlorophylle, le plan d'eau comme mésotrophe et dans un deuxième temps, en référence aux indices de transparence, de P- $\text{PO}_4^{3-}$  et de N minéral, qui situent le plan d'eau comme eutrophe.

**Conclusion :**

Nous pouvons dire que le niveau trophique du barrage correspond à un milieu aquatique **méso-eutrophe**. Ce résultat pourrait s'expliquer par le fait des valeurs chlorophylliennes encore faibles pour cause de la jeunesse du plan d'eau et en raison du disproportionnement entre les concentrations en sels nutritifs.

# *Chapitre 3*

## *Estimation de la production du barrage*

## Chapitre 3 : Estimation de la production du barrage

### 1/Généralités

#### A/La production

La production est le processus d'élaboration d'une matière organique nouvelle qui assure le renouvellement de la biomasse consommée ou morte. Elle dépend de la vitesse de croissance des individus qui composent la biomasse.

C'est la quantité totale de matière organique nouvellement synthétisée produite par une biomasse donnée durant une période de temps donnée. La production biologique correspond en réalité à l'accroissement de la biomasse pendant une période de temps considérée, auquel il faut ajouter les pertes par les excréments, la respiration, la mortalité et la prédation qui se produisent durant cette période. (LEVEQUE, 1996).

Connaître la production d'un lac donné afin de prévoir son évolution c'est aussi estimer la vitesse de croissance des individus, leur mortalité naturelle, le taux de reproduction, et faire une étude de la dynamique des populations existant dans le lac (THORSON, 1957). C'est aussi estimer l'accroissement de la matière dans cet écosystème se traduisant par une accumulation de l'énergie.

#### B/ Evaluation de la productivité

La productivité est un taux de production qui correspond à la quantité de matière produite par unité de biomasse et par unité de temps. On utilise le rapport P/B (rapport production de biomasse, exprimé en unité de temps) pour évaluer la productivité des divers constituants biotiques des écosystèmes. (LEVEQUE, 1996).

La productivité d'un plan d'eau peut être calculé de plusieurs façons. Nous retiendrons trois méthodes théoriques : l'une se basant sur la capacité biogénique, l'autre se basant sur l'indice morphoédaphique, et enfin une se basant sur la chlorophylle a, et le phytoplancton.

a- **Productivité théorique** d'après LEGER-HUET et ARRIGNON, 1970 (in ARRIGNON, 1998).

La productivité théorique est donnée par la formule suivante :

$$P = 10 \times B \times K$$

Cette formule donne la productivité (P en Kg/ha), en fonction de la capacité biogénique (B) chiffrée de 1 à 10, le produit (K) des facteurs non biologiques codifiés {k1, k2, k3, k4 et k5} et la constante 10 qui représente la conversion à l'hectare de la productivité.

#### **b- La productivité des eaux tropicales**

La productivité des eaux tropicales donnée par (RYDER et al, 1974) établit une relation à partir de l'indice morphoédaphique (IME) qui donne la production à partir de la minéralisation de l'eau, de la profondeur moyenne (pour les lacs) et la surface des plaines inondables (pour les cours d'eau).

#### **c- La production des étangs de pisciculture**

Cette méthode permet à partir du phytoplancton (groupe prédominant et concentration en chlorophylle a dans le milieu) de définir une production piscicole probable d'un étang dans une région donnée, (BARBE et al, 2000).

### **C/ Productivité (d'après Arrignon1970)**

La formule suivante donne la productivité d'une eau :

$$P = 10 \times B \times K$$

(P) : productivité.

(10) constante de conversion à l'hectare de la productivité.

(B) : la capacité biogénique chiffrée de 1 à 10, est définie comme la « valeur nutritive » de l'eau. Donc cette méthode est basée sur l'estimation de l'état d'enrichissement de l'eau ; pour cela une identification de l'état trophique de l'eau simplifie son utilisation. On obtient le tableau suivant :

Tableau 18 : cotation de la capacité biogénique B

Type de plan d'eau	Caractéristiques	Capacité biogénique
<b>Oligotrophe</b>	Teneur en chlorophylle a faible, transparence élevée, richesse spécifique, couverture biologique peu développée, végétaux supérieurs rares, eaux acides, pauvres en calcium, environnement de forêt ou de tourbière.	$1 \leq B \leq 3$
<b>Mésotrophe</b>	Teneur en chlorophylle moyenne, transparence moyenne, apparition de végétaux supérieurs (émergés et semi émergés) bien développés le long des rives, végétation immergée peu abondante.	$3 \leq B \leq 7$
<b>eutrophe (riche)</b>	Teneur en chlorophylle élevé, transparence faible, la richesse spécifique en baisse, végétation submergée abondante (nombreux herbiers), végétation émergée (roseaux) le long des berges. Environnement de prairies.	$7 \leq B \leq 10$

(K) : facteurs non biologiques codifiés {k1, k2, k3, k4 et k5} avec :

- k1 : facteur thermique (température).
- k2 : facteur chimique (acidité ou alcalinité).
- k3 : facteur relatif aux espèces de poisson.
- k4 : relatif à l'âge des poissons.
- k5 : relative a l'impluvium (zone d'alimentation directe et le bassin versant dominant le plan d'eau).
- $K = k1 \times k2 \times k3 \times k4 \times k5$

## Tableaux des valeurs des facteurs K (ARRIGNON, 1976)

Tableau 19 : de cotation du facteur physique

Région	Température moyenne	Cotation de k1
Tempérée	10C°	1
Tempérée chaude	16C°	2
Intertropicale	22C°	3
Equatoriale	24C°	4

Tableau 20 : de cotation du facteur chimique

Qualité chimique de l'eau	Cotation de k2
Eau acide	1
Eau alcaline	2

Tableau 21 : de cotation du facteur poisson

Types de poissons	Cotation de k3
Salmonidés	1
Cyprinidés d'eau courante	1.5
Cyprinidés d'eau stagnante	2
Cichlidés	3

Tableau 22 : de cotation du facteur âge des poissons

Age des poissons	Cotation de k4
Plus de 6 mois	1
Moins de 6 mois	1.5

Tableau 23 : de cotation du facteur impluvium

Zone d'alimentation	Type	Cotation de k5
Urbain	Urbain continu	0.2 à 0.5
	Urbain diffus	0.5 à 1
Pastoral	Vallée 1b	1.1
	Vallée 1c	1.2
	Vallée 2	1.3
Herbager	Vallée 1c	1.4
	Vallée 2	1.5
	Vallée 3	1.6 à 1.8

Pour ce dernier facteur K5 pour les types d'écosystèmes aquatiques voir : JACQUE ARRIGNON (Aménagement piscicole des eaux douces, 5<sup>e</sup> édition, 1998).

#### a- Production des lacs tropicaux

- **Indice morfo édaphique :**

Cet indice est donné par la formule  $IME = TDS / Z$  moyen avec :

TDS : solides totaux dissous (mg/l) qui est donné par la formule :

$$TDS = \text{conductivité } (\mu\text{S/cm}) / 1 + 0.02 (t^{\circ} - 25)^{0.666}$$

Z : profondeur moyenne en (m).

ARRIGNON dans son livre (Aménagement piscicole des eaux douces 5<sup>e</sup> édition) indique les équations suivantes :

- lacs réservoirs : capture de poisson =  $17.8813 IME^{0.4999}$
- lacs naturels : capture de poisson =  $5.4250 IME^{0.5825}$

Rendement de pêche en kg/ha.

## D/Calcul de la productivité :

Pour le calcul de la productivité d'un plan d'eau donné, nous utiliserons deux méthodes :

### a- productivité du barrage (d'après ARRIGNON, 1970) :

La formule suivante donne la productivité d'une eau :

$$P = 10.B.K$$

#### • Calcul de B :

L'état trophique du barrage de BOUKOURDANE correspond à un milieu méso-eutrophe. Une comparaison de cet état trophique avec les résultats du tableau de cotation de la capacité biogénique B situe la valeur de celui-ci entre 3 et 10 ; pour notre calcul nous prenons la valeur de  $B = 7$  car le type du plan d'eau étudié est situé entre deux niveaux trophiques.

#### • Calcul de K :

(k) : facteurs non biologiques codifiés (K1, K2, K3, K4) avec :

##### - K<sub>1</sub> : facteur thermique (température) :

D'après la moyenne annuelle des températures sur le barrage de BOUKOURDANE qui est de 17.5 °C et en comparaison avec le tableau de cotation du facteur physique, nous constatons que la température annuelle correspond à celle des régions tempérées chaudes. Donc la valeur de K1 est égale à 02.

##### - K<sub>2</sub> : facteur chimique (acidité ou alcalinité) :

La qualité chimique de l'eau du barrage de BOUKOURDANE correspond à une eau de type alcaline puisque le pH moyen est égal à 8.28. D'après le tableau de cotation des facteurs chimiques K2 est égale à 02.

##### - K<sub>3</sub> : facteur relatif aux espèces de poissons :

Les types de poissons vivant dans le barrage de BOUKOURDANE correspondent aux groupes des cyprinidés d'eau stagnante. En comparaison avec le tableau de cotation du facteur poisson on constate donc que K3 est égale à 02.

**- K4 : relatif à l'âge des poissons :**

L'âge des poissons vivant dans le barrage de BOUKOURDANE correspond à plus de six mois. En comparant cet âge avec celui du tableau de cotation du facteur âge des poissons on constate que K4 est égal à 01.

- **Calcul de P :**  $P=10.7. (2.2.2.1)$

$P=420 \text{ kg/ha/an}$
--------------------------

**b- Production par indice morpho édaphique « IME » :**

- **Indice morpho édaphique :**

Cet indice est donné par la formule :

**IME =TDS/Z moyenne avec**

$$\text{TDS} = \text{conductivité } (\mu\text{s/cm}) / 1 + 0.02(t_{\text{kalvin}} - 25)^{0.666}$$

$$\text{TDS} = 726.5 / 1 + 0.02 (290.5 - 25)^{0.666}$$

$$\text{TDS} = 398.5 \text{ mg/l}$$

- **Calcul de l'IME:**

$$\text{IME} = \text{TDS} / Z \text{ moyen}$$

$$\text{IME} = 398.5 / 1.5$$

$$\text{IME} = 265.66$$

ARRIGNON dans son livre « Aménagement piscicole des eaux douces, 5<sup>e</sup> édition » indique l'équation suivante :

-Lacs réservoirs : capture de poissons =  $17.8813 \text{ IME}^{4.999}$

<b>Donc la productivité = 219.24 kg/ha/an.</b>
--

# *Chapitre 4*

*Création d'un plan d'exploitation  
piscicole pour le barrage de  
BOUKOURDANE*

## **Chapitre 4 : Création d'un plan d'exploitation piscicole pour le barrage de BOUKOURDANE**

L'exploitation du patrimoine piscicole résulte de l'organisation administrative de la pêche et de celles des usagers (ARRIGNON, 1998).  $\rightarrow$  fig n° 03

Les pêcheurs professionnels exerçant en eaux libres sont organisés conformément aux prescriptions de la loi de la pêche. Ils constituent des petites entreprises de pêche agréées et ils s'acquittent d'une taxe parafiscale annuelle versée au trésor public (MPRH).

Nous avons calculé précédemment, d'après la méthode de calcul de la productivité des lacs, que la production du barrage de BOUKOURDANE est estimée à environ 291.28 kg/ha et par an.

Connaissant la superficie de notre plan d'eau qui est de 600ha, (d'après ANB, 2003), la production totale du barrage pourrait être d'environ 174,768 tonnes /an.

D'après (PULLIN, 1983), les alevins des cyprinidés (carpes) donnent des poissons d'1 kg au bout de deux étés, à partir de là, nous évaluons en fonction de la production annuelle du barrage le nombre d'alevins nécessaire pour une production de 174,768 tonnes/an, qui est de 1 747 680 alevins. Si l'on considère que le taux de survie est d'environ 5 à 10 %, ce dernier représente aussi le nombre d'alevins que doit introduire l'investisseur annuellement dans le barrage afin de maintenir l'équilibre de production.

### **• L'exploitation du barrage :**

Lors de notre étude nous avons estimé le prix de vente en gros des cyprinidés (carpes) à 50 DA le kilo, ce qui donne un revenu annuel pour le barrage de 8 738 400 DA et un revenu mensuel de 728 200 DA.

Nous avons estimé que le revenu moyen d'un investisseur dans un barrage, doit être de 1000000 DA par mois, ce qui nous permet de définir, en fonction du rendement annuel du barrage, un nombre de sept (07) pêcheurs ou investisseurs pour le barrage de BOUKOURDANE, soit environ quatre (04) embarcations.

Il faut soustraire au salaire de l'exploitant les coûts du carburant, l'amortissement des embarcations, le remboursement des crédits bancaires, le transport de la marchandise, ainsi que le coût de la concession et la main d'œuvre.

Nous précisons que ces résultats sont théoriques et qu'ils peuvent faire l'objet de variations provoquées par les aléas de la pêche et de l'environnement.

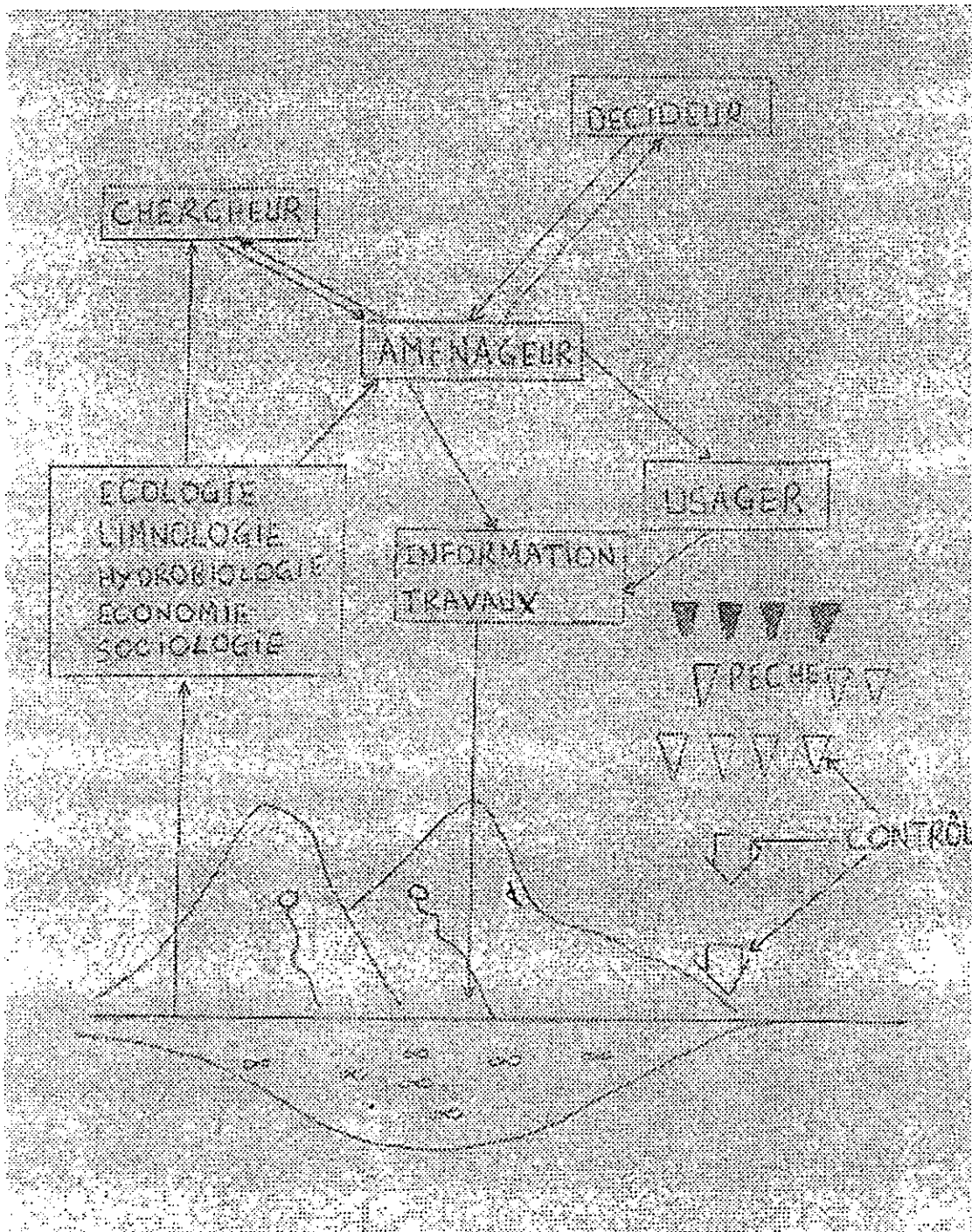


Figure n° 3 : Schéma des interventions dans la gestion du patrimoine piscicole  
« Arrignon, 1998 »

*Conclusion*

## **Conclusion générale:**

L'étude menée à travers ce mémoire fait partie d'un projet de recherche global du CNDPA, dont le but est de déterminer l'état trophique du barrage de BOUKOURDANE, qui fait l'objet d'un diagnostic approfondi. Pour cela nous avons utilisé une approche fondée sur le dosage des paramètres physicochimiques et hydrobiologiques (phytoplancton). La comparaison des résultats donnés par le dosage des sels nutritifs et par le calcul d'indices avec les résultats donnés par la littérature nous a permis de démontrer que le barrage se situe à un niveau de trophie **méso-eutrophe**, offrant des potentialités favorables à la vie aquatique, notamment la pisciculture et cela en référence aux valeurs de la température qui avoisinent les 17°C et de l'oxygène dont les concentrations moyennes au cours de notre étude sont de l'ordre de 9,5 mg/l.

Le calcul de la productivité qui est d'environ 420 kg/ha/an nous permet de dire que notre plan d'eau pourrait faire l'objet d'exploitation et d'introduction de poissons notamment les cyprinidés (carpes).

Enfin, nous pouvons dire que la diagnose rapide est une méthode d'analyse des plans d'eau fiable et facile à utiliser, donnant de bons résultats au niveau des régions tempérées. Cette méthode pourrait ainsi être généralisée à d'autres plans d'eau sur l'ensemble du territoire national.

# *Annexe*

Tableau 01 : mesure à effectuer pour une diagnose rapide.....	voir page16
Tableau 02 : les paramètres retenus pour le calcul des indices.....	voir page 17
Tableau 03 données sur le barrage de BOUKOURDANE.....	voir page21
Tableau 04 : résultats des paramètres physiques et chimiques au niveau des quatre Stations.....	voir page 36
Tableau 05 : la moyenne des paramètres physico-chimiques du barrage de BOUKOURDANE au cours de l'année 2004.....	voir page 37
Tableau 06 : valeurs des températures saisonnières (°C).....	voir page 38
Tableau 07 : Concentrations des matières en suspension (mg/l).....	voir page39
Tableau 08 : valeurs des conductivités( $\mu$ s/cm).....	voir page 40
Tableau 09 : Concentrations en oxygène dissous (mg/l).....	voir page41
Tableau 10: Valeurs du PH en fonction des saisons.....	voir page42
Tableau 11 : concentrations en ammonium (mg/l).....	voir page43
Tableau 12 : Concentrations en nitrates (mg/l).....	voir page44
Tableau 13 : Concentrations en nitrites (mg/l).....	voir page45
Tableau 14 : concentrations en phosphore (mg/l).....	voir page46

Tableau 15 : Concentrations en chlorophylle a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ).....	voir page47
Tableau 16 : Classement des groupes phytoplanctoniques.....	voir page49
Tableau 17 : valeurs des seuils du système fixe de classification de l'état trophique établi par l'OCDE (OCDE ,1982).....	voir page50
Tableau 18 : cotation de la capacité biogénique B.....	voir page54
Tableaux des valeurs des facteurs K (ARRIGNON J. 1976 )	
Tableau 19 : de cotation du facteur physique.....	voir page55
Tableau 20 : de cotation du facteur chimique .....	voir page55
Tableau 21 : de cotation du facteur poisson.....	voir page55
Tableau 22 : de cotation du facteur âge des poissons.....	voir page55
Tableau 23 : de cotation du facteur impluvium .....	voir page56

**Indice d'eutrophisation : I**

**Formule de calcul :  $I = a + b \log_{10} X$**

**I** : Indice d'eutrophisation,

**a et b** : paramètres de calcul,

**X** : valeur mesurée des différents paramètres (chlorophylle a, Secchi, P-PO<sub>4</sub>, P total, P minéral).

Tableau 24 : Les niveaux trophiques d'un plan d'eau correspondant à différentes valeurs de l'indice calculé pour la diagnose physico-chimie (indice trophique I).

Indice	Niveau trophique
0	Ultra oligotrophie
15	Oligotrophie
35	Mésotrophie
50	Eutrophie
75	Hyper eutrophie
100	

Tableau 25 : La qualité hydrobiologique (Qi) du plan d'eau estimé par la présence de différents groupes phytoplanctoniques.

Qi	Groupes
1	Desmidiées
2	Diatomées
3	Chrysophycées
4	Dinophycées
5	Chlorophycées (sauf Desmidiées)
6	Cyanophycées
7	Euglenophycées

Tableau 26 : Echelle d'abondance relative des différents groupes de plancton

Aj	Abondance relative %
0	De 0 à 10
1	De 10 à 30
2	De 30 à 50
3	De 50 à 70
4	De 70 à 90
5	De 90 à 100

Tableau 27 : Classes de la biomasse dans un plan d'eau en fonction de la teneur en chlorophylle

B	Chl a max en mg/m
1	Inférieur à 3
1.5	De 3 à 8
2	Plus de 8 à 20
3	Supérieur à 20

### Les indices trophiques planctoniques : (ITP)

Formule de calcul :  $ITP = \text{moyenne de } (B \cdot Q_i \cdot A_j) - 5$

**Q<sub>i</sub>** : est une note de qualité décroissante, qui s'estime par la présence de différents groupes taxonomiques. Elle varie de 1 à 7

**A<sub>j</sub>** : représente les classes d'abondance de chacun des groupes et varie de 0 à 5

**B** : représente la classe de la biomasse ; elle varie de 1 à 3 en fonction de la concentration en chlorophylle

Tableau 28 : Le plancton : un estimateur du niveau trophique d'un plan d'eau. Niveau trophique en fonction de l'indice trophique planctonique (ITP)

ITP	Niveau trophique
0	Oligotrophie
20	Mésotrophie
50	Eutrophie
100	Hyper eutrophie

Tableau 29 : Les paramètres qualitatifs physico-chimiques pris en compte pour l'analyse des sédiments dans un plan d'eau

Etat et unité	Paramètres	Caractéristiques			
		faible	moyen	Elevé	Très élevé
Phase solide en %du poids de la matière sèche (sauf rH)	RH	30	20	15	10
	NK	0	0.5	1	1.5
	PT	0	0.1	0.15	0.2
	PINAO	0	0.01	0.1	0.2
	CO	0	5	10	20
	PF	0	10	20	50
	Eau interstitielle (en mg/l)	NH4	0	5	10
	NT	0	10	20	30
	PT	0	0.5	1	2
	PO4	0	0.4	0.75	1.5

NK = azote kjeldahl. PT = phosphore total, CO = carbone organique, PF = perte au feu, NT azote total.

Tableau 30 : Analyse hydrobiologique des sédiments : classification selon les mollusques présents ou non.

Niveau d'échantillonnage	Repères	Indice
Niveau inférieur à 10	Gastéropodes et bivalves présents	A1
	Gastéropodes absents, bivalves présents	A2
10 m (pas de mollusque en – dessous de 10m)	Deux espèces au moins de gastéropodes présents	131
	Une seule espèce de gastéropodes présente	B2
	Pas de gastéropodes deux espèces au moins de pisiidies présentes	B3
	Pas de gastéropodes - une espèce de pisiidies présente	B4
Pas de mollusques à 10 met en – dessous		C

Paramètres descriptifs

texture du sédiment  
métaux lourds, et micro polluants  
qualité des eaux interstitielles

**Hydrobiologie des sédiments -**

indice « oligochète » (EOS1)

$$ESOI = N + 3 \log_{10} (\text{abondance} + 1)$$

N : nombre de familles d'oligochètes récoltés

**Abondance** : nombre d'individus / 0.1m<sup>2</sup>

L'abondance est exprimée en ombre d'individus pour 0.1m' ESO1, varie d'un minimum égal à 0 pas d'oligochètes à un maximum théorique de l'ordre de 20 (cinq groupes ; abondance = 100 000)

Tableau 31 : Capacité biotique des sédiments en fonction de la valeur de l'indice (Oligochète)

Indices	Valeurs des indices		
	7	5	0
EOS1	7	5	0
Capacité biotique du sédiment	Forte	Moyenne	Faible
Type	1	2	3

# ***Bibliographie***

**Bibliographie :**

- ARRIGNON J .,** 1998. Aménagement piscicole des eaux douces (5<sup>é</sup> édition).
- ARMAND D .,** 2003. Découvrir l'eau.
- ASPE C et POINT P .,** 1999. L'eau en représentation. Gestion de la qualité des milieux aquatiques et représentation sociale.
- ACTE DU SEMINAIRE NATIONAL .,** 1994. Etat de système des écosystèmes aquatiques. les variables biologiques comme indicateurs.
- AMINOT A et CHAUSSEPIED M .,** 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin.
- AFNOR .,** 2001. Qualité de l'eau. Analyses biochimiques.
- BARBE J et LAVERGNE E .,** 1990. Diagnose rapide des plans d'eaux (CEMAGREF).
- BARBE J et BELLY U .,** 1990. Diagnose des plans d'eaux.
- BARBE J .,** 1990. La méthode de diagnose rapide des plans d'eaux.
- BARBE J et SCHLUMBERGER O .,** 2000. Evaluation de la production piscicole potentielle des étangs.
- BILLARD R .,** 1994. Les carpes, biologie et élevage.
- BENAMARA A et BOUIDGHAGHEN F .,** 1995. Mémoire de fin d'étude : Données préliminaires. physico-chimie et hydrobiologique sur le barrage d'IGHILEMDA (KHERRATA).
- BACHASSON et BERNARD .,** 1997. Etangs : écologie et fonctionnement.
- CHAMPIAT D et LARPENT J .,** 1989. Biologie des méthodes et techniques.
- CHARVET S .,** 1999. Intégration des acquis théoriques récents dans le diagnostic de la qualité écologique des cours d'eau à l'aide des bioindicateurs invertébrés.
- GEREAUD D .,** 2001. Gestion piscicole des eaux douces.
- LEVEQUE C et PAUGNY D .,** 1999. Les poissons des eaux continentales africaines.

- LEVEQUE C .**,1996. Ecosystèmes aquatiques.
- LACUSE J .**, 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales.
- LOKMANE D .**, 1995. Caractéristiques physicochimiques des eaux de la baie de ZEMMOURI. (TSMAL).
- MARCHANT P .**,1989.Etude des milieux aquatiques.
- MULHAUSER B et MAUNIER .**,1995. Guide de la flore des lacs et des étangs d'Europe.
- MARCEL J .**, 1996.Production piscicole maîtrisée.
- MARABET H et AIT-OUALI S .**, 2002.Mémoire de fin d'étude : Analyse des paramètres physico-chimique du barrage de BOUKOURDANE.
- MARCHAND et KANTIN R .**, 1995 .Océanis. Ecologie du plancton des eaux continentales.
- RYDING S et RAST W .**, 1993. Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs.
- RODIER J .**,1996. Analyse de l'eau.
- RIGHETTI B .**, 1996 : IBGN (Indice biologique globale normalisé) une méthode de détermination de la qualité des eaux courantes.
- SCHLUMBERGER O .**, 2002 .Mémento de pisciculture.
- SCHLUMBERGER O ., NADOU C., ANGILLER C et PIVRE J .**, 1999. Les peuplements piscicoles en lacs : assemblages types et niveaux d'eutrophisation.
- ZITOUNI ., AINOUCHE.** 2000. Paramètres physicochimiques des sels nutritifs dans le port d'ANNABA.
- ZOUREZ H et FERHANNI K .**,2003. Mémoire de fin d'étude : Etudes physico chimiques et biologiques d'un écosystème aquatique « barrage de BOUKOURDANE ».