

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

Etude de l'évolution en fonction de la profondeur des paramètres physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage Boukerdane (w. Tipaza) .

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 1-0018-08

APA Citation (توثيق APA):

Doughoum, Salah (2008). Etude de l'évolution en fonction de la profondeur des paramètres physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage Boukerdane (w. Tipaza)[Mem Ing, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics.

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مقالات، دوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة و يتم إدارته من طرف مديرة المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.

REUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE
ARBAOUI ABDELLAH**

DEPRTEMENT SPECIALITES

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN HYDRAULIQUE**

Spécialité : Alimentation en Eau Potable

THEME :

**ETUDE DE L'EVOLUTION EN FONCTION DE LA
PROFONDEUR DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES
ET MICROBIOLOGIQUES DES EAUX DU BARRAGE
BOUKERDANE W.TIPAZA**

Présenté par :

M^r. DOUGHOUM Salah

Promotrice :

M^{me} S. HOULI

Devant le jury composé de :

Président :

- M^r T. KHETTAL

Examineurs :

- M^r A. AYADI

- M^{me} M. KAHLERRAS

- M^r A. HACHEMI

- M^r M. RASSOUL

Octobre 2008

∞ Dédicace ∞

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance et de respect

a :

- *mes parents*
 - ✚ *mes frères et soeurs*
 - *toute ma famille*
 - *Mes amis à Maadid et à ENSH*

SALAH

∞ Remerciements ∞

Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.

Et « quiconque ne remercie pas les gens, ne remercie pas Dieu»

Je remercie fortement mon promotrice : M_{em}:HOULI .S de m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener a bien ce travail.

Mes remerciements vont également à :

✚ Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Je tiens à remercier aussi :

- * Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*
- * Le corps d'enseignants et les étudiants de l'ENSH*
- * Tout ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire..*

SALAH

ملخص:

تتمحور هذه المذكرة حول دراسة تطور العوامل الفيزيوكيميائية و البيولوجية بدلالة عمق المياه في سد بو كردان (ولاية تيبازة) و تأثيرها علي نوعية مياه الشرب وكذا تحديد درجة غني السد بالأغذية اللازمة لنموها

Résumé :

Notre travail consiste à étudier l'évolution en fonction de la profondeur des paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux du barrage Boukerdane W Tipaza ; et leur influence sur la qualité des eaux potables ;et aussi la détermination de l'état trophique du barrage.

Summery:

The aim of this work, is to study the evolution of chemical – physical and biological parameters of Boukerdane dam W Tipaza; then their Impact on the quality of drinkable water; we have also determinate the trophical situation of the dam.

SOMMAIRE

<u>Introduction générale:</u>	
Chapitre I Les organismes vivants dans les barrages	
Introduction :	1
I-1 Les algues :	1
I-1-1 Définition :	1
I-1-2 Composition photoplanctonique des eaux douces :	1
I-1-2-1 Algues brunes (diatomées) :	1
I-1-2-2 Algues vertes:	2
I-1-2-3 Les algues rouges :	2
I-1-2-4 Cyanobactérie :	3
I-1-2-4-1 Les principaux groupes de toxines :	3
<u>a-</u> Hépatotoxines :	3
<u>b-</u> Neurotoxines :	4
<u>c-</u> Dermatotoxines :	4
I-2 Les bactéries :	6
I-2-1 Définition :	6
I-2-2 Compositions des bactéries :	6
I-2-3 Morphologie :	6
I-2-4 Besoins nutritifs :	6
I-2-5. Les principaux groupes des bactéries influant sur la qualité de l'eau :	7
<u>a-</u> Germes totaux :	7
<u>b-</u> Coliformes totaux :	7
<u>c-</u> Coliformes fécaux :	8
<u>d-</u> Escherichia coli :	8
<u>e-</u> Entérocoques :	8
<u>f-</u> Staphylocoques :	8
<u>g-</u> Salmonelles et Shigelles :	9
<u>h-</u> Clostridium sulfito-réducteur :	9
<u>i-</u> Vibrions :	9
<u>j-</u> Champignons (levures et moisissures) :	9
I-2-6. Les facteurs physico-chimiques influant sur le développement des bactéries:	10
I-2-6-1. Température :	10
I-2-6-2. pH :	10
I-2-6-3. Les facteurs chimiques :	10
I-3 Les zooplanctons :	11
I-3-1. Définition :	11
I-3-2. Quelque type de Zooplanctons :	11
Annélides :	11
Les crustacés :	11
I-3-3 Les facteurs influant sur le développement des zooplanctons :	12
I-4 Les poissons :	12
I-4-1 Les régimes alimentaires :	12
I-4-2 La répartition verticale des poissons dans les retenues ou les rivières :	13
Conclusion :	14
Fonctionnement de l'écosystème :	14
Les producteurs :	14
Les consommateurs :	14
Les décomposeurs :	14

Chapitre II l'eutrophisation des barrages

II-1	Introduction :	16
II-2	Définition de l'eutrophisation :	16
II-3	Manifestation du phénomène d'eutrophisation :	16
II-4	Les différents stades de l'eutrophisation :	17
II-5	Les étapes de l'eutrophisation sont :	19
II-6	Facteurs favorisant l'eutrophisation :	21
II-6-1	: Sels nutritifs :	21
II-6-2	Température:	21
II-6-3	Eclairage :	22
II-6-4	pH :	22
II-6-5	Profondeur :	22
II-7	Les conséquences de l'eutrophisation :	22
II-7-1	Effets sur la santé humaine :	22
II-7-2	Effets délétères sur l'écosystème aquatique :	22
II-7-3	Perturbation de la qualité de l'eau distribuée et de la production d'eau potable :	23
II-8	Solutions sélectionnées pour lutter contre l'eutrophisation des barrages:	24

Chapitre III Présentation du milieu d'étude

III-1	Introduction :	26
III-2	Bassin versant :	26
III-3	Bioclimat de la région :	28
III-3-1	Moyenne annuelle et mensuelle des températures et des précipitations :	28
III-3-2	Diagramme ombrothermique :	29
III-3-3	Quotient pluviométrique d'Emberger :	29
III-4	Nature des terrains :	31
III-5	Topographie, Géologie et dépôts de surface :	31
III-6	Caractéristique générale de la retenue du barrage Boukourdane :	31
III-7	Historique de barrage :	33
III-8	Apport hydrique :	34
III-9	Approvisionnement en eau potable :	35
III-10	Prélèvements agricoles :	35
III-11	Ensemencement du barrage :	35
III-12	Faune et flore du barrage :	36
III-12-1	Flore :	36
III-12-2	Faune aquatique :	36
III-13	Rives du barrage :	36
III-14	Activités agricoles :	36
III-15	Pâturage :	37
III-16	Activités nautiques :	37

Chapitre IV Etude expérimentale

IV- 1	Matériel et méthode :	38
IV -1-1	Site et fréquence d'échantillonnage :	38
IV-1-2	Matérielles nécessaire :	39
IV-1-3	Paramètres à analyser :	40
IV-1-3-1	Les paramètres physico-chimiques :	40
IV-1-3-2	Paramètres microbiologique :	40
<u>IV-2</u>	<u>les resultats experimentales</u> :	41
<u>IV-3</u>	<u>Interpritation des resultats</u> :	44
<u>IV-3-1</u>	<u>La temperature</u> :	44
<u>IV-3-2</u>	<u>le pH</u> :	47
<u>IV-3-3</u>	<u>Oxygène dissous</u> :	50

<u>IV-3-4 La Chlorophylle a</u>	53
<u>IV-3-5 La Minéralisation :</u>	56
<u>IV-3-5 L'ortho phosphate</u>	57
<u>IV-3-7 Formes d'azote :</u>	60
➤ <u>Nitrates :</u>	60
➤ <u>les nitrites :</u>	63
➤ <u>L'azote ammoniacal :</u>	66
<u>IV-3-8 La Silice :</u>	69
<u>IV-3-9 Matière organique :</u>	70
<u>Conclusion générale</u>	

Liste des tableaux

Tableau N°II-01	Caractères trophique des lacs	18
Tableau N°II-02	Caractères trophique des lacs	19
Tableau N°III-01	Moyenne mensuelle et annuelle de la température (min et max) et la précipitation et l'évaporation	28
Tableau N°III-02	Caractéristiques générale de barrage	32
Tableau N°III-03	Variation mensuelle de volume de barrage.....	34
Tableau N°IV-01	Résultats expérimentaux	41

List des figures

Figure N°I-01	Quelque types de phytoplancton	5
Figure N°I-02	Les Annélides	11
Figure N°I-03	Les crustacés	12
Figure N°I-04	Quelque types de poisson.....	13
Figure N°II-01	Photographie d'un cours d'eau eutrophisé.....	17
Figure N°II-02	Schémas des principales phases de l'eutrophisation des eaux.....	20
Figure N°III- 01	Localisation géographique du bassin versant du site du barrage Boukourdene	27
Figure N°III-02	Diagramme ombrothermique de la zone d'étude.	29
Figure N°III-03	Localisation du barrage de Boukourdane sur le climato-gramme pluviométrique d'emberger.....	30
Figure N°III-04	Localisation du barrage par rapport à la plaine de Mitidja	32
Figure N°III-05	Variation de la cote de retenue de 1995 à 2006.....	33
Figure N°III-06	Variation mensuelle de volume de retenue.....	34
Figure N°IV-01	Localisation de site d'échantillonnage	38
Figure N°IV-02	La bouteille de Dr Blasy (préleveur).....	39
Figure IV-03	Variation mensuelle des températures.....	44
Figure IV-04	Profils verticaux de la température	46
Figure IV-05	Variation mensuelle du pH	47
Figure IV-06	Profils verticaux de pH.....	49
Figure IV-07	Variation mensuelle des teneurs en oxygène dissous.....	50
Figure IV-08	Profils verticaux des teneurs en oxygène dissous.....	52
Figure IV -09	Variation mensuelle des teneurs en chlorophylle a	53
Figure IV-10	Profils verticaux des teneurs en chlorophylle a	55
Figure IV -11	Variation mensuelle de la minéralisation	56
Figure IV -12	Variation mensuelle des teneurs en ortho phosphates	57
Figure IV -12	Profils verticaux des teneurs en ortho phosphates.....	59
Figure IV-13	Variation mensuelle des teneurs en nitrates.....	60

Figure IV-14 Profils verticaux des teneurs en nitrates	62
Figure IV -15 Variation mensuelle des teneurs en nitrites	63
Figure IV-16 Profils verticaux des teneurs en nitrites	65
Figure IV -17 Variation mensuelle des teneurs en azote ammoniacal	66
Figure IV-18 Profils verticaux des teneurs en azote ammoniacal	68
Figure IV -19 Variation mensuelle des teneurs en Silice	69
Figure IV -20 Variation mensuelle des teneurs en matières organiques	70

Introduction

Les pressions exercées par les hommes sur le milieu naturel sont de plus en plus importantes, se qui entraîne un risque de dégradation accru, d'année en année, de la qualité de notre environnement. Le domaine de l'eau est un milieu particulièrement sensible aux pressions anthropiques puisque c'est principalement par l'eau que s'effectue la collecte et le transfert des substances ou composés polluants dans l'environnement.

Depuis quelques années, les lacs, les étangs et les marais, où se concentrent les masses d'eau issues des bassins versant voient leur qualité se dégrader fortement. Les phénomènes engendrés par les pollutions affectant le domaine de l'eau sont souvent spectaculaires. Ils peuvent se manifester par exemple par une prolifération de végétaux (algues, macrophytes), ou encore par l'envasement rapide des fonds lacustres.

On parle alors d'eutrophisation ou encore de « vieillissement accéléré » du plan d'eau. Conscient de ces problèmes qui nuisent au milieu naturel, mais également à l'ensemble des activités liés aux plans d'eau (pêche, tourisme...) un certain nombre d'actions peuvent être mises en place par les gestionnaires de ces espaces sensibles, pour limiter les phénomènes liés à l'eutrophisation.

Il existe en effet de nombreuses solutions proposées pour faire face aux manifestations directes de l'eutrophisation. On ne peut définir une technique d'intervention unique applicable à tous les milieux aquatiques, car chaque plan d'eau possède ses caractéristiques propres.

La lutte contre l'eutrophisation des plans d'eau devrait passer avant tout par des méthodes préventives, qui s'attaquent réellement au problème de contamination, en limitant la diffusion du phosphore, de l'azote, de la matière organique ou encore des polluants, dans l'environnement.

Dans le souci d'apporter notre contribution à la connaissance de la qualité des eaux du barrage de BOUKERDANE notre problématique consiste à l'étude de l'évolution en fonction de la profondeur des paramètres physico chimiques ayant trait avec l'eutrophisation durant l'année 2007 et leur influence sur la biomasse algale quantifiée en chlorophylle a. Ce travail nous permettra de déterminer l'état trophique du barrage.

CHAPITRE I

CHAPITRE I

LES ORGANISMES VIVANTS DANS LES BARRAGES

I Les organismes vivants dans les barrages :

Introduction :

Les milieux aquatiques abritent un grand nombre d'organismes : végétaux, animaux et microorganismes. La nature et le développement de ces communautés dépendent de plusieurs facteurs tels que : vitesse du courant, température, salinité, oxygénation et qualité de l'eau, profondeur et nature du fond, éclairage... Les interactions entre ces êtres vivants sont multiples : cohabitation, compétition, prédation, parasitisme... Les relations alimentaires entre organismes définissent des réseaux trophiques, constitués de plusieurs chaînes alimentaires.

Parmi ces êtres on distingue

- ✓ Les algues
- ✓ Les bactéries
- ✓ Les zooplanctons
- ✓ Les poissons

I-1 Les algues :

I-1-1 Définition :

Ce sont des organismes semblables aux plantes qui utilisent des nutriments pour proliférer, et qui ont besoin de lumière et d'eau; elles sont donc autotrophes, (1) mais n'ont pas de véritables racines, tiges, feuilles, tissus vasculaires et ont des structures reproductives simples. Elles se trouvent partout dans le monde dans l'eau de mer, dans l'eau douce et dans les sols humides. La plupart sont microscopiques. (1')

I-1-2 Composition photoplanctonique des eaux douces :

Les principaux groupes d'algues sont :

I-1-2-1 Algues brunes (diatomées) : Les diatomées sont des microalgues unicellulaires planctoniques des eaux douces et marines elles peuvent apparaître dans les sols humides elles sont de trois micromètres à un millimètre de taille. Elles sont caractérisées par un squelette externe siliceux. C'est généralement le premier type d'algue à croître dans un nouveau barrage. Elles se forment sur le gravier,... les diatomées contrairement aux autres, ont besoin de la silice pour se développer. Lorsque les diatomées aquatiques meurent, elles tombent dans le fond, et les coques n'étant pas

sujettes au pourrissement, se rassemblent en boue et éventuellement forment le matériel connu sous le nom de *terre diatomée*. Les diatomées peuvent se produire sous forme plus compacte en tant que roche molle, crayeuse, légère, appelée *diatomite*. La diatomite est utilisée comme matériel isolant contre la chaleur et le bruit, dans la fabrication de dynamite et d'autres explosifs, et pour des filtres des abrasifs, et des produits similaires. (2')

I-1-2-2 Algues vertes: Les algues vertes constituent le plus grand groupe d'algues. Les diverses espèces peuvent être des unicellulaires, des multicellulaires, des syncytiums (ayant plus d'un noyau dans la cellule), ou des colonies. Les chlorophytum sont plutôt aquatiques ou marins, une petite quantité est terrestre, se produisant dans les sols humides, sur les troncs des arbres, sur les roches humides et dans les congères. Elles possèdent deux chlorophylles (a et b) .leurs réserves carbonées issues de la photosynthèse sont constituées d'amidon accumulé dans les plastes, et leur parois cellulaires ont la cellulose pour principal composant. Les algues vertes unicellulaires sont majoritairement des algues d'eau douce, et constituent une grande part du phytoplancton. Elle réunissant entre 6000 et 7000 espèces. (Chlorophycées, Euglénophycées Cyanophycées, Dinophycées, Xanthophycées, Chrysophycées Cryptophycées.....etc.) (3')

I-1-2-3 Les algues rouges : Ce type d'algue est très difficile à éliminer. Elles apparaissent dans une eau à pH élevés. Il existe 4000 espèces marines connues d'algues rouges; peu d'espèces se produisent dans l'eau douce elles peuvent se produire à de plus grandes profondeurs que les autres organismes photosynthétiques. La plupart des algues coralliennes, qui sécrètent du carbonate de calcium jouent un rôle majeur dans la biologie des récifs (2') on les rencontre en particulier sur les côtes tropicales et subtropicales. Leur couleur varie du noirâtre à de multiples nuances de rouge : brun rouge, lie-de-vin, rouge sang, rouge vif, rose violacé, rose. Ces teintes découlent de la présence de phycoérythrine rouge ou de phycocyanine bleue qui masquent la chlorophylle a.

Les autres caractéristiques des algues rouges portent sur la présence de synapses, des perforations des parois entre les cellules, obturées par des bouchons évoquant des têtes de rivet, et sur la composition chimiques des parois cellulaires, riches en gélose ou

carraghénane selon les espèces. Les réserves carbonées produites par la photosynthèse sont constituées d'un amidon particulier, l'amidon floridéen. (3')

I-1-2-4 Cyanobactérie : Elles sont appelées aussi (algues bleu-vert) du fait de leur pigmentation. (2) Il s'agit de bactéries photosynthétiques qui flottent à la surface des étangs. Les premières espèces identifiées étaient de couleur bleue, et c'est de là que les algues tiennent leur nom. Les espèces identifiées depuis sont de diverses couleurs, allant du vert olive au rouge. La plupart des cyanobactéries contiennent de la chlorophylle *a*,

Les cyanobactéries sont ainsi des producteurs autotrophiques de leur propre nourriture à partir de matières premières simples. Elles sont composées de cellules, qui peuvent contenir des poisons, les toxines cyanobactériennes (les cyanotoxines). (4')

I-1-2-4-1 Les principaux groupes de toxines :

Les cyanotoxines sont des poisons naturels emmagasinés dans les cellules de certaines espèces de cyanobactéries. Ces toxines peuvent être divisées en plusieurs catégories

a- Hépatotoxines :

Les hépatotoxines des cyanobactéries sont plus abondantes que les neurotoxines, et peuvent être divisées en deux groupes : des peptides cycliques de faible poids moléculaires, *Microcystines* et *nodularine*, et un composé de structure alcaloïdique, la *Cylindrospermopsine*. (3)

Ils sont produits par des souches de *Microcystis*, *Anabaena*, *Nodularia*, *Oscillatoria* et *Nostoc*. (4)

Les hépatotoxines agissent sur le foie et peuvent causer une mort lent, jusqu'à 36 heures ou plus après la consommation de l'eau infectée par les toxines de cyanobactéries.

Les animaux qui deviennent malades après avoir consommé une quantité suffisante des ces toxines peuvent manifester de la jaunisse (jaunissement des membranes muqueuses ou du blanc des yeux) et une plus grande sensibilité à la lumière. (5')

b- Neurotoxines :

Les neurotoxines rassemblent deux familles : la première comprend trois anatoxines dont l'anatoxine-a, l'homoaatoxine-a et l'anatoxine-a(s) qui sont spécifiques des cyanobactéries, la seconde est celle des saxitoxines produites surtout par les genres *Anabaene* et *Aphanizomenon*. (3)

Les neurotoxines agissent sur le système nerveux et respiratoire. Ces types de toxines peuvent causer des tremblements musculaires, la stupeur, le chancellement, une paralysie rapide, un échec respiratoire et, souvent dans les 30 minutes, la mort. Les corps des animaux qui meurent de ces toxines sont généralement retrouvés près du lac ou de l'étang où ils ont consommés l'eau contaminée par les blooms d'algues nuisibles. (5')

c- Dermatotoxines :

Peuvent mener à des irritations de la peau et des yeux et à d'autres réactions allergiques s'apparentant au rhume des foins. (5')

Des dermatoses, signalées à Hawaii après des baignades dans l'eau de mer où était présente l'espèce *lyngbya majuscula*, sont dues à deux agents irritants, l'*aphysiatoxie* et la *debromoaphysiatoxin*, qui sont également des promoteurs de tumeurs. La lyngbyatoxine-a qui a également été isolée à partir d'une souche de *lyngbya* a provoqué des dermatoses et des désordres gastriques. Des cas de dermatoses ou l'irritation de la peau après contact avec des cyanobactéries d'eau douce ont été signalés mais les agents responsables n'ont pas été identifiés. (5)

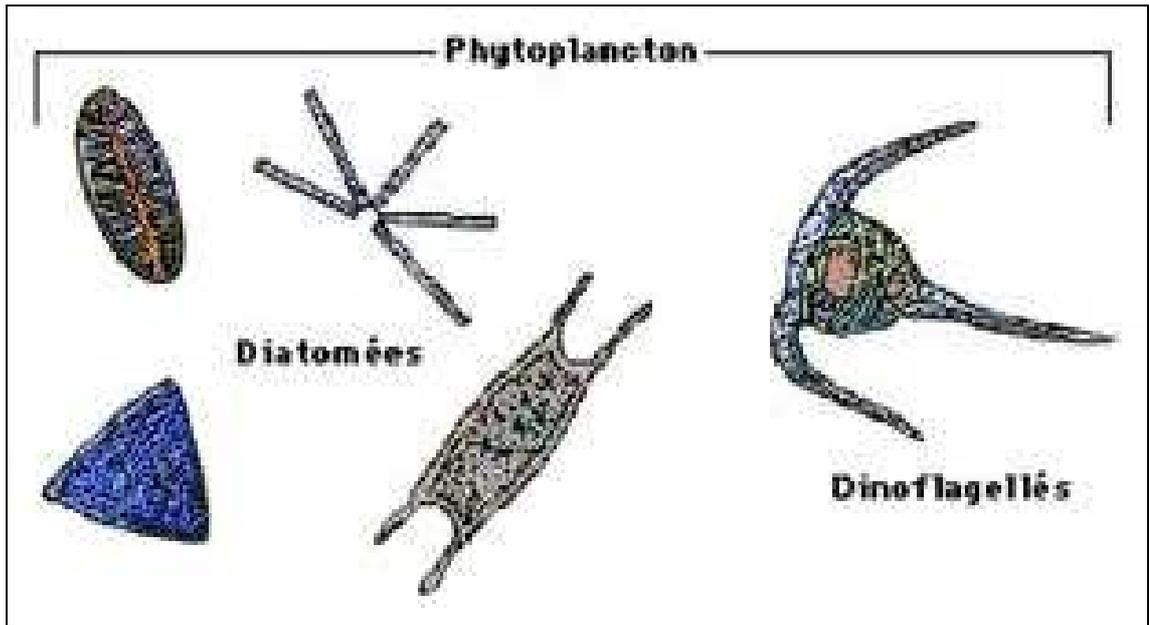


Figure N°I-1 quelque types de phytoplankton

I-2 Les bactéries :

I-2-1 Définition : sont des Micro-organisme unicellulaire sans noyau (procaryote) dont le génome est constitué d'ADN. La bactérie contient un seul chromosome et éventuellement des plasmides.

Certaines bactéries peuvent être pathogènes. Chez l'Homme les symptômes d'une infection bactérienne sont similaires à ceux observés lors d'une infection virale (éruption cutanée, toux, écoulement nasal, larmoiement, fatigue, nausée, fièvre et douleurs musculaires). Les infections bactériennes sont traitées par antibiotiques (16').

I-2-2 Compositions des bactéries :

Le principal composant est l'eau, elle représente environ 80% du poids de la bactérie.

L'analyse sur un poids sec donne les résultats suivants :

- | | |
|----------------------|--|
| 1- Carbone 50% | 6- Soufre |
| 2- Azote 15% | 7- Mg^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , Cr, Na^+ , K^+ ... etc. |
| 3- Hydrogène 10% | |
| 4- Oxygène 20% | |
| 5- Phosphore 3% (6') | |

I-2-3 Morphologie :

La plupart des bactéries ont des dimensions de l'ordre du μm .

Au microscope optique, d'après leur morphologie, on distingue:

- les formes arrondies: coques
- les formes allongées: bâtonnets, bacilles, vibrions
- les formes spiralées: spirochètes, spirilles

Selon la coloration de Gram, on peut différencier les bactéries en deux grands groupes: les gram positifs et les gram négatifs. (7')

I-2-4 Besoins nutritifs :

Il y a dans un barrage une forte production de déchets organiques qui sont surtout composés d'éléments azotés. Ils proviennent des sécrétions et des déjections des poissons et des autres animaux aquatiques (zooplancton, invertébrés benthiques etc.). Les organismes planctoniques et les plantes non consommés meurent et sédimentent sur la vase où ils s'accumulent avant d'être repris par l'activité bactérienne.

A la mort des organismes, une autolyse survient suite à la détérioration des membranes cellulaires. Le contenu du cytoplasme des cellules est libéré dans le milieu et contribue à son enrichissement en matière organique dissoute (sucres, amidon, cellulose, protéines, matières grasses, hydrocarbures...) les bactéries fabriquent des enzymes qui vont permettre la dégradation des macromolécules et leur transformation en molécules plus simples ; pour se nourrir. (6')

I-2-5. Les principaux groupes des bactéries influant sur la qualité de l'eau :

- a- Germes totaux :** les germes totaux constituent de la population bactérienne présente dans les milieux aquatiques. Ce sont des bactéries aéro-anaérobies facultatives. Généralement un faible dénombrement de ces germes dans l'eau permet d'en apprécier sa bonne qualité .un dénombrement atteignant quelques milliers par millilitre peut témoigner d'une pollution d'origine organique, en occasionnant un mauvais goût et une mauvaise odeur en favorisant des conditions de dégradation biologique et la persistance de pathogène (6)
- b- Coliformes totaux :** Le terme coliforme désigne les Entérobactéries qui fermentent le lactose. Les coliformes totaux sont définis comme étant des bactéries en forme de bâtonnet a Gram négative, aérobies ou anaérobies facultatives (7). Les principaux genres inclus dans le groupe sont: Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries très homogènes, les plus présents en grand nombre dans les excréments animaux et humains. Certaines espèces ne sont pas nécessairement liées à la flore intestinale humaine ou animale et peuvent proliférer dans le sol ou dans les milieux aquatiques (7) Ces germes peuvent être considérés comme des indicateurs très fiables de pollution fécale. La majorité des espèces ne sont pas pathogènes et ne représentent pas de risque direct pour la santé (8)
- c- Coliformes fécaux :** Les coliformes fécaux, ou thermotolerants, sont un sous groupe de coliformes totaux(9), ayant les mêmes caractéristiques et propriétés fermentatives, mais a une température d'incubation de 44°C (7).

Plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fatale et proviennent plutôt d'eau enrichie en matière organique, tels les affluents industriels, les affluents agricoles, le ruissellement, etc. ...

Parmi les coliformes fécaux, *Escherichia coli* et les Entérocoques sont des indicateurs de risque plus valides (10)

- d- **Escherichia coli** : C'est l'espèce la plus fréquente, elle représente 80 à 90% des coliformes thermotolerants détectés(11). Elle comprend cinq types. 4 types qui sont pathogènes pour l'homme, qui peuvent induire le syndrome urémique hémolytique (anémie hémolytique avec insuffisance rénale) (12).

On la trouve dans les eaux d'égouts, les effluents traités, ainsi que dans toutes les eaux naturelles. Elle est présente dans les sols qui ont subi une contamination fécale récente, qu'elle soit due à l'homme, ou à la faune sauvage. (11). Elle est très sensible à la chloration (13). Les bactéries n'ayant pas été inactivées ou détruites par la chloration sont par ailleurs capables de survivre pendant quelques jours dans les réseaux de distribution sans toutefois proliférer (14)

- e- **Entérocoques** : Les Entérocoques se développent à une température entre 10 et 45°C avec un PH alcalin de 9,6 (15). Par ailleurs, puis qu'il n'y a pas généralement de croissance des Entérocoques dans un réseau de distribution, leur détection témoigne généralement d'une pollution fécale récente (16). Les Entérocoques persistent dans l'eau et résistent aux agents désinfectants (17) ce qui fait d'eux des indicateurs privilégiés pour évaluer l'efficacité du traitement de l'eau (8).

- f- **Staphylocoques** : Les Staphylocoques sont des coques à Gram positif, arrondis d'un µm de diamètre, immobile et dépourvus de spores et de capsules (18). Elle est relativement résistante aux inhibiteurs bactériens. La recherche des Staphylocoques a un intérêt pratique surtout dans les eaux destinées à la baignade (19).

- g- **Salmonelles et Shigelles** : Les Salmonelles sont des entérobactéries qui se présentent sous forme de bacilles à Gram négatif, qui ne fermentent pas le lactose, mais fermentent le glucose avec production de gaz et de H₂S. Elles se divisent en deux grands groupes: les Salmonelles mineures et les Salmonelles

majeures pathogènes. Elles sont en général considérées comme hautement pathogènes bien que leur virulence et leur effet pathogène varient énormément : fièvre typhoïde et gastro-entérite. Les salmonelles peuvent donc être présentes dans les eaux des égouts, agricoles, domestique et dans les eaux douces (19).

h- Clostridium sulfito-réducteur : Les Clostridium sont des bacilles anaérobies sulfito-réducteurs se présentent sous forme de bactéries Gram positive, se développant entre 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques. Ils ne sont pas d'origine exclusivement fécale et leur présence dans l'environnement peut avoir d'autre origine. Elles peuvent survivre dans l'eau beaucoup plus longtemps que les coliformes et ils résistent à la désinfection (20).

i- Vibrions : Les Vibrions se présentent sous forme de bacilles Gram négatif, droits ou incurvés, très mobiles, possédant une oxydase, aéro-anaérobies facultatifs et fermentent le glucose sans production de gaz ni d'H₂S (Hautement pathogènes). Elles sont généralement rencontrées dans le sol, les eaux saumâtres, les eaux douces et les eaux de rivière et les lacs. Leur présence est liée à une contamination des matières organiques et leur prolifération entraîne la formation de gaz malodorants, hydrogène sulfure par exemple (19).

j- Champignons (levures et moisissures) : Les champignons englobent toutes formes de moisissure et de levure. On leur reconnaît une organisation biologique très distincte de celle des algues et des protozoaires. Ils sont dépourvus de pigments chlorophylliens, ils sont incapables d'effectuer la photosynthèse et tirent leur énergie de l'oxydation de composés chimiques organiques (21).

I-2-6. Les facteurs physico-chimiques influant sur le développement des bactéries:

I-2-6-1. Température : La plupart des bactéries se développent dans une gamme de température recouvrant 30 à 40°C.

On définit plusieurs classes de bactéries suivant la gamme de température dans laquelle elles se développent :

- Bactéries psychrophiles se développent jusqu'à une température inférieure à 20°C.
- Bactéries mésophiles se développent dans une gamme de température comprise entre 10° et 45°C.
- Bactéries thermophiles se développent à une température supérieure à 45°C.

I-2-6-2. pH : La plupart des bactéries se développent lorsque le pH est compris entre 5.5 et 9. Il existe néanmoins des bactéries acidophiles se développant à des pH très bas, jusqu'à un pH = 1, et des bactéries alcalinophiles.

I-2-6-3. Les facteurs chimiques : De nombreux produits chimiques sont des agents toxiques pour les bactéries.

Ils peuvent agir de différentes manières :

. Soit ils arrêtent la croissance des bactéries mais ne les tuent pas, ils sont appelés bactériostatiques.

Soit ils détruisent les cellules bactériennes, ce sont des agents bactéricides. Les produits chimiques à base de chlore, de phénols, de métaux lourds et de détergents sont des agents potentiellement bactéricides ou bactériostatiques, selon la dose à laquelle ils sont employés (8').

I-3 Les zooplanctons :

I-3-1. Définition : Les zooplanctons sont de petits animaux qui flottent librement dans la colonne d'eau des lacs et des océans et dont la distribution se détermine principalement par les courants et le brassage d'eau. La communauté de zooplancton de la plupart des lacs varie en taille, allant de quelques dizaines de microns (les protozoaires) à quelque millimètres (le macro zooplancton).

Le zooplancton joue un rôle déterminant dans les réseaux trophiques aquatiques parce qu'il représente une source de nourriture importante pour les poissons et les

invertébrés prédateurs mais aussi parce qu'il broute intensément les algues, les bactéries, les protozoaires et d'autres invertébrés.

Les communautés de zooplancton sont généralement diversifiées (>20 espèces) et elles se produisent dans presque tous les lacs et bassins. La présence du zooplancton est rarement importante dans les rivières et les cours d'eau parce qu'il ne peut maintenir des vitesses de croissance nette positive devant les pertes subies en aval. (22)

I-3-2. Quelque type de Zooplanctons :

a- Annélides :

Ce sont des vers segmentés en anneaux, leurs larves sont entièrement planctoniques d'autres deviennent planctonique au moment de la production. Elles sont généralement prédatrices notamment des copépodes

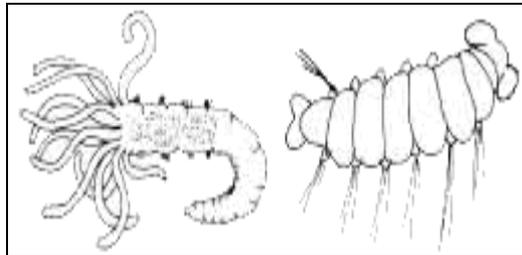


Figure N°I- 2 les Annélides

b- Les crustacés : Les crustacés holoplanctoniques forment un groupe ubiquiste et abondant. Copépodes, Ostracodes et cladocères se nourrissent de phytoplancton mais également de protozoaires. Mieux armés, Euphausiacés et Amphipodes sont des prédateurs des 3 groupes de crustacés (9')

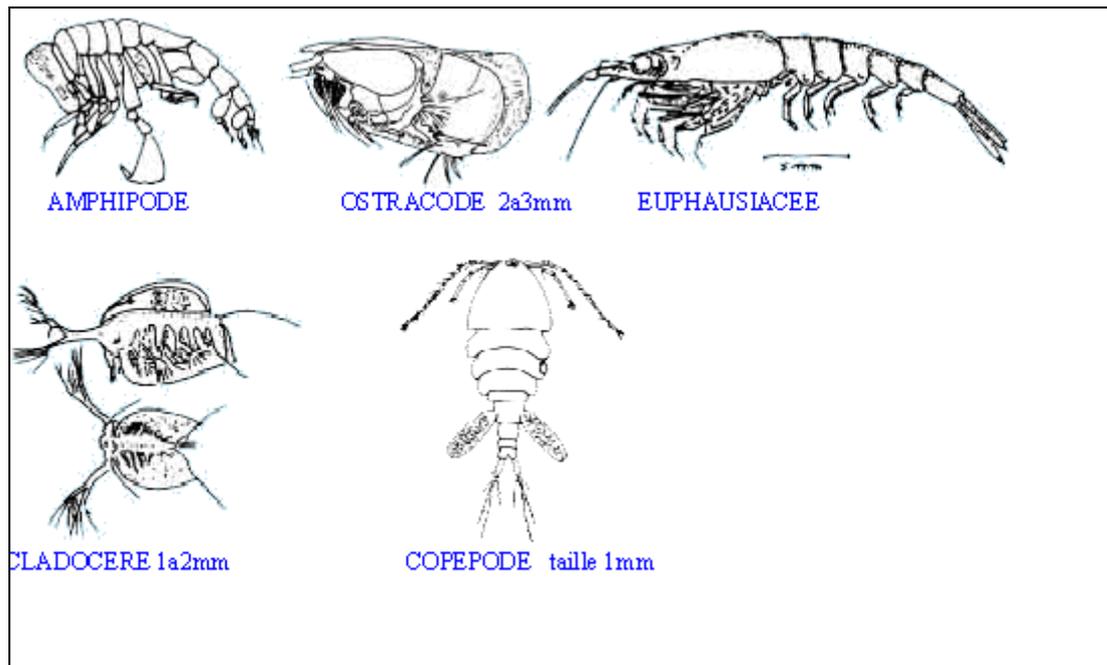


Figure N°I- 3 Les crustacés

I-3-3 Les facteurs influant sur le développement des zooplanctons :

Les zooplanctons sont sensibles aux variations d'un grand nombre de facteurs environnementaux y compris la température de l'eau, la lumière, la chimie (particulièrement le pH, l'oxygène, la salinité, les contaminants toxiques), la disponibilité de nourriture (algues, bactéries) ainsi que la prédation de la part des poissons et des invertébrés. (22)

I-4 Les poissons :

I-4-1 Les régimes alimentaires :

Pour subvenir à leurs besoins, les poissons puisent dans le milieu une alimentation végétale et animale. Le choix de telle ou telle nourriture est dicté par diverses raisons ou nécessités liées au milieu,

De nombreux poissons sont carnivores. Ils mangent des œufs d'autres poissons, des vers, des crustacés ou des poissons plus petits qu'eux. D'autres, comme la carpe et la vandoise, sont omnivores. Ils se nourrissent aussi d'herbes aquatiques. (10')

I-4-2 La répartition verticale des poissons dans les retenues ou les rivières :

Au sein d'une rivière ou d'un plan d'eau douce, les poissons se répartissent verticalement, entre la surface de l'eau et le fond. On distingue ainsi 4 catégories de poissons : les poissons de fond (barbeau, brème), de surface (ablette, vandoise), de pleine eau (truite, perche) et ceux liés à la végétation du bord des rives (brochet) **(23)**.

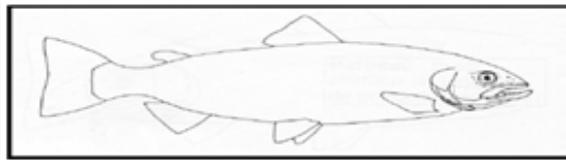
- **Les poissons de fond**
 - chabot
 - barbeau
 - brème
- **Les poissons de surface**
 - ablette
 - vandoise
- **Les poissons de pleine eau**
 - truite
 - rotengle
 - perche
- **Les poissons de bord des rives**
 - brochet
 - épinoche mâle



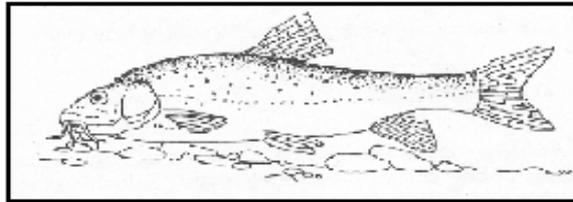
brochet



perche



truite



barbeau

Figure N°I-4 *Quelque types de poissons*

Fonctionnement de l'écosystème :

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.(11')

Les producteurs : ce sont essentiellement tous les végétaux qui utilisent toute 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 elles rejettent de l'oxygène ; les principaux producteurs sont les algues microscopiques du phytoplancton (11')

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 (11')

Les décomposeurs : ce sont les micro-organismes, comme les bactéries aérobies ou les champignons, qui se nourrissent 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 le phytoplancton. 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 : car 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.(11')

CHAPITRE II

CHAPITRE II

L'EUTROPHISATION DES BARRAGES

II Etude de l'eutrophisation des barrages

II-1 Introduction :

La maîtrise du phénomène [d'eutrophisation] est une tâche complexe et difficile pour cela un grand nombre d'études sur l'eutrophisation des eaux de surfaces, ses causes et ses conséquences, ainsi que sur les moyens dont on dispose pour lutter contre ce phénomène ont été réalisées. En effet, ces études ont parfois eu une portée nationale, mais il a souvent été nécessaire de faire appel à la collaboration internationale pour pouvoir traiter de façon adéquate ce problème aux multiples répercussions sur l'utilisation rationnelle des ressources en eau.

II-2 Définition de l'eutrophisation :

L'eutrophisation correspond à un développement important d'algues dans un écosystème aquatique en réponse à un apport excessif de d'éléments fertilisants, principalement du phosphate et du nitrate, provenant des rejets des activités humaines. L'eutrophisation peut ainsi être qualifiée de pollution nutritionnelle. (12')

II-3 Manifestation du phénomène d'eutrophisation :

A l'origine, l'eutrophisation est un phénomène naturel d'enrichissement des eaux en sels nutritifs. Aux apports naturels se sont ajoutés les apports anthropiques (nitrate, phosphate) dont l'augmentation rapide et récente a fortement contribué à amplifier ce phénomène et à rompre l'équilibre de l'écosystème.

On observe alors une prolifération intense d'algues, et c'est tout l'écosystème aquatique qui se trouve perturbé. La biomasse végétale générée se trouve momentanément en excédent par rapport aux capacités d'assimilation du zooplancton, et des poissons planctonophages. Ces accumulations de biomasse induisent la pullulation de bactéries responsables de la décomposition de la matière organique morte. Par leur intense respiration, ces bactéries épuisent l'oxygène nécessaire au bon fonctionnement de l'écosystème. La raréfaction de l'oxygène provoque alors la disparition de certaines espèces de poissons, d'invertébrés et conduit à une perte de la diversité biologique. La récurrence annuelle de cette situation favorise le développement de certaines espèces aux dépens d'autres organismes sensibles. Ce phénomène d'anoxie (absence d'oxygène dans l'eau) et la présence de composés

toxiques issus des dégradations incomplètes, inactivent progressivement les bactéries responsables de l'épuration du milieu. Les débris organiques s'accumulent produisant ce qui devient visible dans les vieux plans d'eau : la vase.

L'activité chlorophyllienne des végétaux aquatiques induit aussi des variations cycliques et journalières de la valeur du pH. (12')



Figure N°II-01 Photographie d'un cours d'eau eutrophisé

II-4 Les différents stades de l'eutrophisation

Les plans d'eau peuvent être classés en fonction de l'état trophique qu'ils présentent. On différencie ainsi plusieurs stades d'avancement dans le processus d'eutrophisation, appelés aussi niveaux (ou états) trophique ou degrés d'eutrophisation. On retrouve dans cette classification des plans d'eau :

- Les lacs « Ultra-Oligotrophe et Oligotrophe » : (peu nourris), ayant une productivité faible, pauvres en nutriments, mais très oxygénés dans toute leur profondeur, et dont la clarté de l'eau est très bonne.
- Les lacs « Mésotrophe » : qui ont une productivité modérée, et qui correspondent à la catégorie de lacs intermédiaires entre le stade oligotrophe et eutrophe.
- Les lacs « Eutrophe » : (bien nourris), ayant une forte productivité et une importante biomasse

- Les lacs «Hyper-eutrophe » : qui sont des lacs extrêmement affectés par l'eutrophisation, et dont le fonctionnement est très fortement perturbé.

Chaque lac ayant ses propres caractéristiques, il est souvent difficile d'établir une classification précise des différents types de niveaux trophiques. Il existe cependant certains outils et modèles qui permettent d'évaluer le niveau d'eutrophisation. Le tableau II-01 donne une description des différents états trophiques d'un lac, sans avoir de signification très précise, cette description reste néanmoins couramment utilisée pour désigner le potentiel trophique d'un plan d'eau (Galvez-Cloutier, 2002).

Tableau N°II-01 Caractères trophiques des lacs

<i>Caractères trophiques des lacs</i>					
Catégorie	Ultra-Oligotrophe	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hyper-eutrophe
Biomasse	Faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
Algue verte et cyanobactérie	Faible	Faible	Variable	Forte	Très forte
Macrophytes	Faible à nulle	Faible	Variable	Faible à forte	Faible**
Productivité	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Forte/instable
Oxygénation de l'épilimnion*	Normale	Normale	Variable	sursaturation	de la sursaturation à
Oxygénation de l'hypolimnion*	Normale	Normale		Sous-saturation	une anoxie complète

(** la surproduction de biomasse et de phytoplancton empêche la pénétration de la lumière dans l'eau, ce qui limite le développement des macrophytes)

Pour caractériser au mieux l'état trophique des lacs, on évalue le degré d'eutrophisation en se basant sur différents paramètres comme par exemple les concentrations en phosphore total, chlorophylle-a, ou la clarté des eaux. En quantifiant ces paramètres pour caractériser la qualité de l'eau, on peut établir une classification des niveaux d'eutrophisation des plans d'eau (Tableau II-02) (Galvez-Cloutier, 2002). (13')

Tableau N°II-02 : Paramètres permettant l'évolution le niveau trophique d'un plan d'eau

<i>Valeurs des seuils de l'état trophique des plans d'eau</i>			
Degré de trophie	P total μg/L	Chlorophylle-a moyenne μg/L	Chlorophylle-a maximum μg/L
Ultra-oligotrophe	< 4	< 1	< 2,5
Oligotrophe	< 10	< 2,5	2,5 - 8
Mésotrophe	10 - 35	2,5 - 8	8 - 25
Eutrophe	35 - 100	8 - 25	25 - 75
Hypereutrophe	> 100	> 25	> 75

II-5 Les étapes de l'eutrophisation sont :

1. Apport massif de substances nutritives (nitrates, phosphates)
2. Augmentation de la production primaire: stimulation de la croissance du phytoplancton. A ce stade on note une augmentation des Diatomées et une croissance de larve au fond.
3. Enrichissement du cycle biologique: augmentation du zooplancton, des poissons, forte croissance des plantes enracinées
4. Mort progressive des algues en suspension, augmentation de turbidité, sédimentation importante des matières organiques vers les couches profondes et consommation importante de l'oxygène dissous dans l'eau
5. Putréfaction de la vase (diffusion de produits toxiques, H₂S, NH₃, CH₄) du au développement des bactéries anaérobies
6. Désoxygénation des couches inférieures et morte des poissons, prolifération du phytoplancton en surface
7. La turbidité empêche la photosynthèse de s'effectuer: ceci augmente l'appauvrissement de l'eau, la reproduction des poissons peu exigeants en oxygène

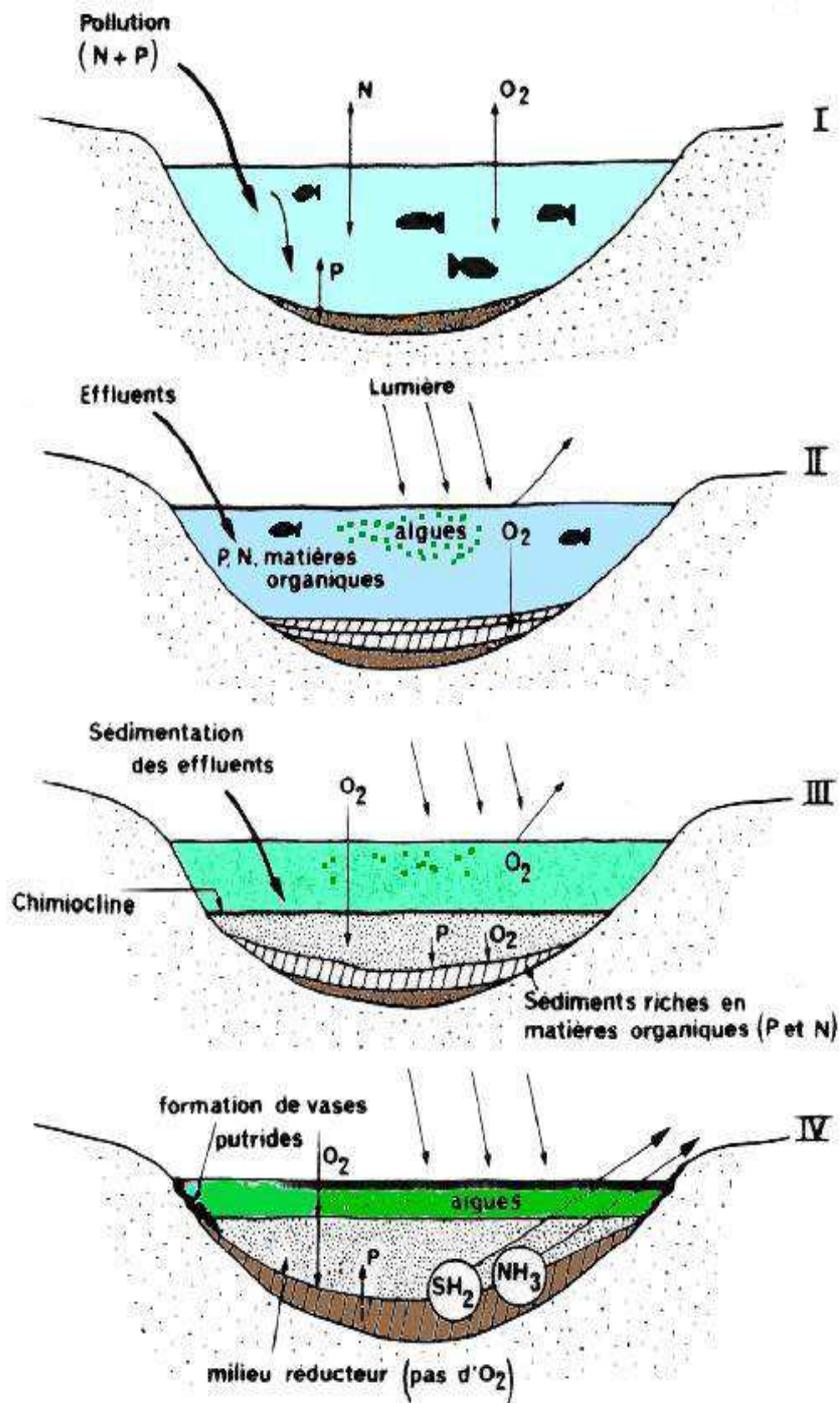


Figure N°II-02 Schémas des principales phases de l'eutrophisation des eaux

I : pollution Croissante

II : prolifération des algues

III : décomposition anaérobie

IV : dégradation extrême du milieu avec simplification des espèces présentes (14')

II-6 Facteurs favorisant l'eutrophisation :

II-6-1 : Sels nutritifs

L'enrichissement des eaux en éléments nutritifs (phosphate et nitrate essentiellement) permet au phytoplancton, aux algues et aux végétaux aquatiques de se développer. Même si l'azote, qu'il soit sous forme de nitrate ou d'ammonium, est nécessaire à l'apparition du phénomène d'eutrophisation en eau douce, le phosphore est l'élément déterminant car contrairement à l'azote, il n'a pas de phase gazeuse atmosphérique, où certains groupes d'algues peuvent trouver une réserve quasi-illimitée. Le phosphore est présent en faible quantité, ce qui rend le développement de la plupart des algues et des végétaux difficile. Le phosphore se trouve ainsi en position de facteur « limitant » ou « contrôlant » la multiplication des algues. Dans les plans d'eau il est très rapidement épuisé par un groupe d'algues, les diatomées, mais redevient disponible aux autres groupes d'algues quand la silice, nécessaire aux seules diatomées, devient le facteur limitant pour ces dernières. Quand tout le stock de phosphore de la colonne d'eau est utilisé, on voit apparaître les cyanophycées ou cyanobactéries de façon très visible à la surface de l'eau. Parallèlement, les fortes productions des autres groupes d'algues ont entraîné une anoxie des couches profondes libérant ainsi le phosphore (17').

II-6-2 Température:

La température est un facteur très important, elle influence directement le métabolisme. En effet, la photosynthèse ne se déclenche qu'à partir d'une certaine température ; elle augmente en suite jusqu'à une température optimale, à partir de laquelle on observe une brusque chute de l'assimilation qui s'annule peu après. Ce maximum varie suivant les espèces algales. (25) Certaines algues présentent une résistance extraordinaire aux températures extrêmes. On connaît des cyanophycées qui supportent une brève période de chauffage à 60 °C. (26)

Les cyanophycées ont généralement des températures optimales de croissances supérieures à celles observées chez les autres organismes aquatiques. Ceci favoriserait le développement des efflorescences en été. (15')

II-6-3 Eclaircissement

Une intensité et une durée d'éclaircissement importante (optimum au printemps) qui procure aux végétaux l'énergie nécessaire à la photosynthèse

II-6-4 pH :

Les pH les plus favorables à la vie aquatique se situent entre 6.5 et 8.5. Tout abaissement ou toute élévation excessive du pH entraînera des modifications de l'équilibre ionique et de la productivité primaire et secondaire suivie d'un remaniement du peuplement initial. (27)

Certaines eaux superficielles (lacs, retenus, rivière.....) ont parfois un pH s'élevant brutalement en été, ceci est le résultat d'une forte production algale (28).

Les cyanobactéries (les algues bleues) sont particulièrement adaptées aux conditions de pH élevées, qui correspondent par ailleurs à des conditions d'eutrophisation importante.

II-6 -5 Profondeur :

La profondeur moyenne du plan d'eau et de l'hypolimnion peut influencer considérablement les effets de l'accroissement de la charge nutritive d'un lac ou d'un réservoir. La teneur en oxygène de l'hypolimnion durant les périodes de stratification thermique dépend en grande partie de la profondeur moyenne de l'hypolimnion. Les

Processus de dégradation de la qualité de l'eau et de relargage des nutriments à partir des sédiments y sont également étroitement liés. (29)

Par ailleurs, la profondeur joue un rôle important dans la répartition de la température et de la lumière (stratification thermique et lumineuse) figure

Ceci explique la répartition étagée des algues en fonction de la profondeur.

II-7 Les conséquences de l'eutrophisation :

L'eutrophisation est une forme de pollution dont les conséquences s'observent aussi bien sur les écosystèmes aquatiques, que sur les usages des eaux.

II-7-1 Effets sur la santé humaine :

Certaines cyanobactéries qui prolifèrent dans les eaux douces produisent des toxines nocives pour l'homme. On distingue tout d'abord les hépatotoxines, les plus recherchées, qui provoquent des gastro-entérites, qui agissent sur le foie en étant cancérigènes. D'autres agissent sur le système nerveux (les neurotoxines) ou provoquent des allergies et des irritations cutanées par simple contact (les dermatotoxines) (17').

II-7-2 Effets délétères sur l'écosystème aquatique

- les végétaux morts colmatent les fonds des plans d'eau, ce qui détruit l'habitat de nombreuses espèces,
- la carence en oxygène provoque la disparition de certaines espèces de poissons, d'invertébrés et conduit à une perte de la diversité biologique,
- la putréfaction des végétaux et la production de toxines peuvent aussi être nocives pour les espèces vivant dans l'eau.

II-7-3 Perturbation de la qualité de l'eau distribuée et de la production d'eau potable

Les eaux de surface, majoritairement les retenues, sont le siège des phénomènes d'eutrophisation avec développement de cyanobactéries.

De ce fait, on assiste à :

- une complication du processus de traitement des eaux potables dû au contrôle soutenu de l'eau brute à traiter, mais encore à l'ajustage permanent du dosage des réactifs,
- un risque d'apparition de toxines produites par les cyanobactéries lors du pompage de l'eau,
- une nécessité d'éliminer les éventuelles toxines présentes notamment par traitement des eaux par oxydation (ozonation, chloration) et /ou par l'emploi de charbon actif,
- un risque d'odeur et de mauvais goût dans l'eau distribuée induit par les matières organiques, et une augmentation de la production des boues.
- La prolifération de macro ou micro algues diminue la transparence de l'eau
- Colmatage des filtres au niveau des stations de traitement (17')

II-8 Solutions sélectionnées pour lutter contre l'eutrophisation des barrages:

La lutte contre l'eutrophisation exige une connaissance suffisante des facteurs induisant l'apparition de ce phénomène dans les milieux aquatiques. Bien que ce phénomène ne soit pas encore parfaitement connu, il est cependant reconnu qu'il est le résultat d'introduction excessive de nutriment dans les milieux aquatiques, liées aux activités humaines. Ainsi, les actions pour résorber le problème doivent avant tout porter sur le bassin versant. Du point de vue de la réglementation, les actions de prévention de l'eutrophisation portent

essentiellement sur l'assainissement (traitement des eaux usées) et sur la pollution diffuse d'origine agricole (17').

Action à entreprendre à court terme (2 à 3 ans) :

- ❖ Augmentation artificielle des réserves de matières oxydantes dans l'hypolimnion (couche du fond de l'eau).
 - Introduction directe de nitrate au fond des retenus.
 - La destratification artificielle pour affaiblir la stratification thermique de la masse d'eau au printemps.
- ❖ Gestion des barrages basée sur l'évolution de la qualité de l'eau.
 - L'optimisation du niveau de la prise d'eau brute alimentant la station de traitement.
 - Les vidanges partielles en automne des couches profondes, riches en matières organiques et présentant un très fort déficit en oxygène dissous, quand les conditions hydrologiques le permettent

Action à entreprendre à moyen terme (3 à 5 ans) :

- ❖ Mise en place d'une politique globale et rigoureuse sur les rejets en phosphore et les détergents.
 - Réduction ou élimination des apports poly phosphates provenant des détergents.
 - Règle l'utilisation des sols visant à minimiser le ruissellement, l'érosion et les pertes d'engrais.
- ❖ Mesures biologiques:
 - Implantation de carpes argentées de chine, poisson consommateur d'algues microscopiques.

Action à entreprendre à long terme (5 à 10 ans) :

- Réduction des apports d'élément nutritifs.
- Reboisement de certaines parties du bassin versant.
- Contrôle de l'utilisation des sols dans les régions agricoles
- Contrôle des sources ponctuelles de pollution. (30)

CHAPITRE III

CHAPITRE III

PRESENTATION DE MILIEU D'ETUDE

III Présentation du milieu d'étude

III-1 Introduction : la qualité des eaux d'un hydro système dépend de nombreux facteurs et processus environnementaux (31)

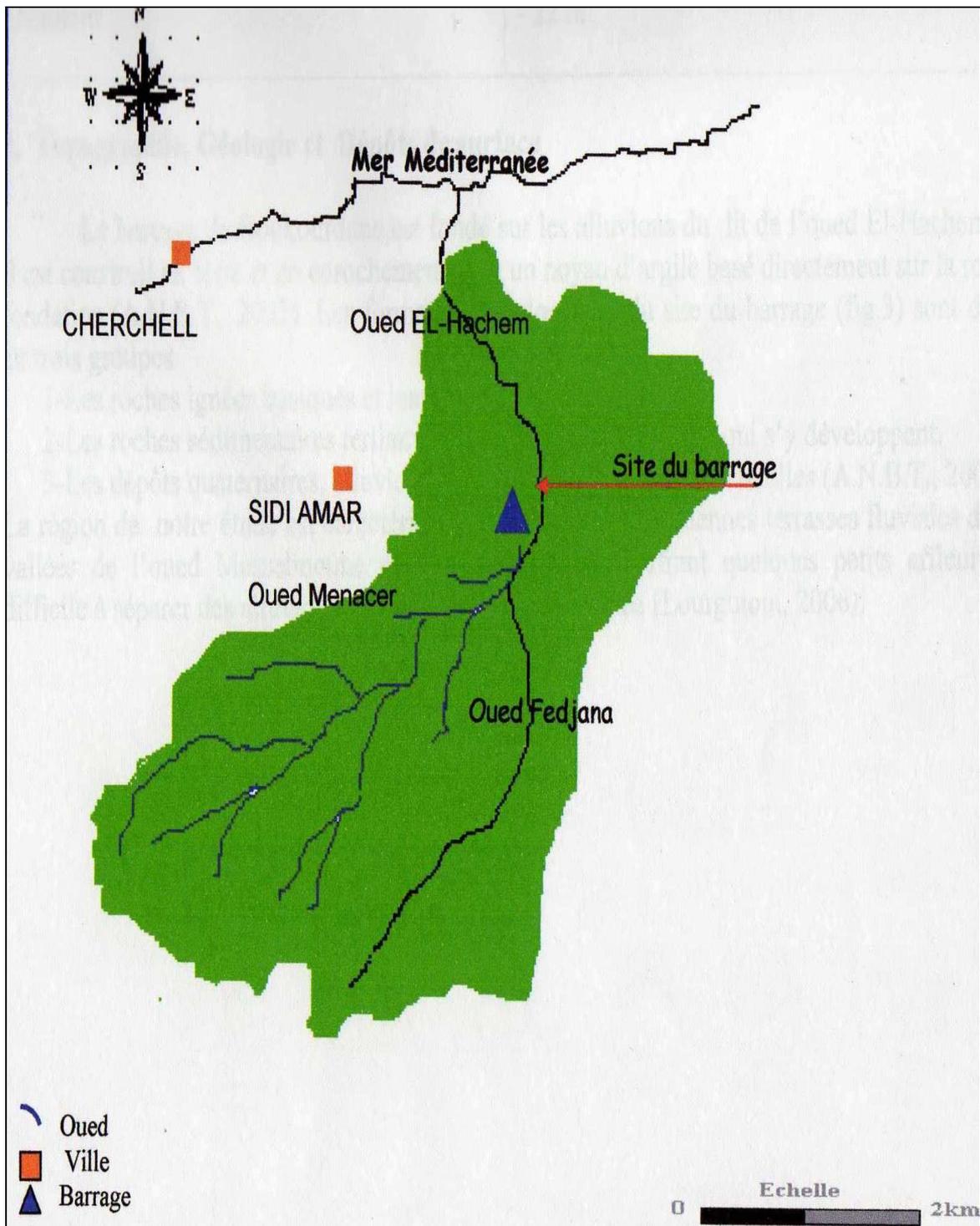
En effet les changements saisonniers de la composition chimique de l'eau durant un cycle annuel dépendent essentiellement des conditions hydro climatiques, tendus que les changements a long terme sont associés au stade de développement du réservoir, accompagnant les transformations au niveau de son bassin versant et de sa morphologie (32).

Le barrage de Boukourdane a été conca pour répondre aux besoins en eau pour l'irrigation de la région de la Mitidja ouest.

Actuellement, il est utilise pour l'alimentation en eau potable et pour l'irrigation.

L'objectif de ce travail est l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux du barrage à travers un suivi régulier étalé sur un cycle annuel 2007

III-2 Bassin versant : Le bassin versant de l'oued EL-Hachem s'étend depuis la montagne de Bou-Maad au sud jusqu' à la mer méditerranée au nord. Le bassin à une superficie de 177Km² et un périmètre de 58Km et une altitude moyenne de 420 m. La longueur de l'oued est de 34Km avec une pente longitudinale de 6,4% (ANB 94)



**Figure N°III-01 localisation géographique du bassin versant du site du barrage
Boukerdene**

III-3 Bioclimat de la région : Le barrage de Boukourdane est situé dans une zone subhumide où les hautes barrières montagneuses qui limitent le domaine oriental vers l'ouest privent la région des apports de pluies et réduisent la pluviométrie de cette région à 190 mm/an en moyenne. Il bénéficie d'un climat humide à subhumide. Sous l'influence du climat méditerranéen, l'année est divisée en deux saisons ; la saison des pluies qui se caractérise par le froid et l'humidité et la saison sèche qui se caractérise par la chaleur et la sécheresse. Au niveau du bassin versant, les pluies sont abondantes, la précipitation annuelle s'élève à 780 mm. Les pluies fortes précipitations apparaissent du mois de novembre au mois de mai

A partir des données climatologiques telles que la température et la pluviométrie nous avons pu déterminer les caractéristiques climatiques essentielles pour notre région d'étude.

III-3-1 Moyenne annuelle et mensuelle des températures et des précipitations :

Sur une période de dix ans jusqu' au février 2008 nous avons calculé la moyenne mensuelle et annuelle de la température et de la précipitation dans la région d'étude

Tableau N°III-01 Moyenne mensuelle et annuelle de la température (min et max) et la précipitation et l'évaporation

Ces valeurs montrent que la saison estivale (juin, juillet et août) est caractérisée par une faible précipitation alors que le maximum est noté au mois de novembre avec une valeur de

Mois	sept	Oct.	nov.	déc.	janv.	févr.	mars	avril	mai	juin	juil.	aout
Tmoy °C	23,885	20,45	16,136	13,256	11,42	12,25	14,49	15,47	19,382	23,8	27,32	27,16
Tmin °C	11,44	8,88	5,01	1,3	-0,5	0,34	3,31	4	8,14	12,12	18,51	14,8
Tmax °C	39,15	36,22	29,35	25,52	23,93	26,28	28,7	28,12	34	38,62	39,58	43,28
Pv (mm)	39,9	37,05	124,55	115,1	77,17	69,25	52,21	44,01	52,64	0,7	0,72	1,9
Eva(mm)	180,04	127,19	71,68	61,185	57,67	71,72	110,22	141,28	182,14	237,77	269,53	258,36

124,55mm

III-3-2 Diagramme ombrothermique :

D'après Bagnouls et Gaussen (1953), l'étude du rapport entre les précipitations et les températures moyennes mensuelles nous a permis de déterminer la période sèche et la période humide de la région.

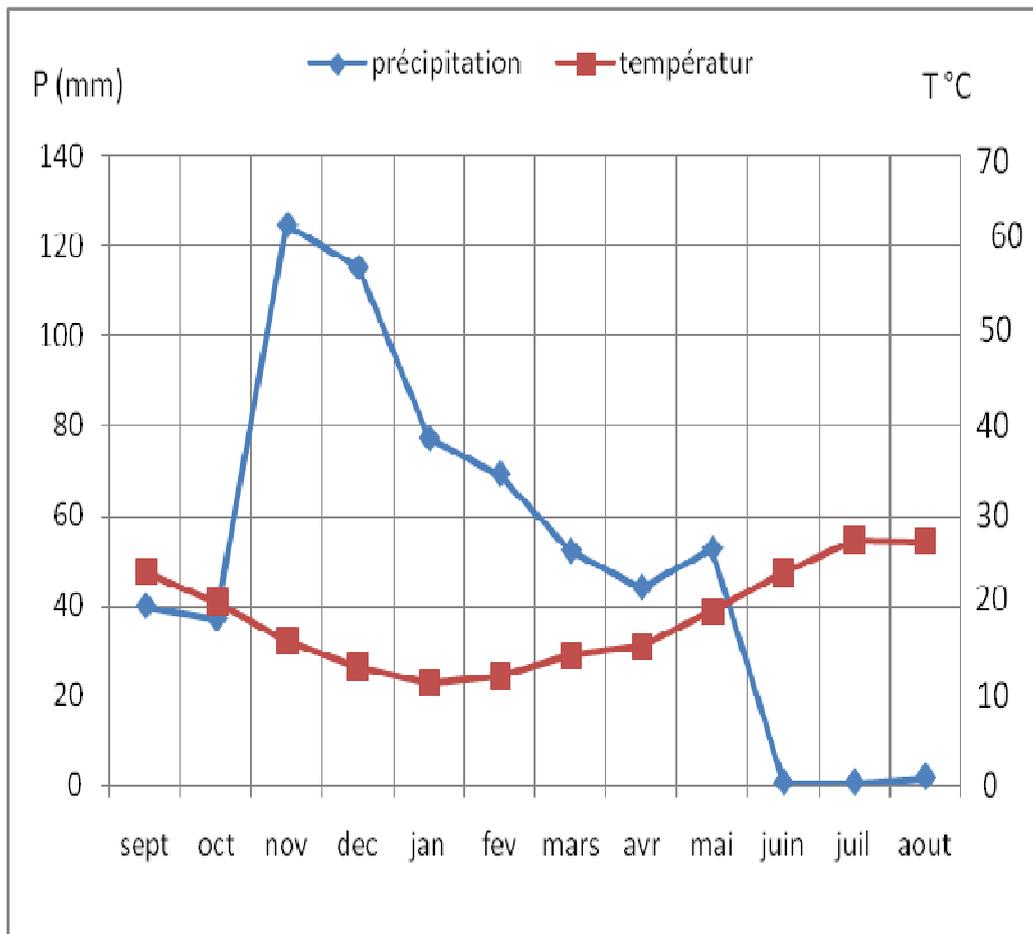


Figure N°III-02 Diagramme ombrothermique de la zone d'étude.

Selon le diagramme on a deux périodes

- La période sèche qui s'étend de la mi-mai jusqu' à mi octobre
- La période humide qui s'étend du mi octobre jusqu' à la mi-mai

III-3-3 Quotient pluviométrique d'Emberger :

Emberger (1955) établit le climatogramme pluviométrique et définit le bioclimat d'une région suivant cette relation :

$$Q_2 = \frac{2000.P}{(M + m)(M - m)}$$

P (mm) : moyenne annuelle des précipitations

M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud en °k

m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid en °k

$$Q_2 = \frac{2000.P}{(M + m)(M - m)} = \frac{2000.P}{M^2 - m^2} = \frac{2000.615,20}{(43,28 + 273)^2 - (-0,5 + 273)^2} = 47,73$$

$Q_2 = 47,73$

$m = -0,5^\circ\text{C}$

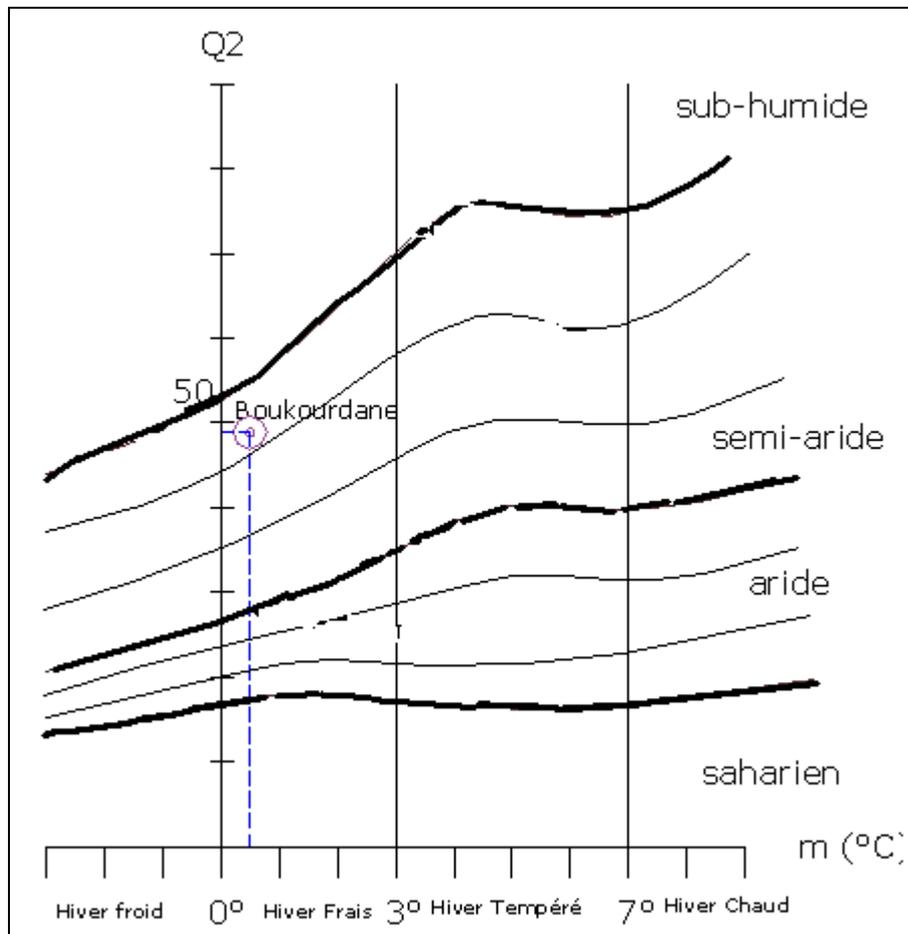


Figure N°III-03 Localisation du barrage de Boukourdane sur le climatogramme Pluviométrique d'Emberger

D'après la température minimale $m = -0,5^\circ\text{C}$, $Q_2 = 47,73$, le barrage de Boukourdane est situé dans un étage à bioclimat semi-aride et à hiver frais.

III-4 Nature des terrains :

Dans le bassin versant le long de la vallée sont déposées des alluvions anciennes et récentes, on y trouve des terres provenant d'altération des roches sédimentaires et des roches ignées. A l'intérieur du bassin la couverture végétale est faible, cela est défavorable à la conservation des terres et des eaux. D'ailleurs plus en remonte plus la pente du lit de l'oued est importante, ce qui aggrave davantage l'affouillement et l'érosion du sol

III-5 Topographie, Géologie et dépôts de surface :

Le barrage de Boukourdane est fondé sur les alluvions du lit de l'oued EL-Hachem, mais il est construit en terre et en enrochement avec un noyau d'argile basé directement sur la roche de fondation. Les formations géologiques du site du barrage sont divisées en trois groupes

1. les roches ignées basiques et leur altération actuelle in situ.
2. les roches sédimentaires tertiaires et les terrains d'altération qui s'y développent
3. les dépôts quaternaires, alluvions de l'oued et déjections torrentielles

La région de notre étude est caractérisée par la présence d'anciennes terrasses fluviales dans les vallées de l'oued Messelmoune et l'oued EL-Hachem offrant quelques petits affleurements difficile à séparer des alluvions actuels du fond de la vallée.

III-6 Caractéristique générale de la retenue du barrage Boukourdane :

Le barrage de Boukourdane est construit en 1986. Il est situé dans la partie ouest de la grande plaine de la Mitidja .Il est à environ 1,3Km au sud du village de sidi amar -Wilaya de Tipaza- il est situe sur une altitude de 35°32' Nord, et une longitude de 2°18'. Il se trouve à 11Km du bord de la méditerranée et à 8Km environ au sud de Djebel chenoua et au sud-ouest du barrage se trouve le massif Bou-maad. Il est construit sur le lit de l'oued EL-Hachem au confluent des deux principaux oueds : Menacer boukadir et fedjana qui donne naissance à l'oued El-Hachem .En amont du barrage il y a de nombreux affluents parmi lesquels le talweg le plus long avec une distance de 24Km

Les paramètres essentiels du barrage de Boukourdane sont résumés dans le tableau N°III-02

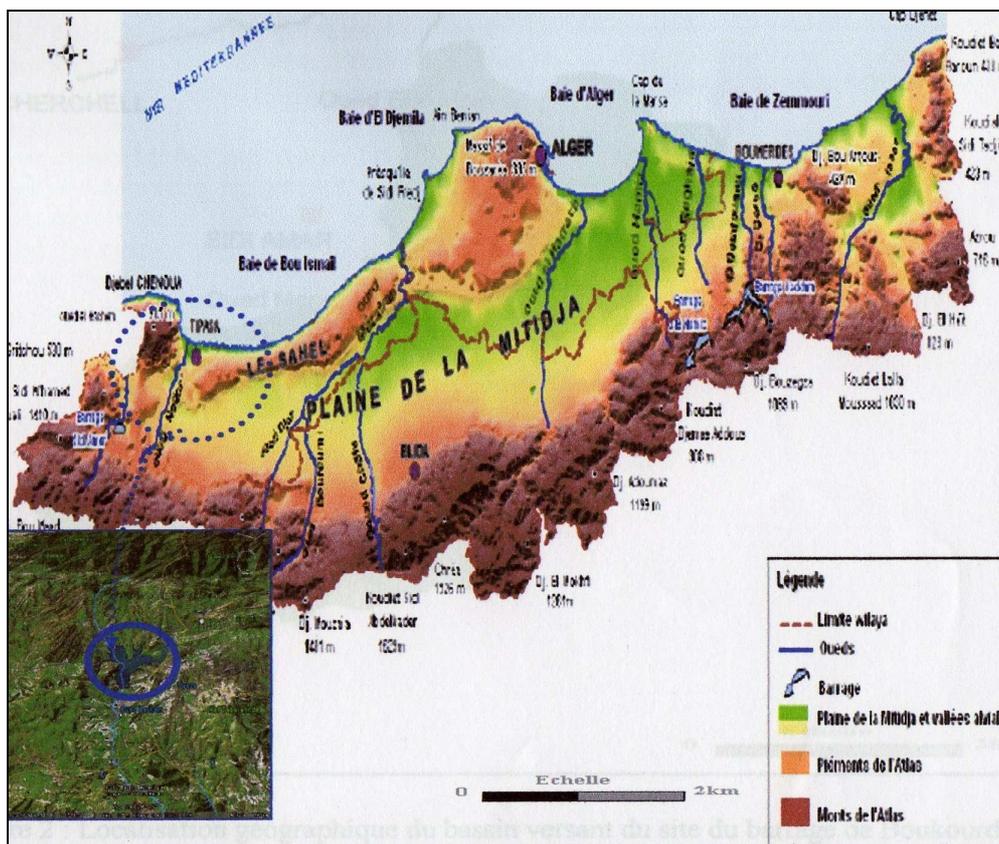


Figure N°III-04 Localisation du barrage par rapport à la plaine de Mitidja

Tableau N°III-02 caractéristiques générale de barrage

type	Terre zoné
Côte du niveau normale de la retenue	119,50 m.
Cote du niveau de plus hautes eaux	123,00 m.
Aire de la retenue au niveau normale	536ha
Aire de la retenue au niveau exceptionnel	600ha
Capacité totale de la retenue	97 Mm ³
Réserve d'envasement	10,8Mm ³
Volume régularisé	49 Mm ³
Apports moyens annuels	2 Mm ³
Hauteur	22m
Hauteur	609,7m
Largeur en crête	10m
Largeur au niveau du terrain naturel	367,62m

III-7 Historique de barrage :

La réalisation de barrage a créé une retenue de 536.000 m³ qui a permis à la population composée de ruraux d'améliorer les rendements, actuellement médiocres, d'une agriculture de subsistance à base de céréaliculture et d'arboiculture (olivier).

La mise en eau a commencé au début de l'année 1996. Les principaux apports ont été de 24 Hm³ en 1996, de 34 Hm³ en 1999 et en 2005. Le barrage a atteint son plus haut niveau en 1999, cote de retenue à 109,67 m pour une retenue normale (NNR) à 119,5 m. le barrage est donc toujours en cours de remplissage 10 ans après. L'historique de la cote de retenue est présenté ci-dessous :

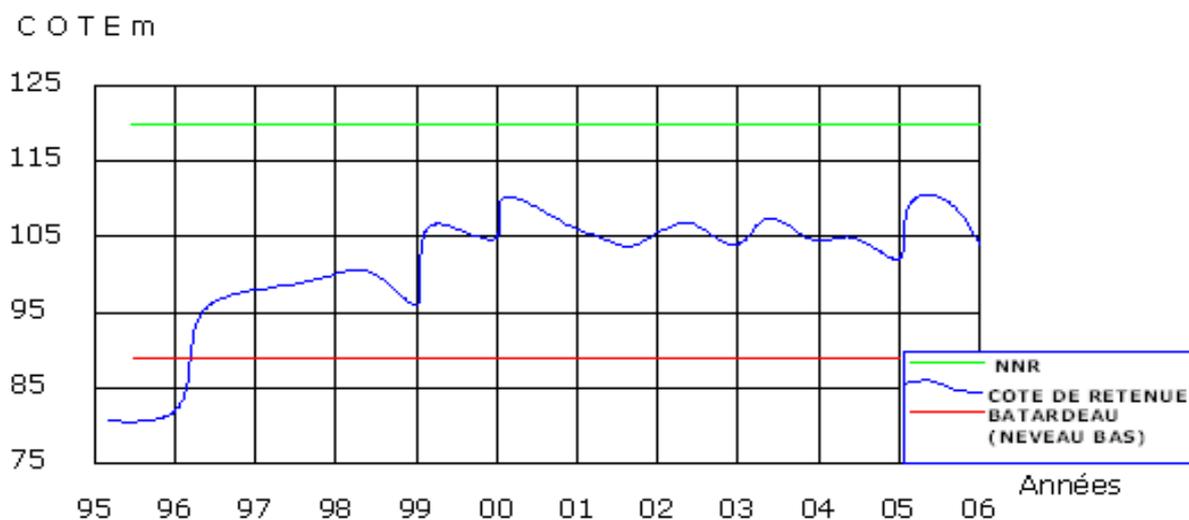


Figure N°III-05 Variation de la cote de retenue de 1995 à 2006

Le barrage de Boukourdane permet :

- l'alimentation en eau potable des populations de Tipaza, Nador, Hadjout, sidi amar, Cherchell, sidi Ghilés et Hadjret Ennous (anbt 1994)
- l'irrigation de la vallée de l'oued EL Hachem, des terrains de la partie ouest de la Mitidja, des régions de Hadjout et de sahel (anbt 2002)
- activités sportives (aviron) pour l'année 2007
- construction d'un centre nautique sur une superficie de 2,5 hectares, dont les services de la pêche ont lancé en 2006
- le baignade et loisir

III-8 Apport hydrique :

Les mesures mensuelles sur l'année 2007 de la capacité du barrage sont sur le tableau N° . Le volume du barrage est en relation avec les apports mensuels et des précipitations. L'absence de pluies par période sèche entraîne une diminution progressive du niveau du barrage, allant du mois de juin jusqu'au mois de novembre. Puis il commence à évoluer pour les mois qui viennent

Tableau N°III-03 variation mensuelle de volume de barrage

mois	janv.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	aout	sept	oct.	nov.	déc.
Apport hm ³	0,993	1,012	5,103	7,339	1,663	0,8	0,378	0,148	0,7	3,45	4,66	3,02
Volume hm ³	33,38	33,41	36,63	41,73	42,94	40,58	35,12	32,25	26,03	24 ,05	22,59	31,39
Pluie mm	12,4	44,8	103	92,5	2,8	0	0	0	86,2	112,2	94,4	70,8

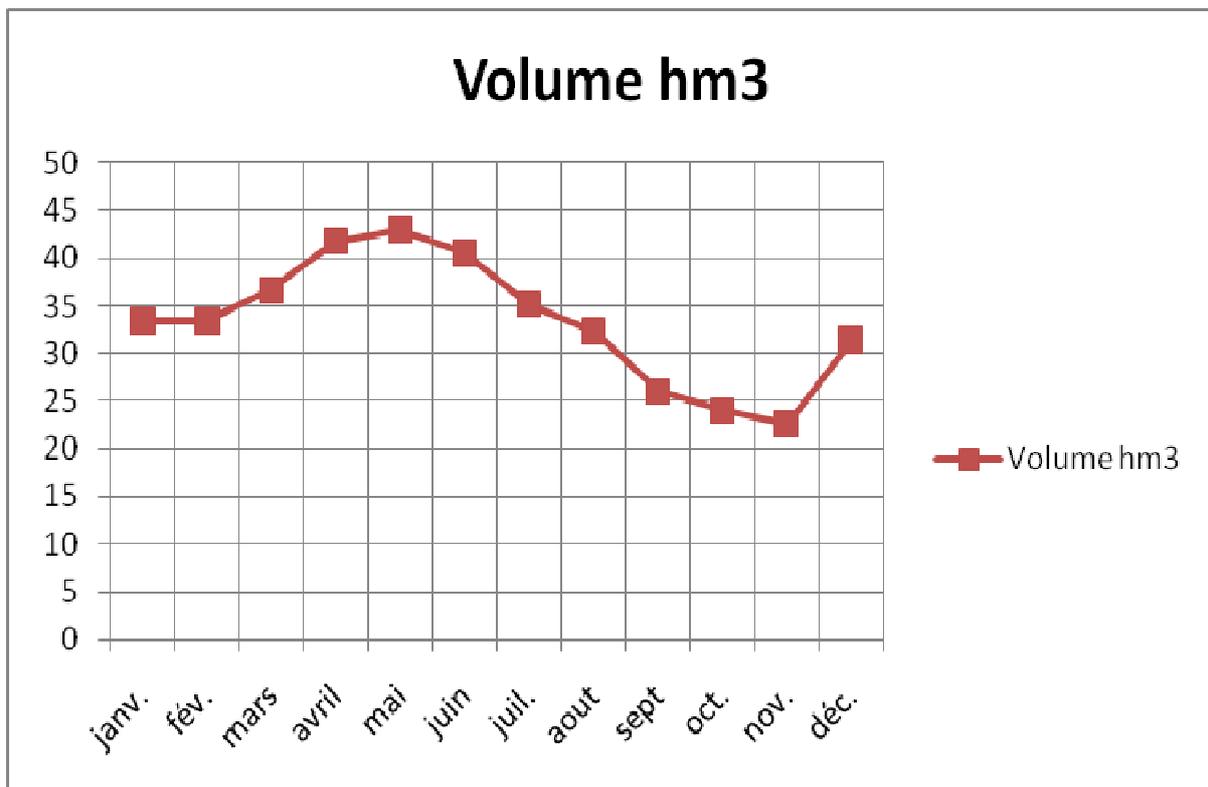


Figure N°III-06 variation mensuelle de volume de retenue

III-9 Approvisionnement en eau potable :

A partir de 2002 le barrage de Boukerdane participe au renforcement du réseau d'alimentation en eau potable dans le cadre du projet sécurisation d'alimentation d'Alger en eau potable

III-10 Prélèvements agricoles :

L'eau de barrage est beaucoup plus destinée à l'irrigation qu'à l'alimentation en eau potable. Le barrage est conçu pour l'irrigation de la Mitidja ouest, selon le programme défini dans l'avant projet (ANB 1994).

Le volume d'eau régularisé par le barrage est de 49 Mm³ par année, dont 8 Mm³ d'eau potable et 41 Mm³ d'eau d'irrigation.

III-11 Ensemencement du barrage :

Une quantité de 6400 000 alevins a été importée de la Hongrie. Cette opération nationale, qui a débuté le 15 juin 2006 au barrage, s'est achevée le 27 juillet 2006. Les lots d'alevins importés de la Hongrie arrivent à l'aérodrome militaire de Boufarik et font l'objet immédiatement du dispatching. Une quantité de 200 000 alevins de carpes argentées et à grandes bouches a été déversée au barrage. Cette campagne d'ensemencement ciblera 36 sites implantés à travers 30 wilayas du pays. Les vétérinaires qui se trouvent sur le site de Boukourdane, après l'inspection, avaient affirmé que les alevins sont en bon état. Il y a lieu de signaler que de nombreux citoyens viennent au barrage pour pêché du poisson, notamment du mulot et de la carpe (El watan, 2006)

III-12 Faune et flore du barrage :

III-12-1 Flore :

La région du barrage de Boukerdane est couverte de lentisque, de palmiers nains, d'oliviers sauvages et de toutes sortes de broussailles. Sur les rives du barrage de Boukerdane se trouve une faible couverture végétale, des pelouses et des terrains agricoles (des céréales et des cultures maraîchères)

III-12-2 Faune aquatique :

Le barrage est caractérisé par une faune ichtyologique importante dominée par le genre *Barbus*. C'est aussi un milieu d'accueil de plusieurs espèces d'oiseaux tels que ; les canards souchets, corbeaux noir, etc.....

III-13 Rives du barrage :

Au niveau des rives du barrage se pratiquent des activités agricoles ainsi que le pâturage qui est considéré un facteur anthropique. C'est un facteur de déséquilibre qui, à la longue entraîne la destruction des milieux naturels.

III-14 Activités agricoles :

Depuis longtemps, les activités agricoles réalisées au niveau du barrage, permettent d'assurer la nourriture et le commerce pour les riverains. Les agriculteurs utilisent des engrais riche en nitrates trois fois par an. Par contre, les pesticides sont utilisés une fois par an. La nature des cultures pratiquées est la céréaliculture et le maraîchage (des tomates au mois d'août, des pommes de terre, ail et oignon au mois de mai). Selon Bouchard (2000), ces activités agricoles peuvent êtres la cause de l'apparition des perturbations environnementales, cas de modification des caractéristiques naturelle, qui peut engendrer une pollution agricole. Aujourd'hui, la pollution de l'eau par les activités agricoles présente quatre formes principales : les matières en suspensions, les éléments nutritifs, les pesticides et les contaminations bactériennes. Par ailleurs, l'agriculture entraîne par l'effet du ruissellement des modifications physique du territoire qui sont susceptibles d'avoir un impact sur la faune et la flore du bassin versant.

III-15 Pâturage :

Nous avons remarqué que les agriculteurs et les habitants du barrage pratiquent aussi l'élevage des bovins et des ovins. Cette activité influe sur la qualité des eaux de barrage par une contamination fécale. Lorsque les troupeaux sont présents sur le barrage, la fréquence des pollutions fécales contribue à l'augmentation de l'effectif des bactéries

III-16 Activités nautiques :

Au cours de nos visites, nous avons remarqué la présence d'embarcations sportives durant la période estivale. C'est une activité qui s'étale presque sur toute l'année. Cette activité peut présenter l'un des facteurs contribuant à l'altération de la qualité des eaux de barrage et à une perturbation de fonctionnement du milieu naturel.

CHAPITRE IV

ETUDE EXPERIMENTALE

IV- 1 Matériel et méthode :

IV -1-1 Site et fréquence d'échantillonnage :

Le site d'étude désigné est le barrage de **Boukourdane**

Le site a été sélectionné selon les critères suivants : barrage en exploitation utilisé pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation, et à cause de l'apparition de la mauvaise odeur et goût des eaux du barrage.

Au cours de l'année d'étude un échantillonnage mensuel et à des différentes profondeurs (0m, 5m, 10m, 15m et 20m par rapport au plan d'eau)

Des échantillons d'eau destinés aux analyses physicochimique et microbiologique ont été prélevés entre 11h et 13h au niveau du secteur le plus profond du barrage (supérieur à 20 m). Cette station considérée comme représentative et qui est la tour de prise (voir figure N°IV-01) à été choisie après des sorties de pré échantillonnage verticaux



Figure N°IV-01 Localisation de site d'échantillonnage

IV-1-2 Matérielles nécessaire :

Les équipements nécessaires pour les prélèvements sont les suivants:

- Glacière
- Appareil de mesure portable : PH, température, conductivité.
- appareil photo.
- Bouteille avec compte gouttes pour formol à 35%.
- Flacons en verre
- bouteille de prélèvement (Bouteille de Dr Blasy)
- gants
- étiquette pour les flacons.
- pissettes pour le rinçage

La bouteille de Dr Blasy :

Pour pouvoir réaliser des prélèvements à différentes profondeurs une bouteille avec une ouverture à chaque bout est utilisée. Les ouvertures se ferment avec des clapets qui sont reliés entre eux. On fait descendre la bouteille au fond avec une corde. Sur la corde il y a un poids (le messenger) qui peut coulisser. Quand la bouteille est bien au fond, on lâche le messenger, il tombe sur le clapet du haut et, comme ils sont reliés, celui du bas se ferme aussi.



Figure N°IV-02 La bouteille de Dr Blasy (préleveur)

IV-1-3 Paramètres à analyser :

IV-1-3-1 Les paramètres physico-chimiques :

Les analyses ont porté sur les paramètres physico-chimiques et biologiques suivant :

Température, pH, NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , Silice, oxygène dissous, et teneur en matière organique

IV-1-3-2 Paramètres microbiologique : chlorophylle a

L'étude de la variabilité des paramètres retenus a été définie sur la base des données bibliographiques et des moyens dont nous disposons.

Il est à noter que les analyses ont été réalisées au niveau du laboratoire d'ANRH les mesures de la température ont été effectuées in situ à l'aide d'un thermomètre à mercure

Les techniques d'analyses sont présentées en annexe N°III

IV-2 Les résultats Expérimentales:

Tableau N°IV-01 résultats des analyses

Date	Echantillon	Température °C	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Chl a (µg/l)	Minéralisation mg/L	PO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	NH ₄ mg/L	Silice mg/L	M.O mg/L	Volume (Hm ³)
15/01/2007	0	13,5	8,08	8,8	16,66	477	0,25	0	0	0,019	3	2,2	33,38
	-5	13,5	8,6	9	24,63	563	0,2	0	0	0,029	3	1,4	
	-10	13,5	8,3	9,5	16,43	563	0,49	0	0	0,039	3	2,9	
	-15	14	7,99	8,4	23,4	580	0,398	0	0	0,019	2	3,6	
	-20	14,5	7,99	8,5	15,21	567	0,398	0,1	0	0,027	6	1,9	
19/02/2007	0	14,5	8,36	9,4	4,13	420	0,112	1,9	0,144	0,04	4	2,6	33,407
	-5	14	8,4	9,6	3,47	538	0,112	1,8	0,171	0,036	6	2,9	
	-10	13	8	9,7	0,216	553	0,112	1,9	0,1165	0,048	4	3,1	
	-15	13	8,34	9,7	2,3	580	0,112	2	0,0788	0,036	3	3,3	
	-20	13	8,4	9,6	2,195	580	0,112	1,9	0	0,027	4	3	
25/03/2007	0	13,5	7,7	6,8	6,32	434	0,183	2,5	0,236601	0	3	3	36,629
	-5	13,5	7,1	7,4	10,32	676	0,122	2,5	0,236601	0	1	3,3	
	-10	13,5	7,2	8,6	6,5	603	0,092	2,5	0,226314	0	1	3,8	
	-15	13,5	7,3	8,4	6,95	603	0,092	2,5	0,226314	0	0	3,9	
	-20	13,5	7,2	7,7	4,3	607	0,494	2,5	0,233612	0	0	4	
23/04/2007	0	19	8,8	11,5	24,71	484	0,1	3,1	0,126873	0,017	4	5,8	41,733
	-5	16,5	7,9	9,1	7,12	620	0,1	3,1	0,037719	0,075	3	3,8	
	-10	16	7,6	8,1	3,9	611	0,15	3,1	0,113157	0,076	4	3,7	
	-15	15,5	8,2	7,4	15,37	598	0,2	3	0,044577	0,051	3	3,4	
	-20	15	7,4	7	3,62	598	0,25	6	0,061722	0	4	2,8	

Date	Echantillon	Température °C	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Chl a (µg/l)	Minéralisation mg/L	PO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	NH ₄ mg/L	Silice mg/L	M.O mg/L	Volume (Hm ³)
25/05/2007	0	23	8,2	8	20,85	453	0,1	2,1	0,185166	0,097	6	4,5	42,938
	-5	22	8	9	15,46	565	0,261	2,2	0,181737	0,046	6	0,5	
	-10	16,5	8	4,9	2,04	592	1,111	3,8	0,150876	0,042	8	0,7	
	-15	16,5	7,6	4,9	1,65	592	1,061	3,7	0,147447	0,034	8	1,5	
	-20	16	7,6	4,5	6,97	592	0,392	3,6	0,13782	0,028	8	3	
24/06/2007	0	25	7,8	8,6	10,33	459	0,092	2,2	0,089154	0,028	4	4	40,579
	-5	23,5	7,8	6,2	5,9	567	0,608	2,5	0,126873	0,044	9	3,5	
	-10	16,5	7,5	2,8	1,4	584	0,831	4,4	0,027432	0,015	5	2,6	
	-15	16,5	7,5	2,6	0,6	584	0,931	4,2	0,054864	0,03	11	2,33	
	-20	16	7,9	2,5	3,93	584	0,531	4,1	0,058293	0,023	6	3,3	
25/07/2007	0	26	8	8,5	10,21	471	0,152	1,5	0,075438	0	2	4,4	35,12
	-5	25,5	8,2	9	12,67	492	0,111	2,5	0,10287	0	3	3,8	
	-10	25,5	8	2,4	8,35	531	0,151	2,5	0,096012	0	6	3,6	
	-15	23,5	8	2,4	14,06	589	0,12	4,2	0,082296	0	8	3,6	
	-20	23	7,6	1,3	7,96	608	0,412	3,8	0,096012	0	7	3	
24/08/2007	0	27	8,6	7,4	17,27	471	0,257	0,6	0,065151	0,013	4	3,6	32,252
	-5	25,5	8,4	9,1	13,08	471	0,285	0,9	0,066325	0,015	6	4,2	
	-10	24	7,6	8,8	9,44	497	0,346	1,4	0,087431	0,02	8	5	
	-15	17,5	7,6	7,6	11,6	521	0,426	1,8	0,092136	0,03	7	5	
	-20	17	7,5	8	6,75	521	0,482	0,6	0,06858	0,035	9	4,2	

Date	Echantillon	Température °C	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Chl a (µg/l)	Minéralisation mg/L	PO ₄ mg/L	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	NH ₄ mg/L	Silice mg/L	M.O mg/L	Volume (Hm ³)
25/09/2007	0	24,5	7,8	7,2	2,48	440	0,361	0,5	0,202311	0,04	4	4,3	26,03
	-5	24	7,8	7,5	0,71	576	0,261	0,5	0,017145	0,05	7	1	
	-10	24	7,6	7,5	3,08	576	0,622	0,5	0,013716	0,05	12	3,9	
	-15	26	7,7	7,8	3,978	567	0,761	0,5	0,010287	0,049	8	3,7	
	-20	25	7,5	7,5	3,975	576	0,811	0,5	0	0,115	14	3,5	
24/10/2007	0	23	7,4	7,9	1,83	459	0,673	0,8	0,120015	0,005	2	3,3	24,045
	-5	22,5	7,3	7,9	2,24	428	0,522	0,8	0,126873	0,001	3	5	
	-10	21	7,1	5,2	1,65	434	0,631	0,8	0,13716	0,031	10	5	
	-15	16	7	1,4	0,189	434	0,731	0,6	0,030861	0,076	8	4	
	-20	15,5	7,1	0,7	1,919	453	0,831	0,6	0,048006	0,095	7	3,2	
25/11/2007	0	16	8,2	6,1	2,45	446	0,612	1	0,051435	0,014	8	2,5	22,594
	-5	16	7,7	6,1	2,32	477	0,6	0,9	0,058293	0,017	10	3,8	
	-10	16	7,5	6	1,123	440	0,861	2,4	0,078867	0,008	7	9,5	
	-15	16	7,4	5,6	1,917	459	1,061	1	0,092583	0,008	9	3,9	
	-20	16	7,3	1,8	1,052	446	1,091	0	0	0,043	7	2,5	
24/12/2007	0	13	7,2	7,2	24,8	422	0,651	2,2	0,003429	0,038	9	1,3	31,386
	-5	13	8	7,4	25	409	0,35	2,2	0,003429	0,03	13	1,3	
	-10	13	8	7,4	23	409	0,72	2,2	0,003429	0,045	7	2,5	
	-15	13	8	7,4	10	409	0,78	2,2	0,003429	0,052	10	2,8	
	-20	13	8	7,5	3,6	409	0,8	2,2	0,003429	0,095	6	1	

IV-3 Interprétation des résultats :

IV-3-1 La température : les variations de la température de l'eau sont étroitement liées à celles de l'air et à l'éclairciment. La température joue un rôle important sur la croissance des organismes et notamment sur celle du phyto plancton

la figure (IV-03) représente la variation temporelle de la température de l'eau en surface et près du fond durant le cycle annuel étudié, les eaux du barrage sont relativement froides en hiver et se réchauffent progressivement en printemps et en été. Les températures maximales 27°C et 25°C ont été observées respectivement en Aout et près du fond en septembre. A partir du mois d'aout la température de l'eau commence à diminuer, la valeur minimale atteinte 13°C est enregistrée au mois de décembre.

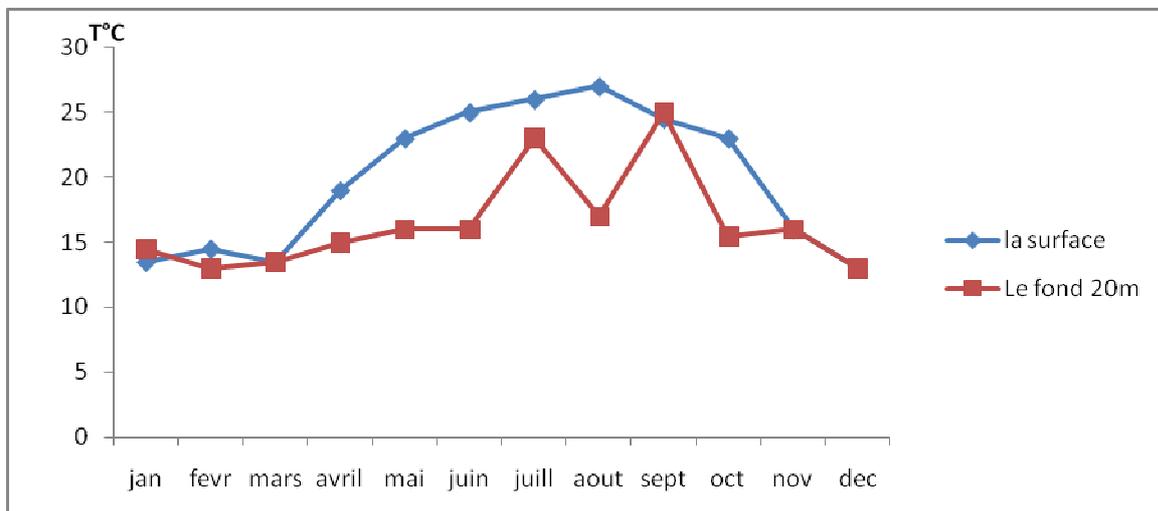
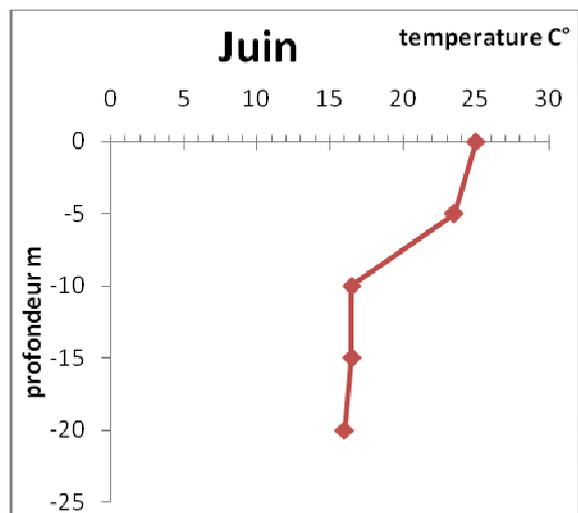
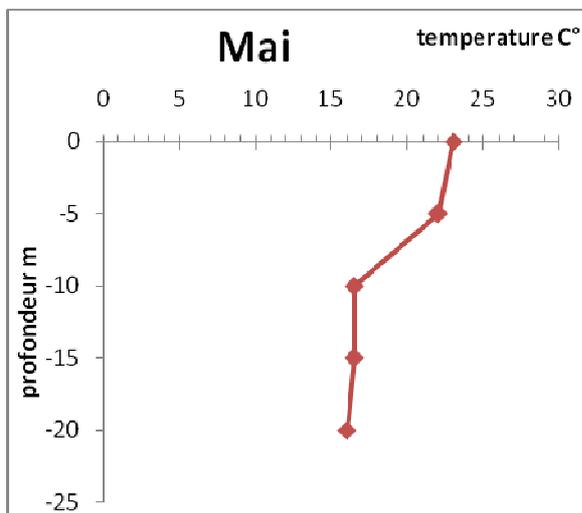
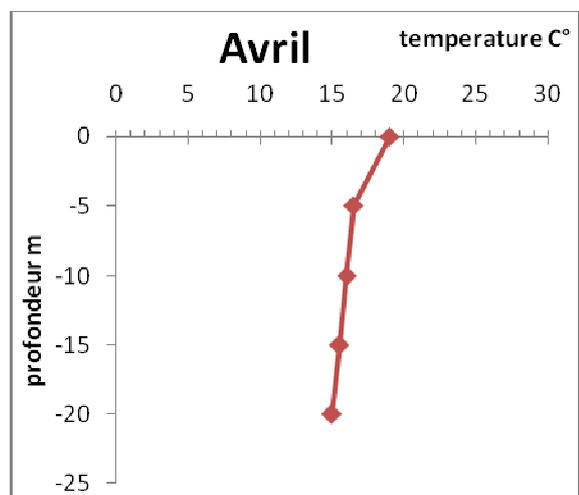
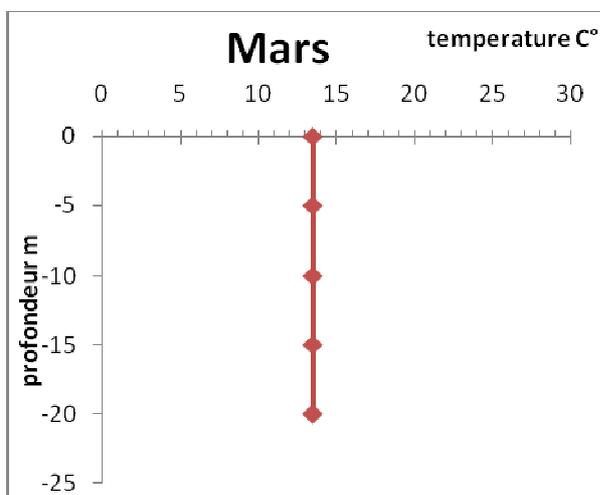
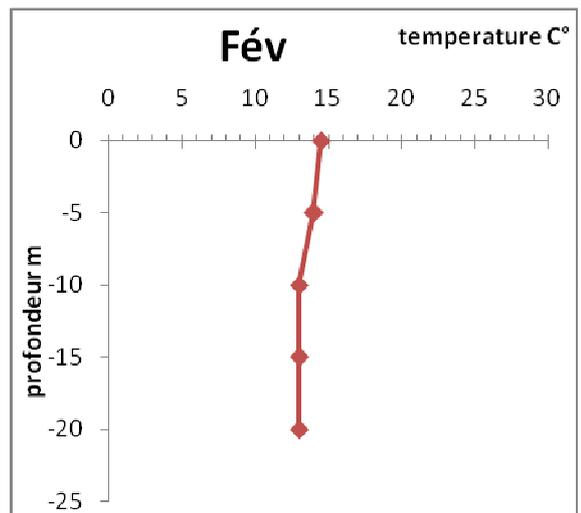
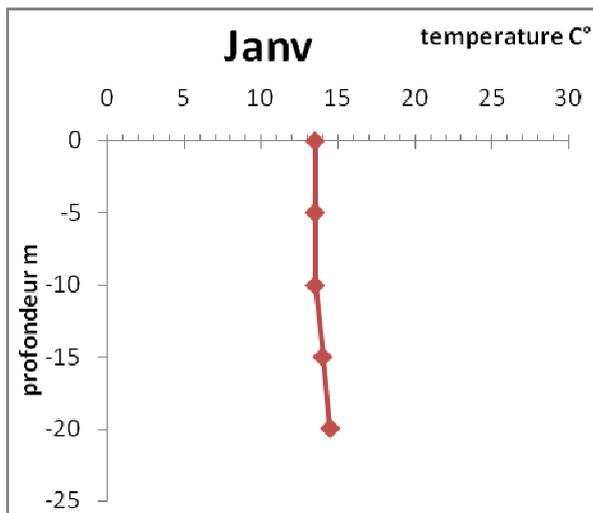


Figure IV-03 Variation mensuelle des températures

La figure IV-04 ci-dessous représente les profils thermiques durant la période d'étude. Les écarts thermiques entre la surface et le fond sont très faibles pendant les mois de Janvier, Février, Avril, Juillet et Septembre et sont nuls aux mois de Mars, Novembre, et Décembre. Les écarts maximaux se situent entre 7°C, 9°C et 10°C et sont observés aux mois de Mai, Juin et Aout. Ces valeurs mettent en évidence une stratification thermique nette.



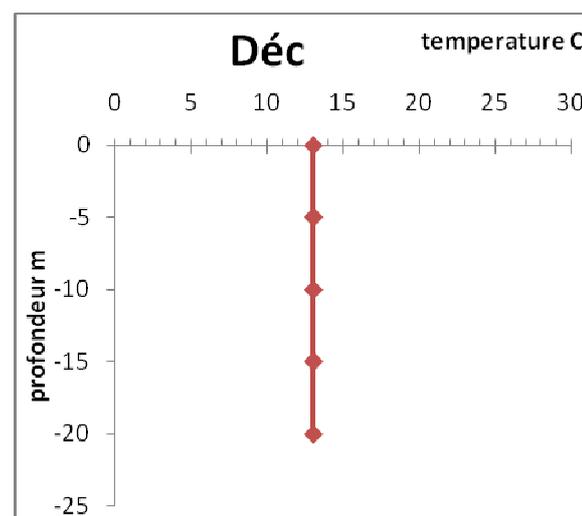
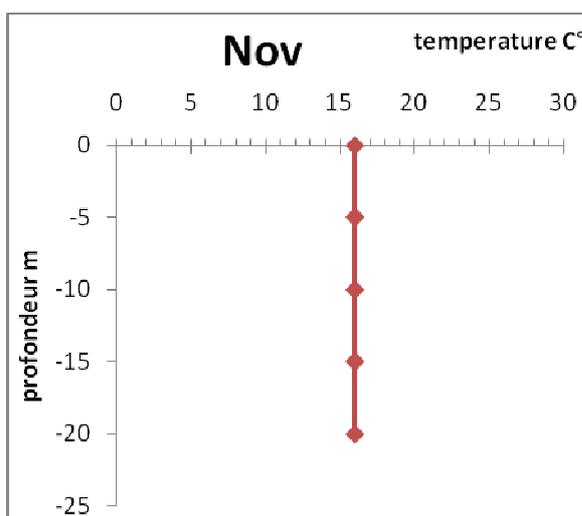
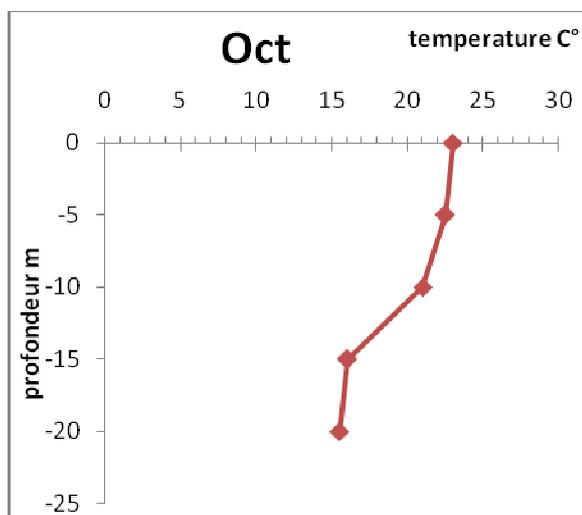
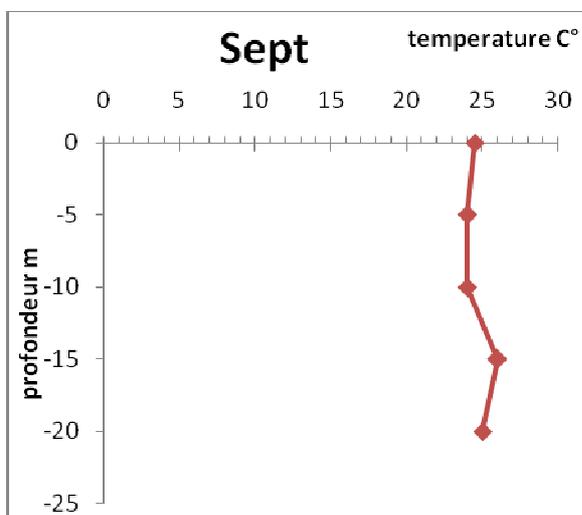
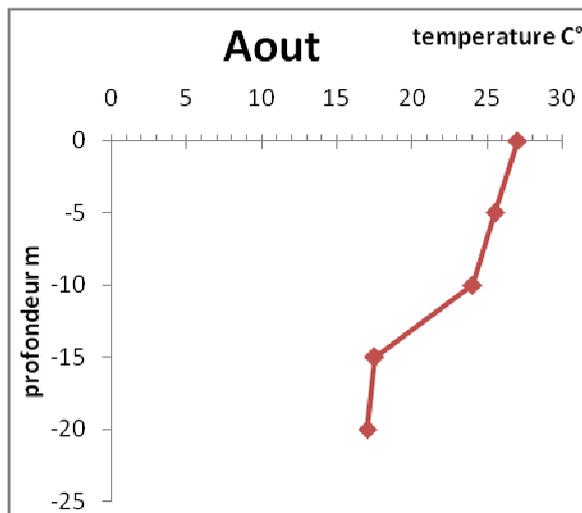
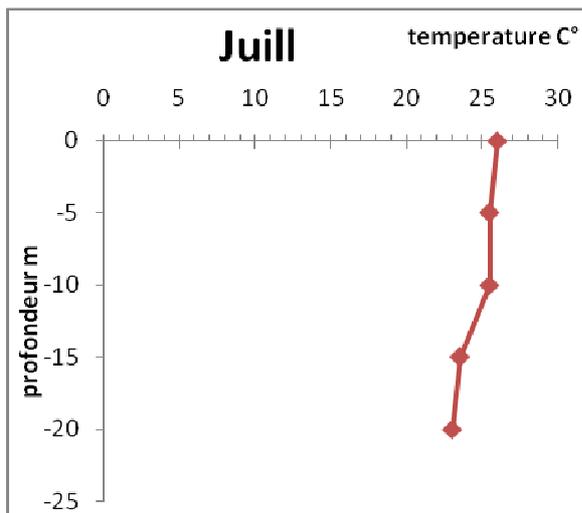


Figure IV-04 Profils verticaux des températures

IV-3-2 le pH : D'après Dussart en 1992, les eaux douces présentent des valeurs de pH assez variables en fonction de l'heure de la journée, de la température, de l'insolation, de l'intensité lumineuse et des processus physiologique et biologique. En effet, la photosynthese fait augmenter le pH alors que la respiration et la fermentation tendent à l'abaisser. La figure (IV-05) montre que les eaux du barrage sont alcalines et dépassent 7 unités de pH durant toute la période d'étude. Nous constatons que cette basification s'accroît, au cours de forte activité algale favorisée par les bonnes conditions climatiques notamment pendant la période de printemps.

Ainsi la valeur extrême du pH a été enregistrée au mois d'avril. Les eaux du fond sont moins alcalines par rapport aux eaux de surface avec un pH qui varie entre 7 et 8,4 cette baisse sensible du pH au fond s'explique par une forte activité bactérienne responsable de la décomposition de la matière organique accumulée dans les eaux profondes du barrage

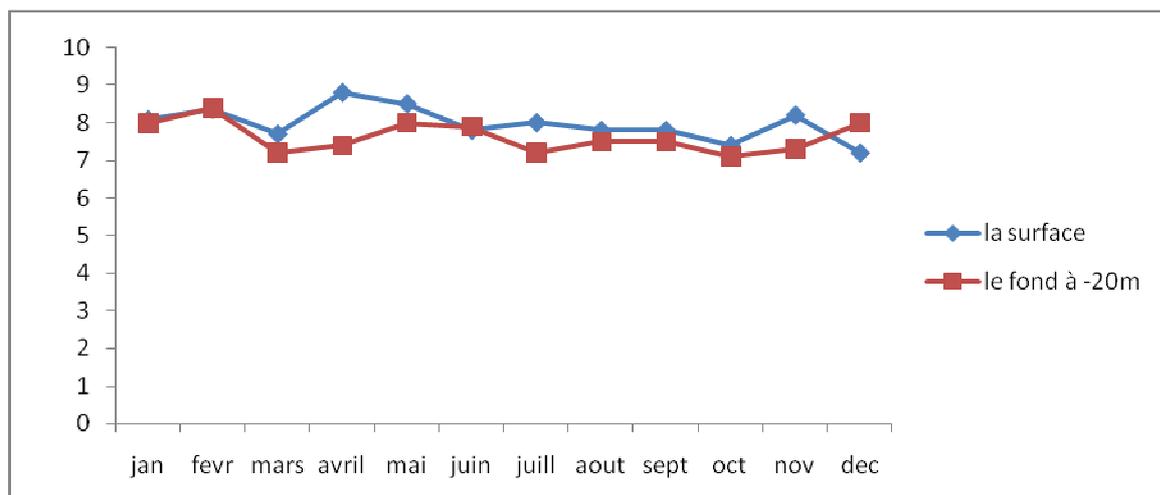
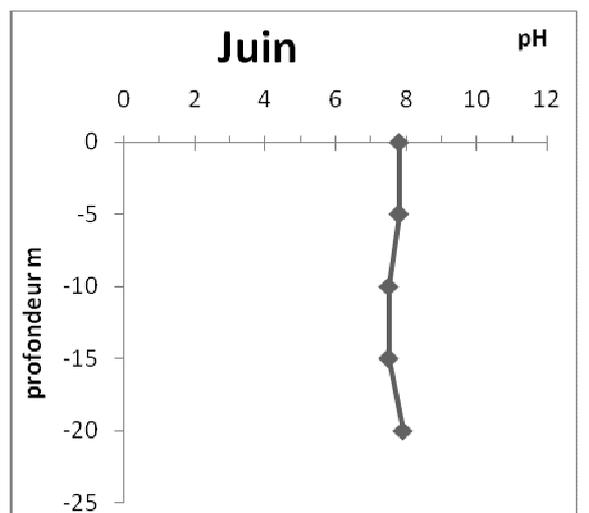
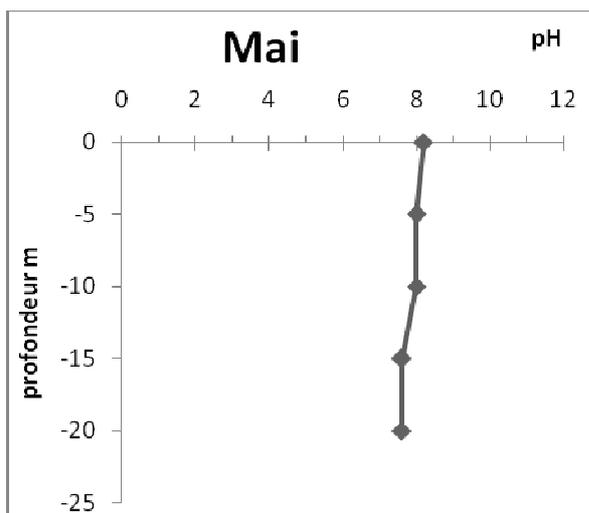
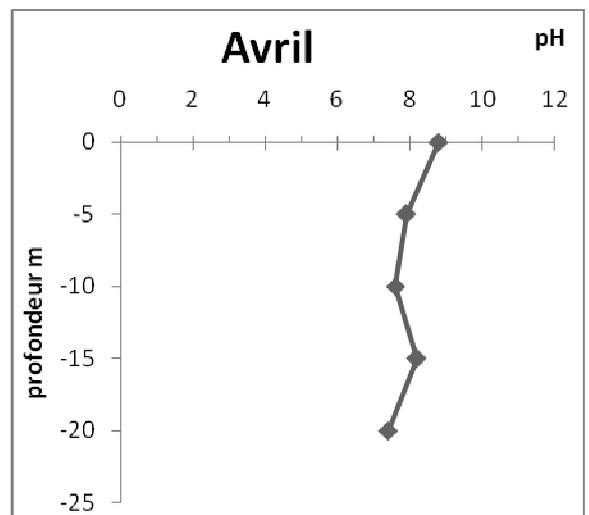
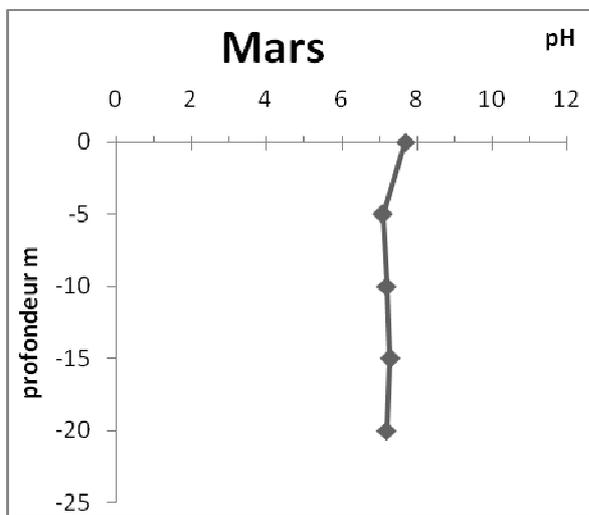
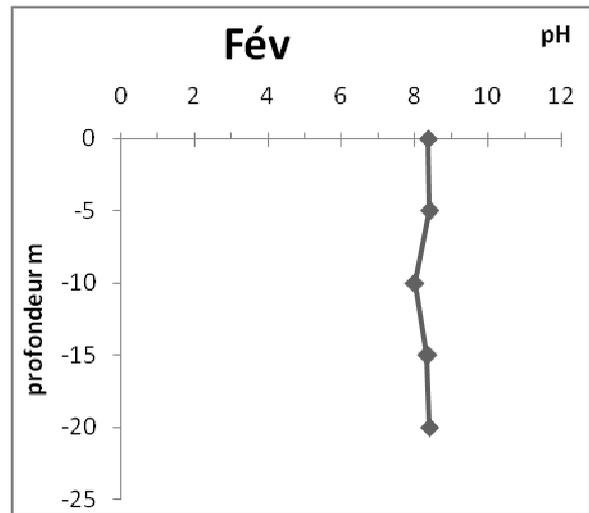
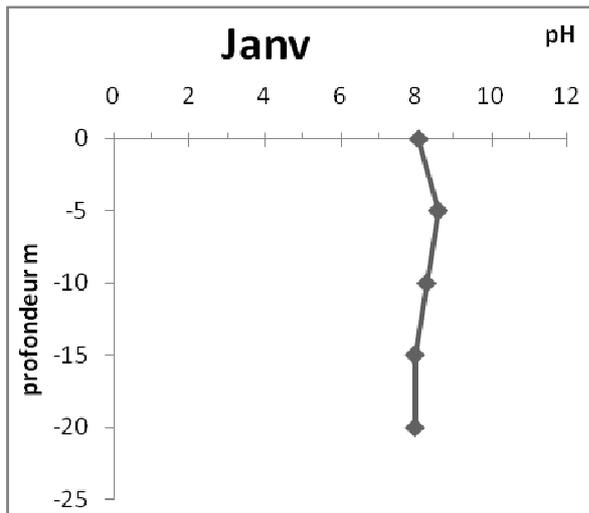


Figure IV-05 Variation mensuelle du pH

La distribution du pH dans la colonne d'eau figure IV-06 est généralement homogène avec une différence faible entre la surface et le fond.



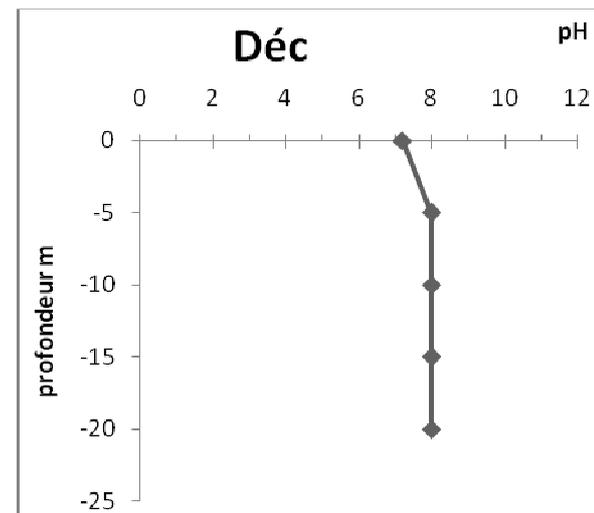
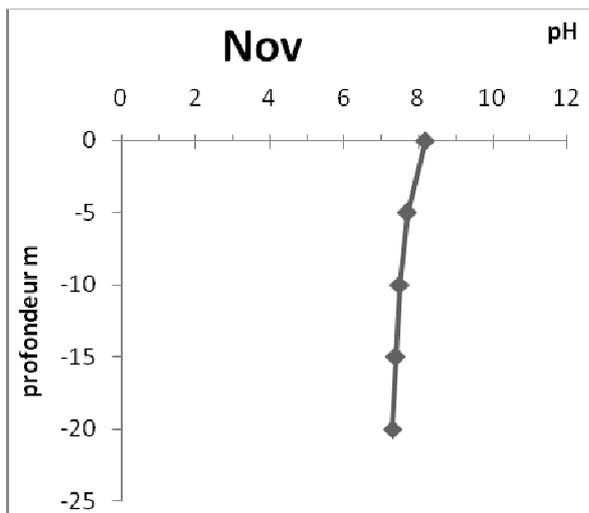
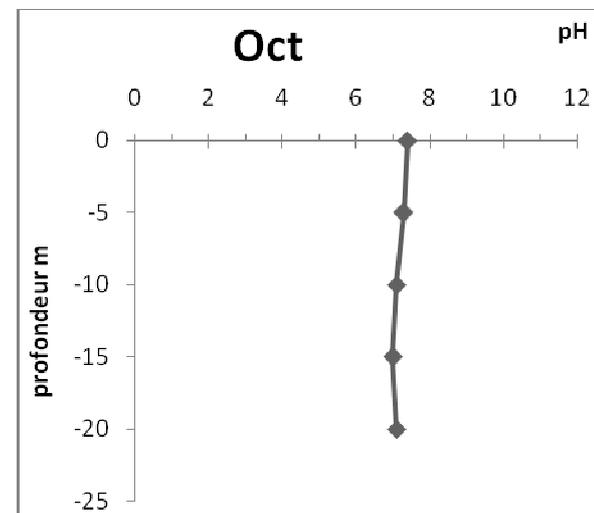
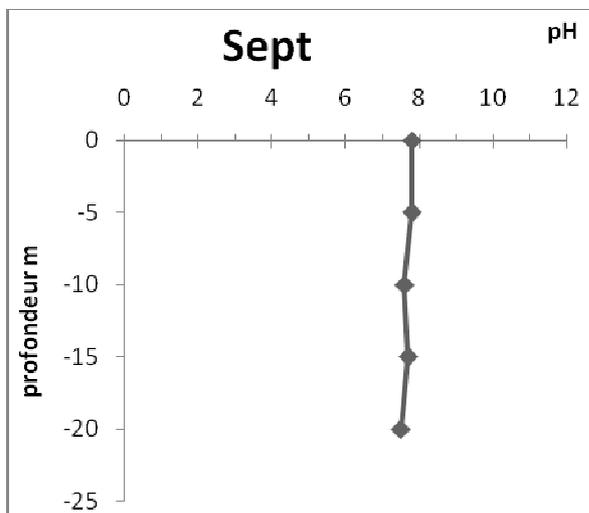
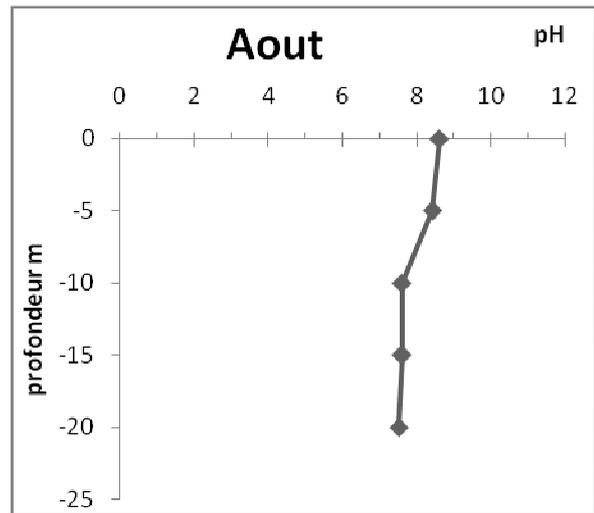
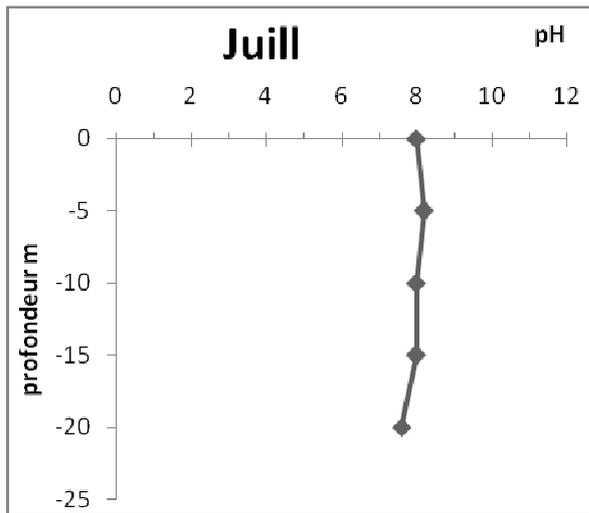


Figure IV-06 Profils verticaux de pH

IV-3-3 Oxygène dissous : L'oxygène dissous est un facteur important affectant la distribution, la composition spécifique et l'abondance de la communauté biologique (bactérienne et phytoplanctonique). Sa concentration dans les eaux du barrage est le résultat des interactions entre la diffusion atmosphérique, l'activité photosynthétique de phytoplancton et l'oxydation biochimique des organismes. **(33)**

L'absence de l'oxygène dissous provoque des réactions anaérobies telles que la dénitrification la mise en solution de métaux réduits (manganèse, fer, ...) et du phosphore qui leur était lié, production d'hydrogène sulfure (H_2S) et de méthane(CH_4) **(34)**

La figure IV-07 montre que les eaux sont oxygénées aussi bien en surface qu'au fond. Les teneurs en oxygène dissous en surface oscillent entre 0,7 et 11,5 mg/l aussi la valeur la plus élevée observée au mois d'avril. Par ailleurs, au fond du barrage, la valeur la plus élevée en oxygène dissous est enregistrée au mois de Février.

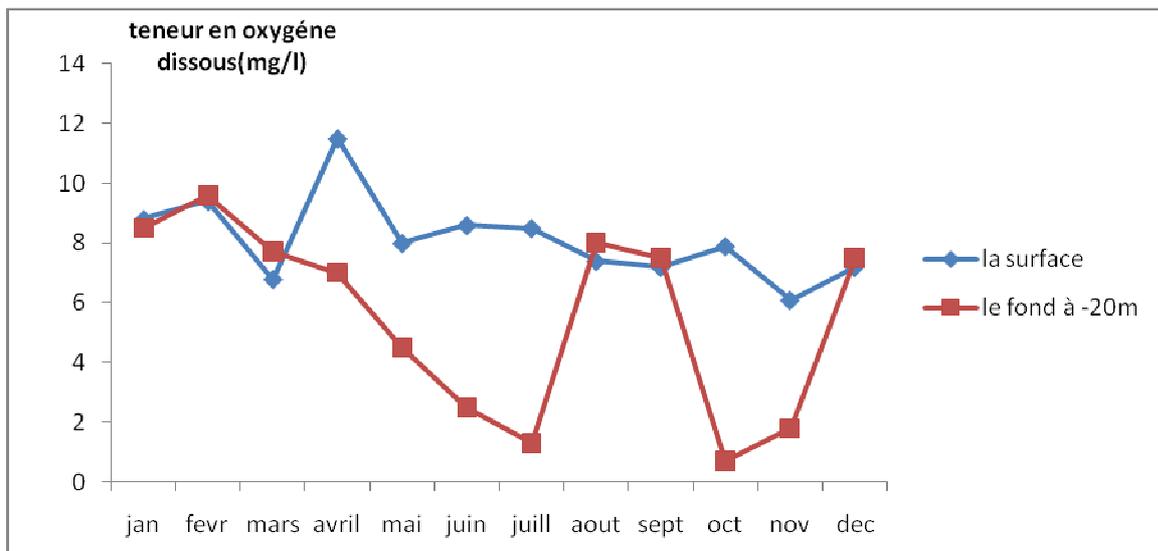
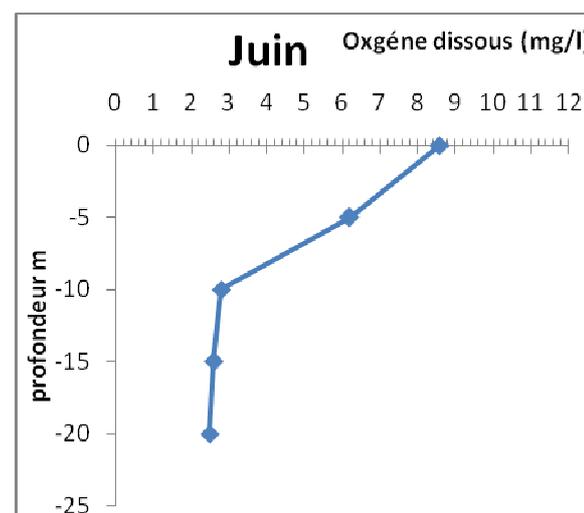
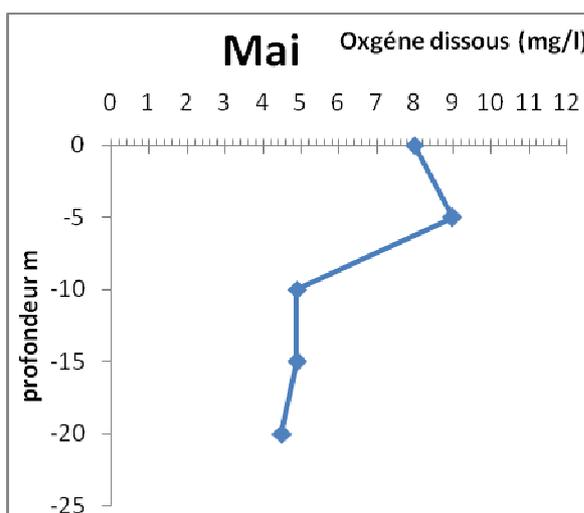
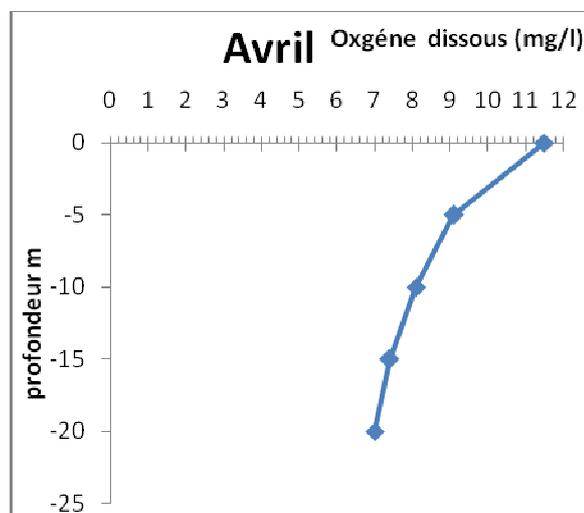
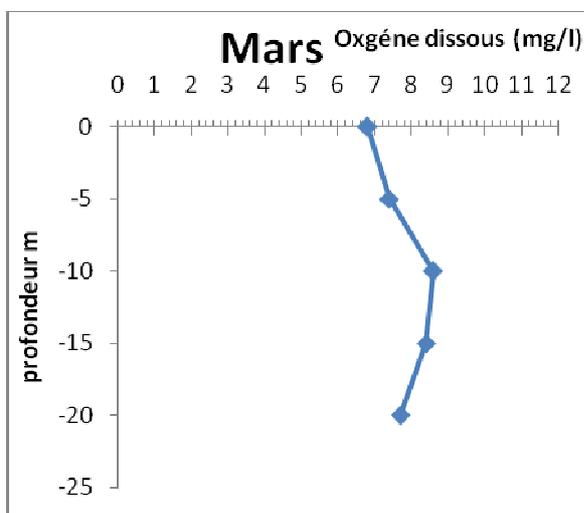
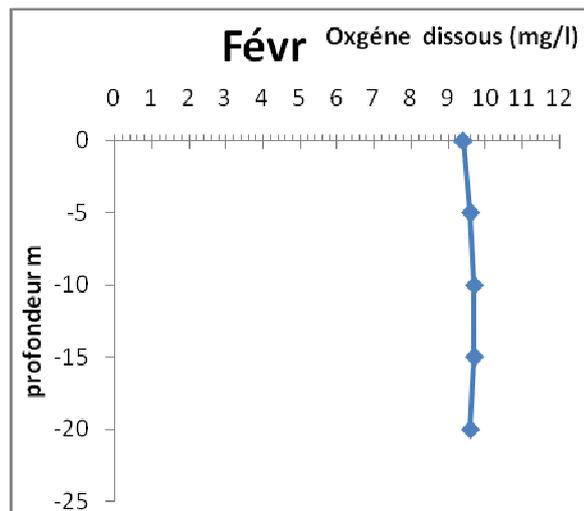
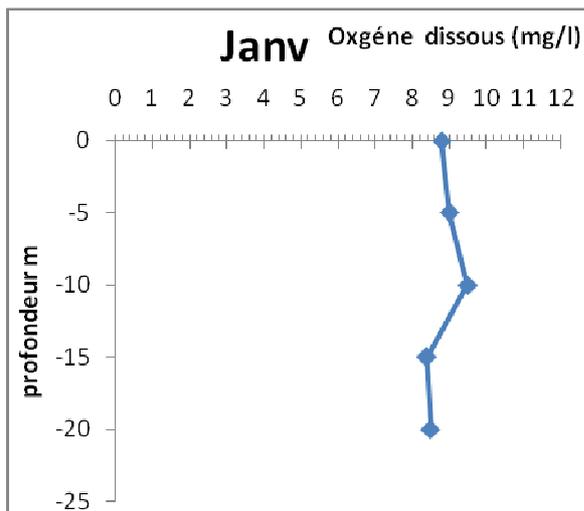


Figure IV-07 Variation mensuelle des teneurs en oxygène dissous

La figure IV-08 révèle une faible stratification en hiver (décembre, janvier, février) qui devient plus marquée en printemps et en été. Tout fois le plus grand écart 7,2 mg/l est apparu au mois d'octobre. Cet écart d'oxygénation surface-fond peut être due aux facteurs biologiques présentes par une forte activité photosynthétique en zone euphotique et par une intense activité bactérienne consommatrice d'oxygène en zone profonde aphotique.



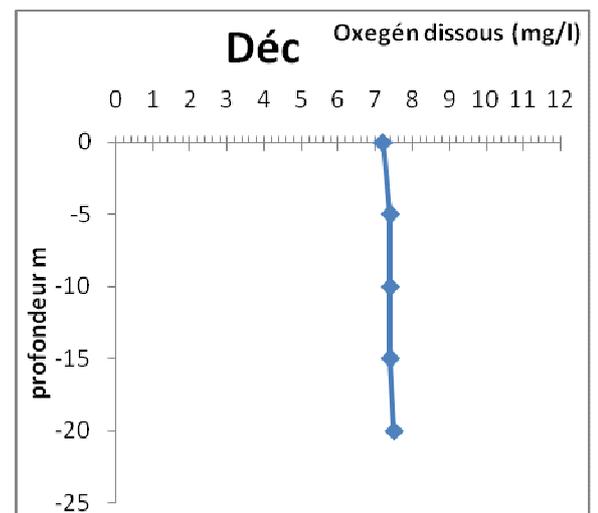
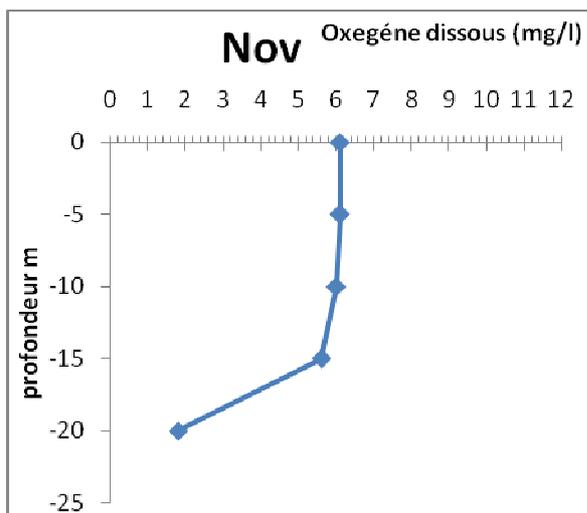
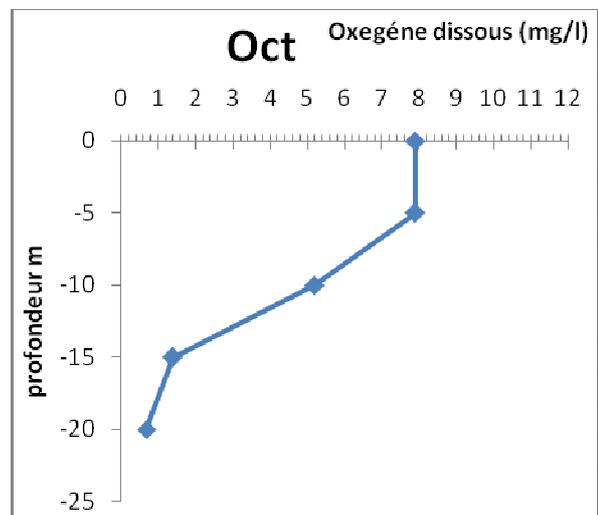
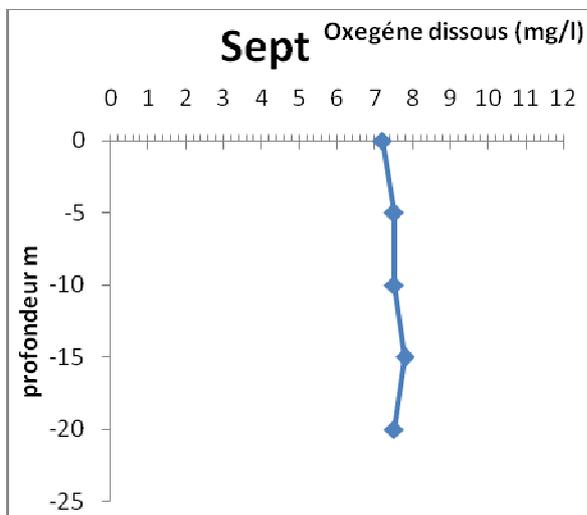
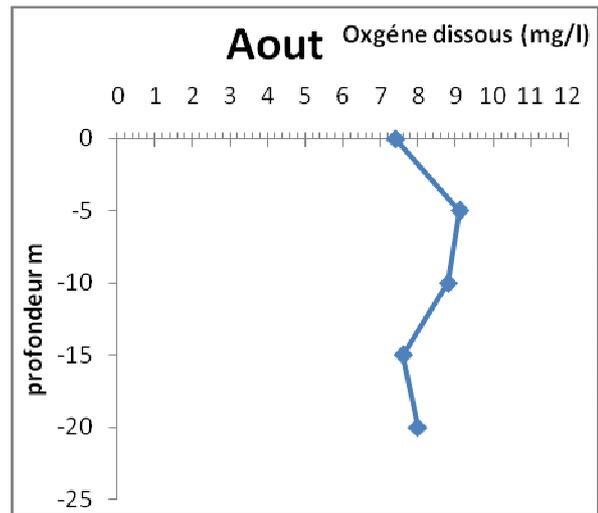
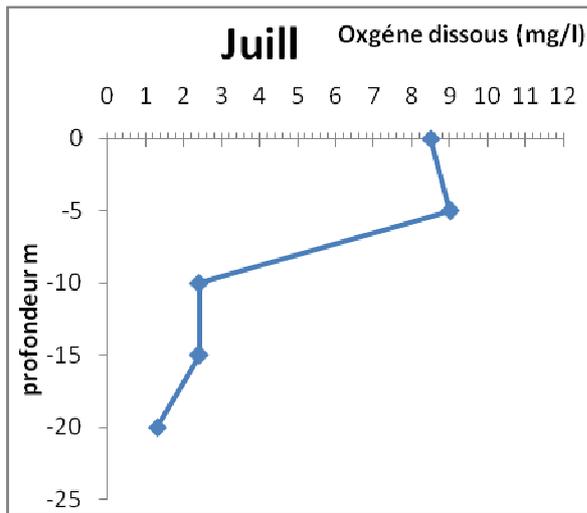


Figure IV-08 Profils verticaux des teneurs en oxygène dissous

IV-3-4 La Chlorophylle a : la teneur en chlorophylle a est nettement influencée par plusieurs facteurs tels que la composition spécifique, l'état physiologique des algues, la densité cellulaire, la lumière, la température et l'heure de la journée à laquelle est effectué le prélèvement (35). Étant le principal pigment photosynthétique de toutes les algues, ce pigment est largement utilisé comme paramètre commode et corrélatif pour l'estimation de la biomasse et de la productivité phytoplanctonique(36,37)

En surface les teneurs en chlorophylle a présentent de grandes variations au cours de la période d'étude (figure IV-09)

Les teneurs en chlorophylle a comprises entre 8 et 25 $\mu\text{g/l}$ sont observées en hiver (décembre, janvier), en printemps (avril, mai) et en été. En se basant sur le tableau II-02 cité au chapitre II pour décrire l'état trophique du barrage, ce dernier peut être alors considéré comme un barrage mésotrophe

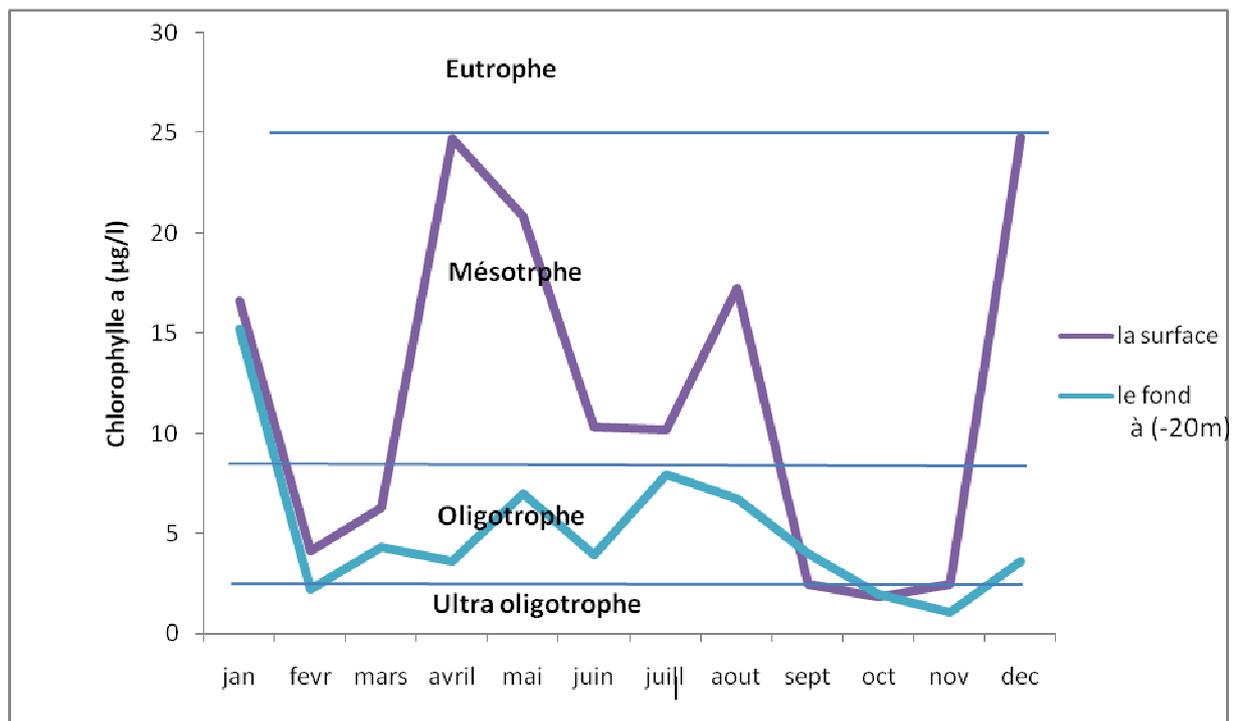
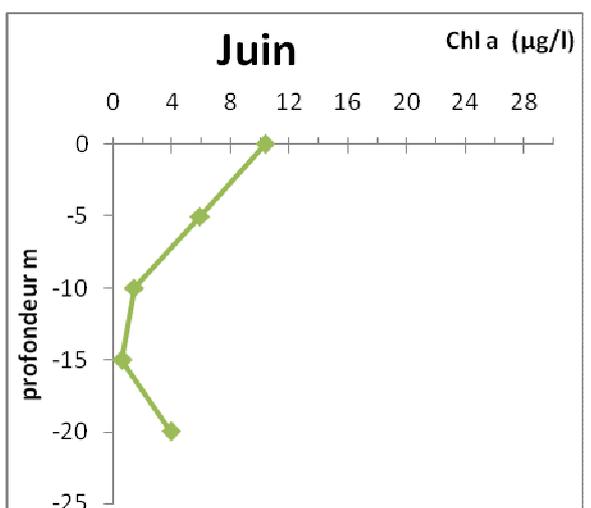
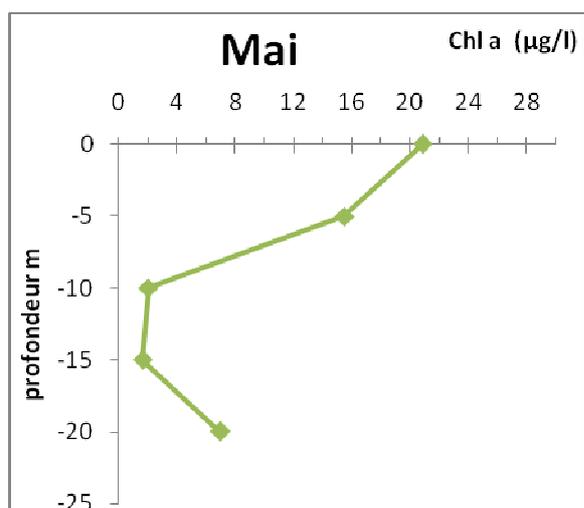
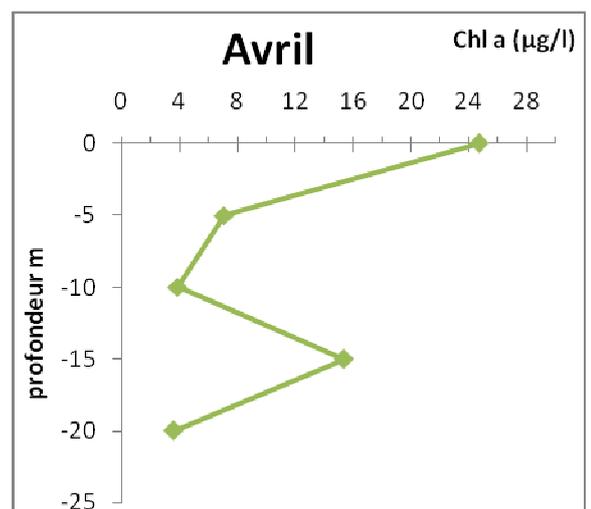
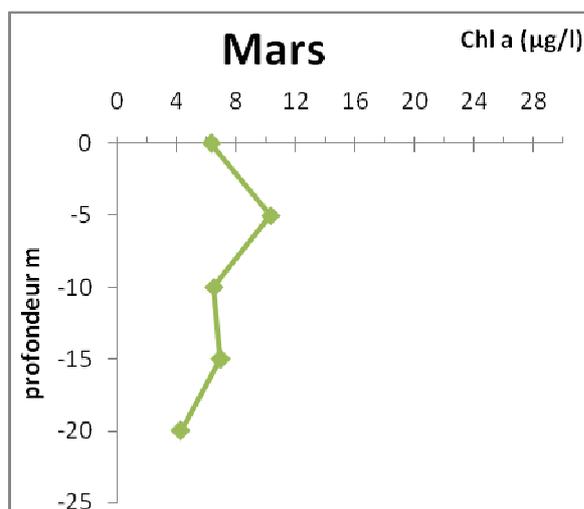
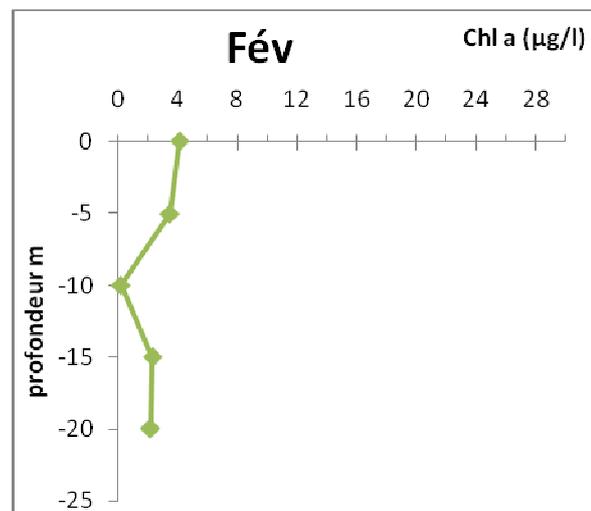
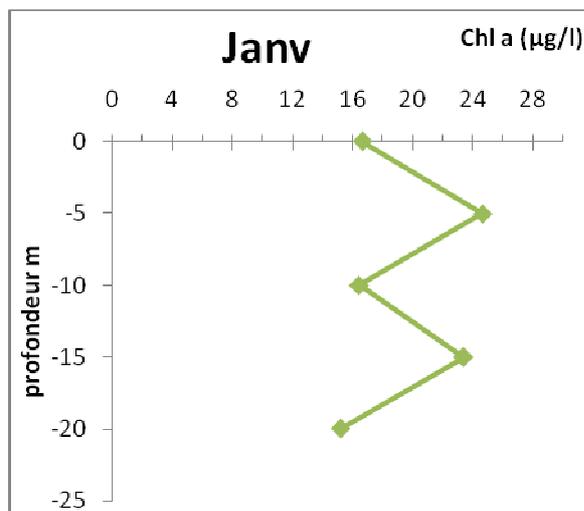


Figure IV -09 Variation mensuelle des teneurs en chlorophylle a

La (figure IV-10) ci-dessous traduit une nette stratification verticale de la chlorophylle a qui est très marquée au mois d'avril, mai, et décembre.

Au mois d'avril, nous remarquons une augmentation de la chlorophylle a à 15m de profondeur qui est probablement due à la présence d'algues bleues dotées de vacuoles

gazeuses leur permettant de se déplacer dans la colonne d'eau et de se placer dans les conditions favorables à leur développement



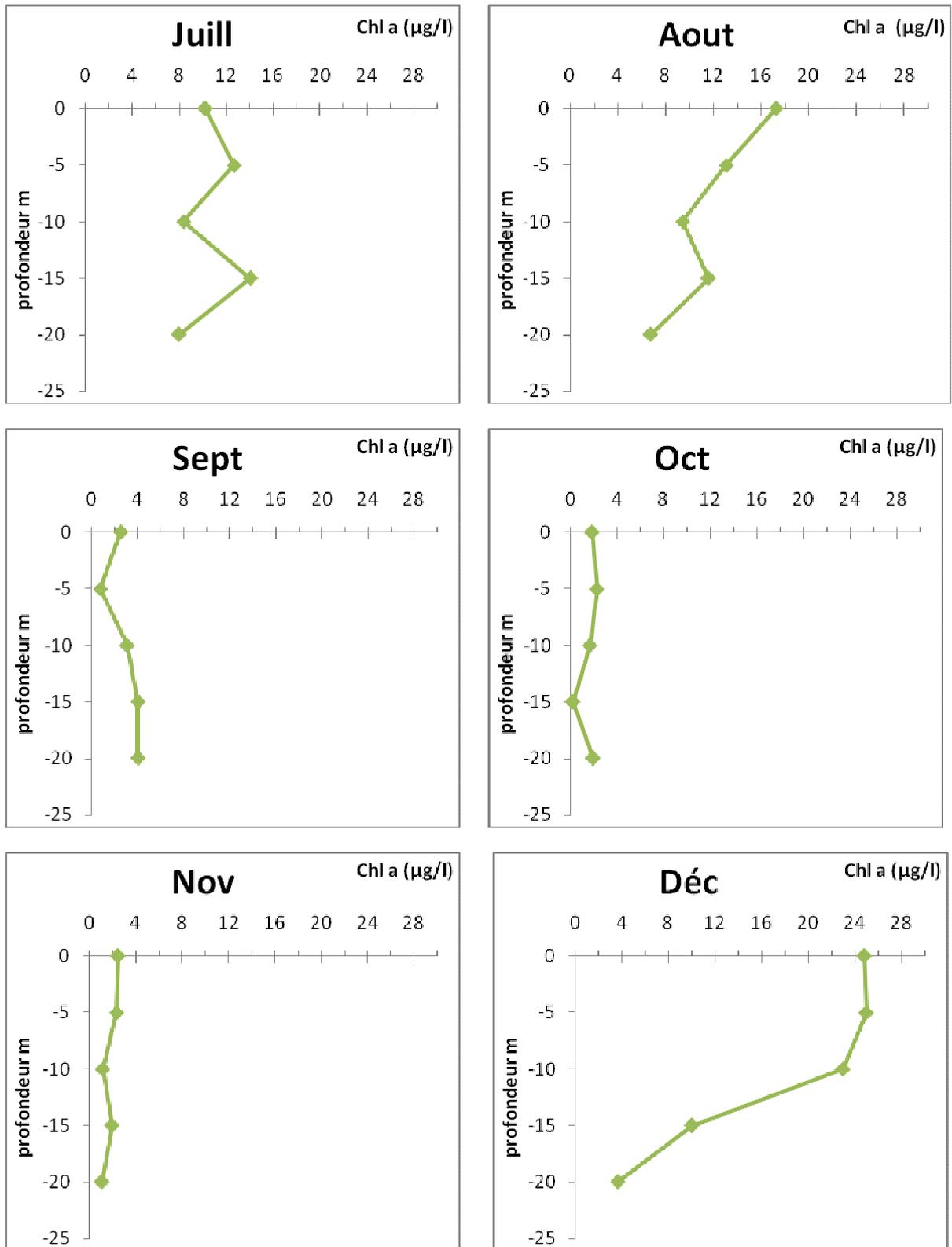


Figure IV-10 Profils verticaux des teneurs en chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)

IV-3-5 La Minéralisation : La minéralisation qui évalue la teneur en sels dissous de l'eau de la retenue du barrage Boukourdane est élevée mais ne présente pas de grande variation durant le cycle annuel étudié. Ce résultat montre que pendant la période de sécheresse une grande partie des apports liquides, bien que quantitativement faibles (voir tableau IV-01) a infiltré le sol et s'est enrichie en sels. Par ailleurs, l'évaporation provoque aussi une augmentation de la concentration des sels dans l'eau.

Les écarts de minéralisations observées entre la surface et le fond (figure IV-07) présentent une tendance à la baisse et s'annulent pour les mois d'octobre, novembre et décembre. Toutefois, la minéralisation surface-fond évolue d'une manière similaire.

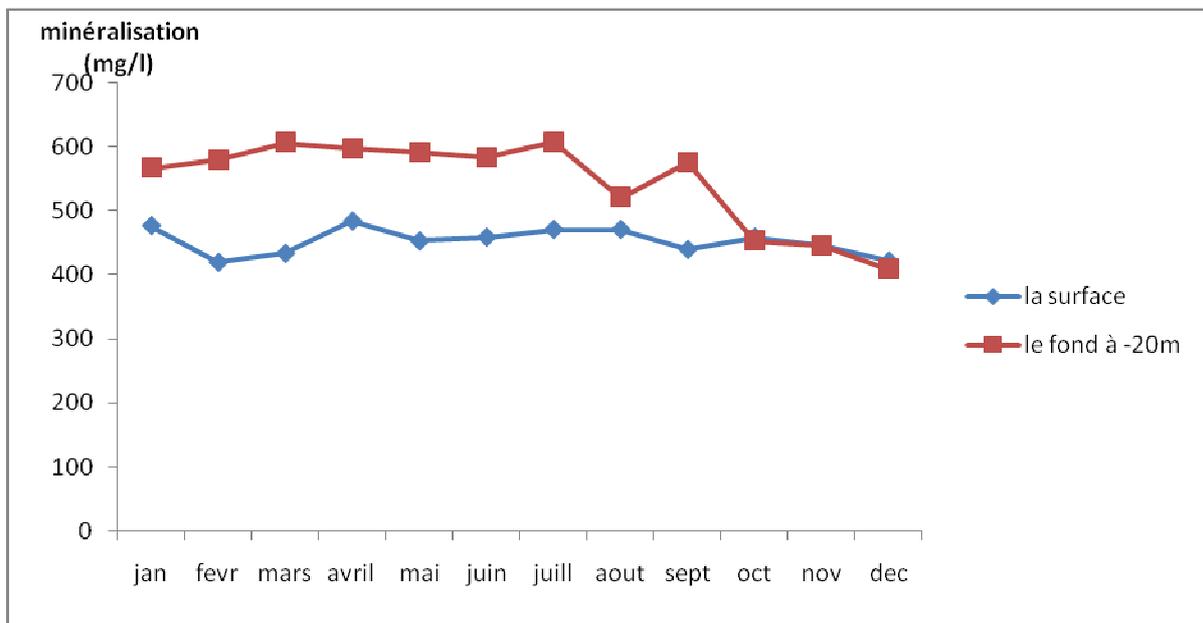


Figure IV -11 Variation mensuelle de la minéralisation

IV-3-6 Les ortho phosphates (PO_4^{-3}) : Les ortho phosphates constituent la source majeure du phosphore utilisée préférentiellement par phytoplancton a des concentrations parfois très faibles ($<1\mu\text{p/l}$) (38).

Nous constatons que les teneurs obtenues en ortho phosphates durant la période d'étude sont élevées (figure IV-12).les forts teneurs sont observées en automne et en hiver ou les apports par lessivage du bassin versant sont élevées, aussi les concentrations en P- PO_4 en profondeur sont supérieur a celles en surface .Cette situation peut s'expliquer d'une part une assimilation accrue due aux fortes biomasses Phytoplanctoniques particulièrement en période ou les conditions climatiques sont favorables (Printemps, été) et d'autre part par la précipitation du phosphore a travers l'adsorption sur les oxydes et les hydroxydes ferriques et sur les particules d'argile (39).Le phosphore est alors stockée sous cette forme dans les sédiments qui constituent un véritable réservoir de cet élément .durant les périodes ou les teneurs en oxygène au niveau du fond sont faibles, les sédiments peuvent relarguer une partie de phosphore emmagasiné. (chambrue 8odum,1990)

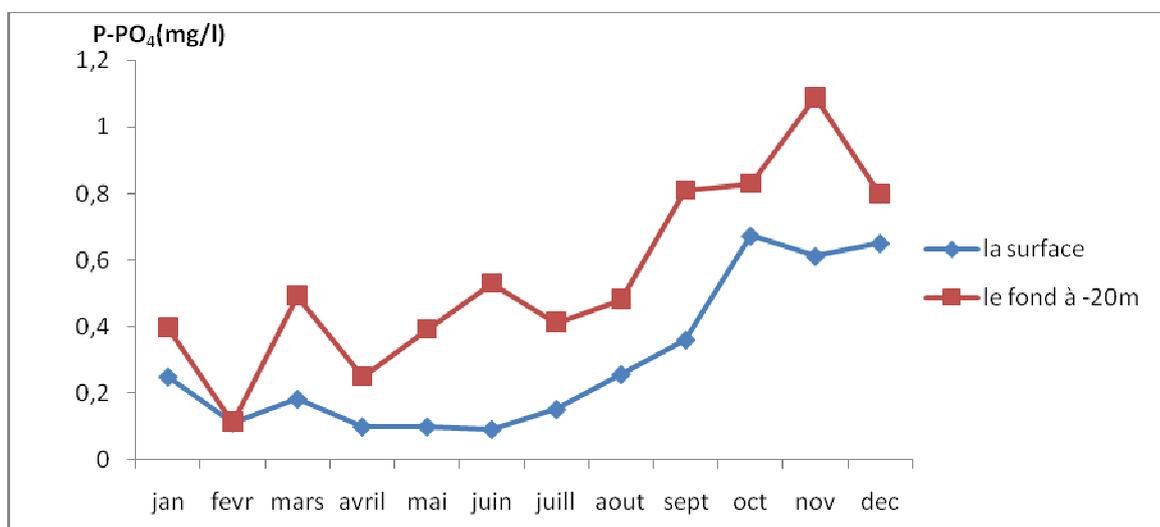
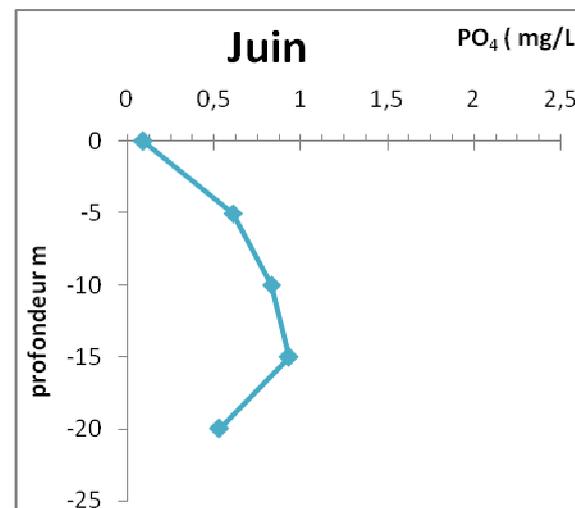
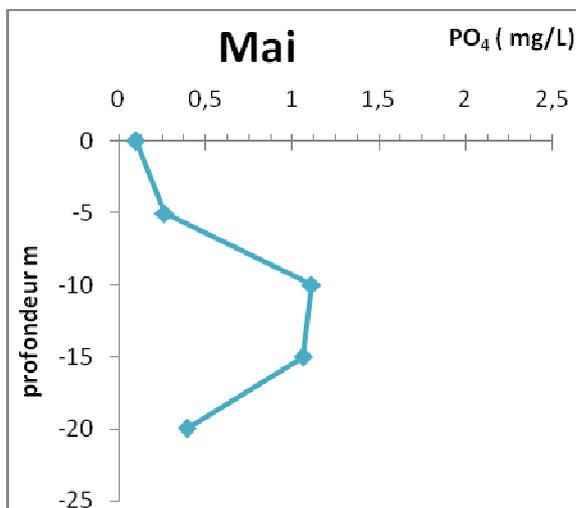
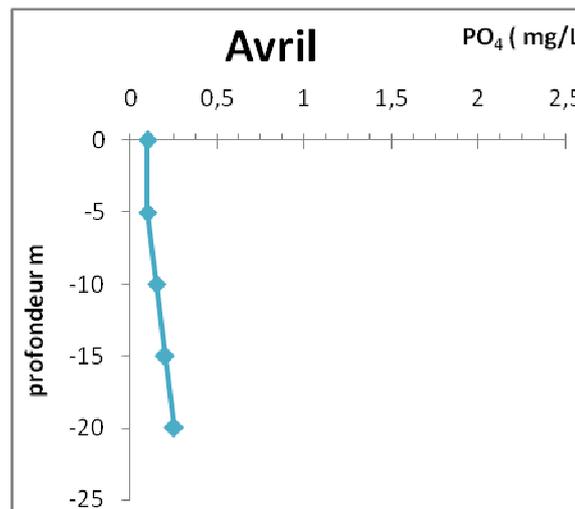
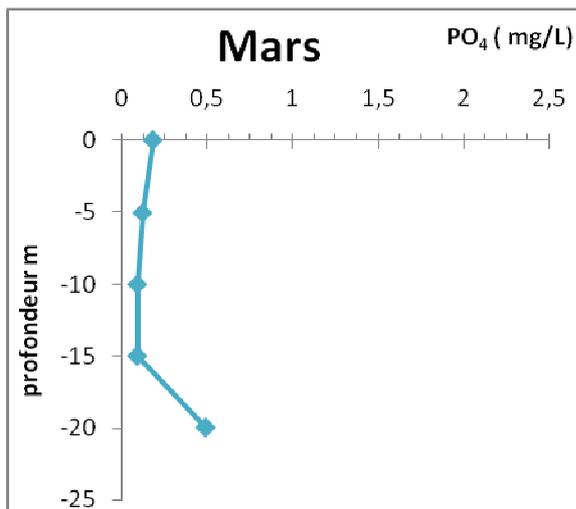
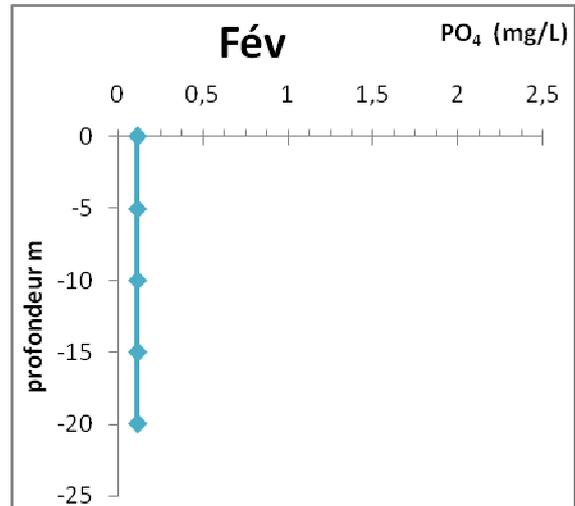
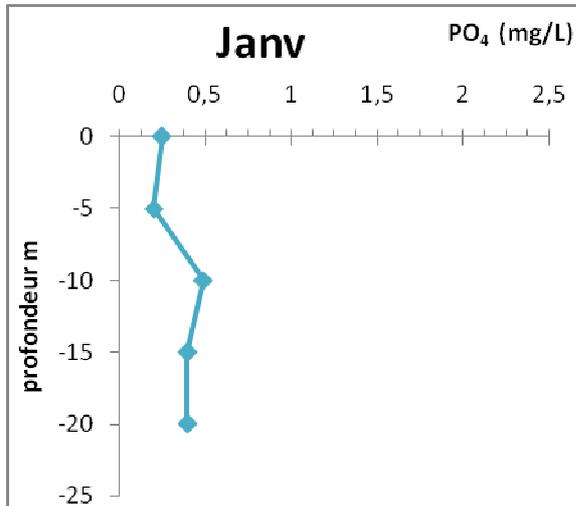


Figure IV -12 Variation mensuelle des teneurs en ortho phosphates

La figure IV-13 traduit les profils verticaux des teneurs en ortho phosphates. Cette figure fait apparaitre une distribution verticale presque uniforme pendant la période allant de janvier à avril, a la fin de l'automne et au début de l'été nous remarquons une nette augmentation des concentrations en PO_4 en allant de la surface du plan d'eau à 10m de profondeur. Cette augmentation semble en relation avec un faible développement algal confirmé par les valeurs obtenues en chlorophylle a

La période variant de juillet a décembre, nous assistons a un enrichissement en ortho phosphates dans les eaux profondes qui est probablement du au relargage d'une partie du phosphore a partir des sédiments



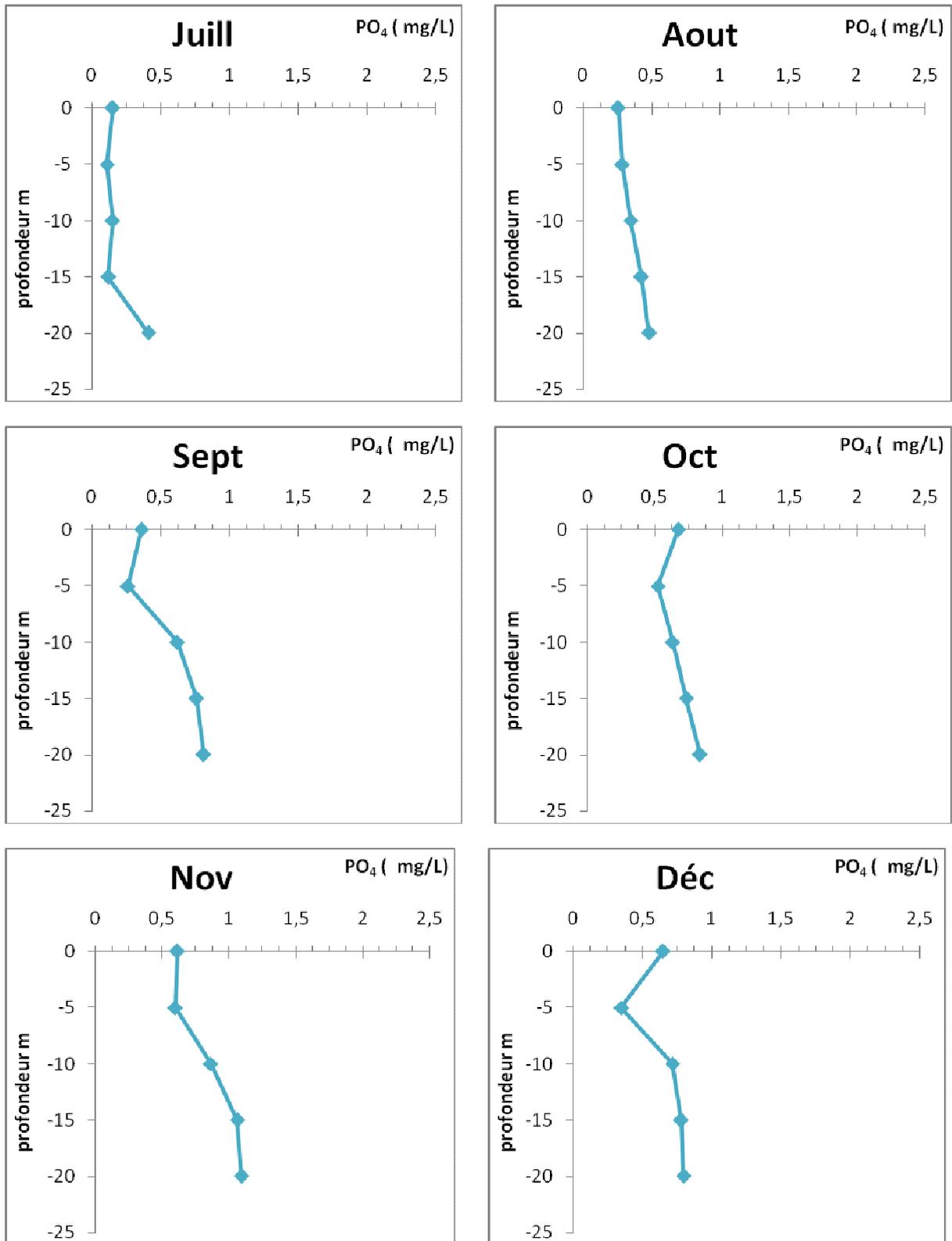


Figure IV-13 Profils verticaux de PO₄

IV-3-7 Formes d'azote : l'azote rentre dans la composition des cellules algales et il constitue au minimum 3 à 4 % de poids sec cellulaire. Plusieurs sources d'azote sont disponibles aux algues. Celles-ci incluent les nitrates (NO_3), les nitrites (NO_2) et les ions de l'ammonium (NH_4) aussi bien que certains composés azotés organiques dissous notamment l'urée

- **Nitrates** : la figure IV-14 montre que les teneurs en azote nitrique sont plus importantes en profondeur (-20m) qu'en surface à l'exception du mois de novembre. Les valeurs maximales en surface et en profondeur sont enregistrées au mois d'avril. Nous assistons par la suite à une chute considérable des teneurs en nitrates, cette situation qui dure jusqu'à la fin de l'automne, est liée probablement à la forte assimilation par les algues et aux faibles apports allochtones.

Les teneurs en NO_3 représentent l'apport le plus important en azote dans les eaux du barrage, ce qui pourrait être relié à la bonne oxygénation de l'eau.

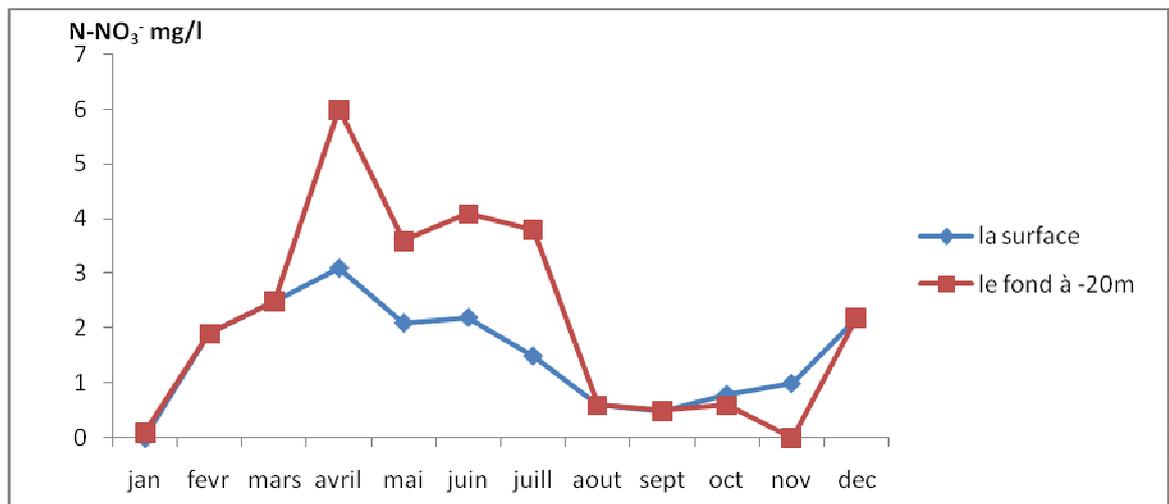
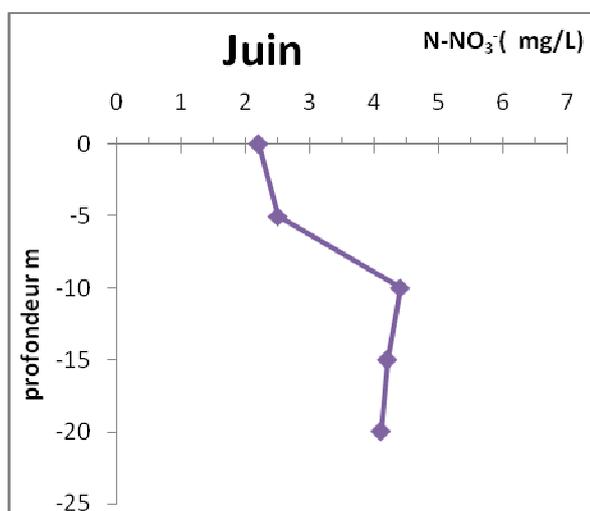
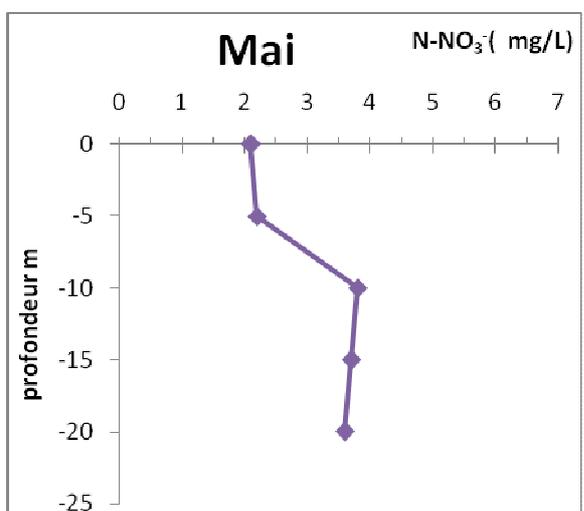
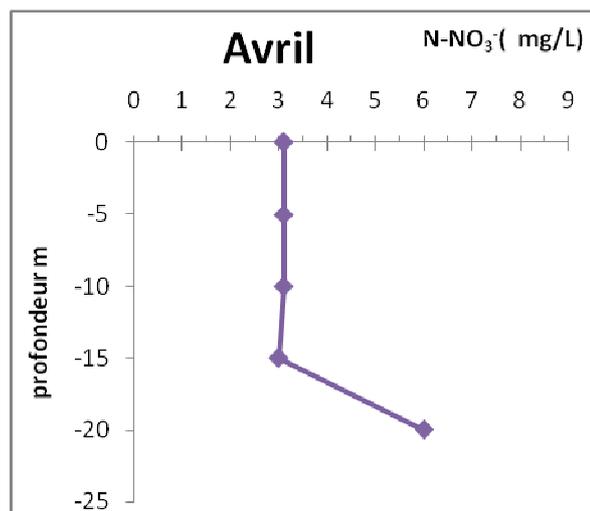
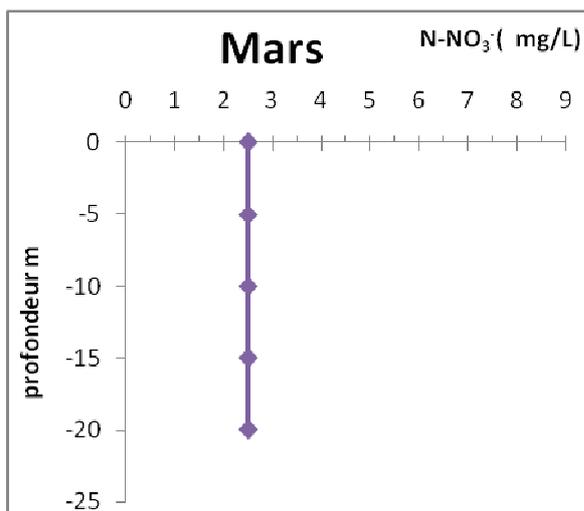
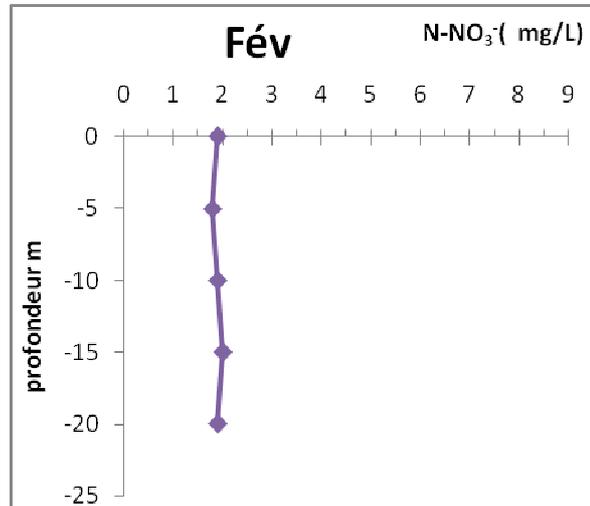
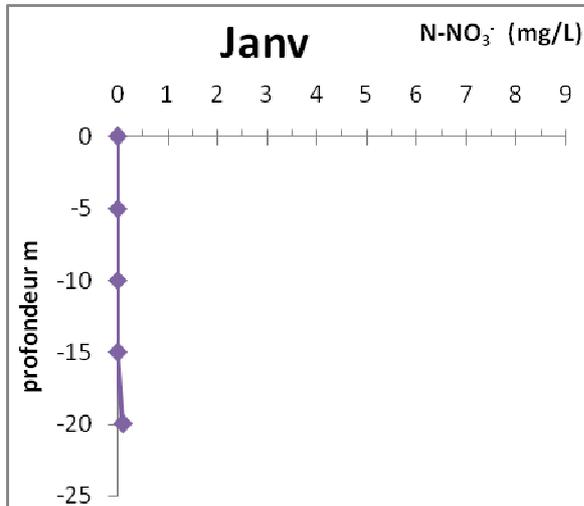


Figure IV -14 Variation mensuelle des teneurs en nitrates

L'influence de la profondeur sur l'évolution des nitrates dans les eaux du barrage (figure IV-15) met en évidence les phénomènes suivants :

- Une distribution verticale uniforme des nitrates les mois de janvier, février, mars, septembre, octobre et décembre qui est peut être due aux apports hydriques qui engendrent un mélange de la colonne d'eau.
- Une augmentation des concentrations en nitrates jusqu'à une profondeur de 15m pour les deux mois Juillet et Aout et jusqu'à 10m pour les mois de

novembre, mai et juin. Cette augmentation s'accompagne de la baisse des teneurs en azote ammoniacal (voir figure IV-18) et qui pourra s'expliquer par le phénomène nitrification favorisée par la bonne oxygénation de l'eau



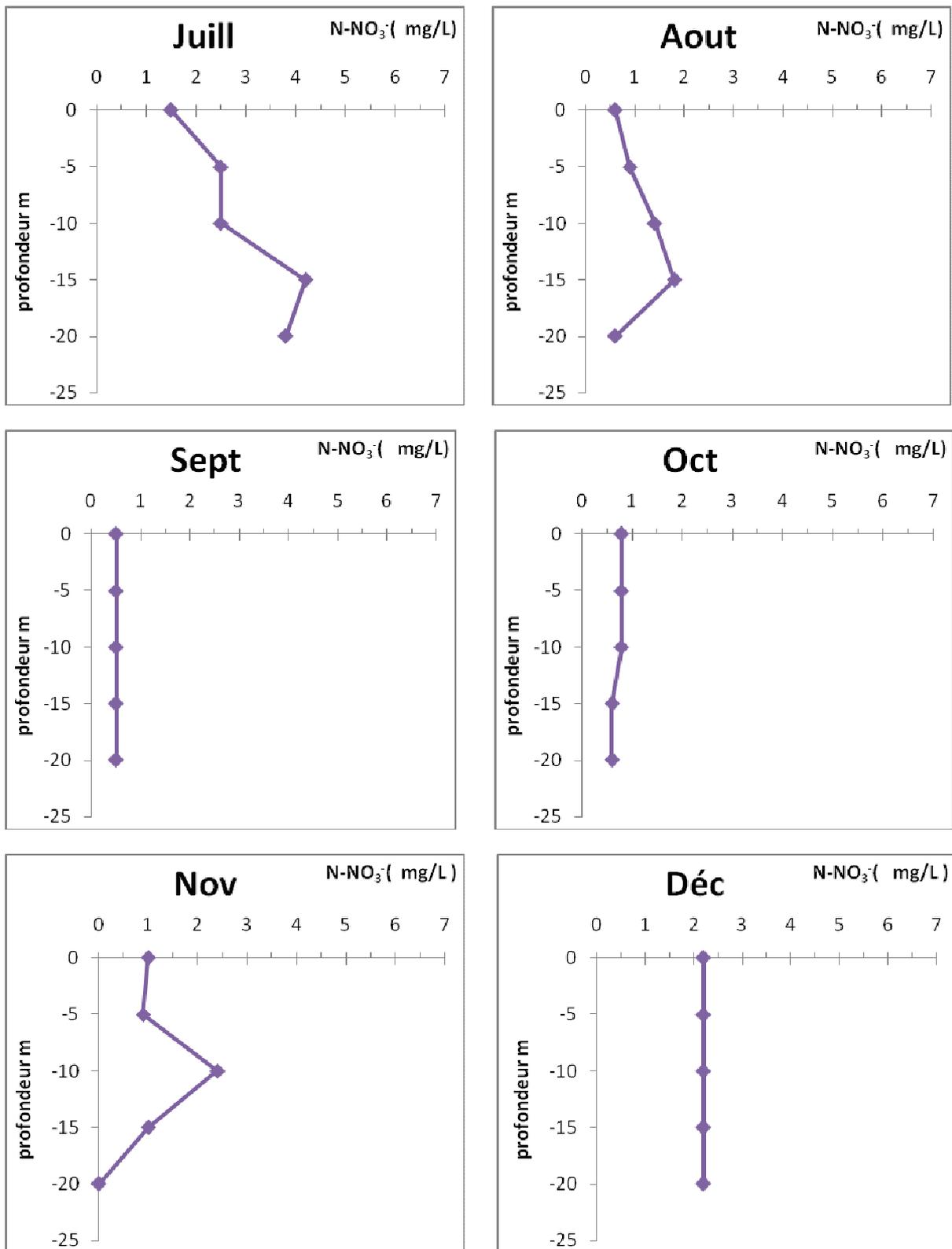


Figure IV-15 Profils verticaux des teneurs en nitrates

- **les nitrites** : Les nitrites sont une forme de transition, soit de l'oxydation de $N-NH_4^+$ en nitrates $N-NO_3^-$, soit de la réaction inverse de réduction. L'évolution mensuelle des teneurs en azote nitreux en surface est similaire à celle en profondeur. La concentration en NO_2 , sont plus élevées en surface qu'au fond du barrage. ceci semble être en relation avec les teneurs plus importantes en oxygène dissous en surface.

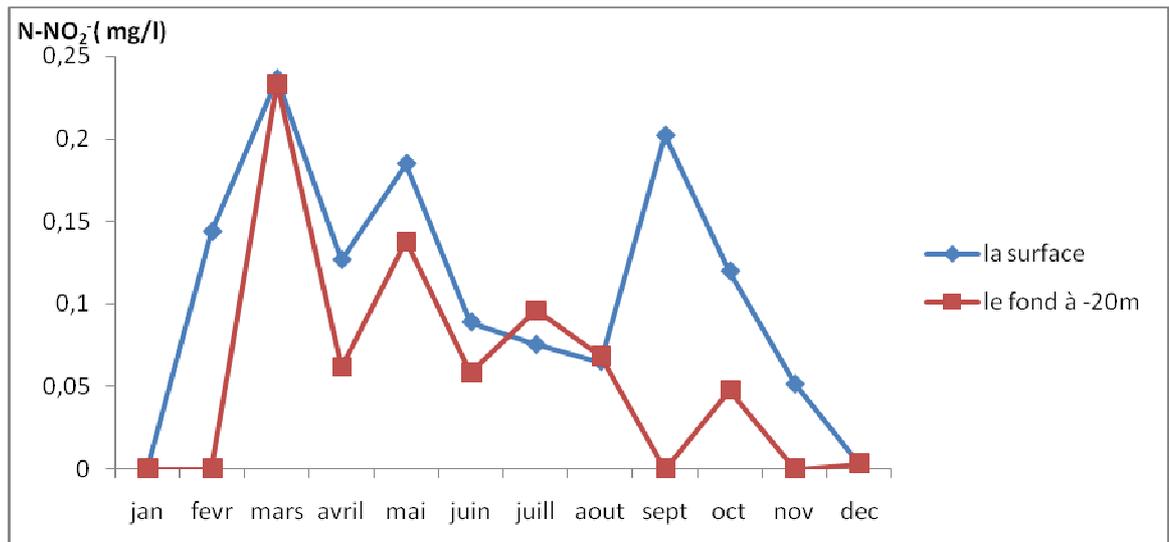
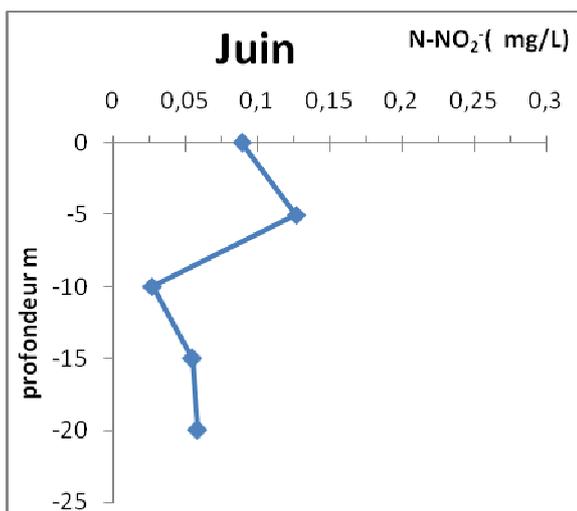
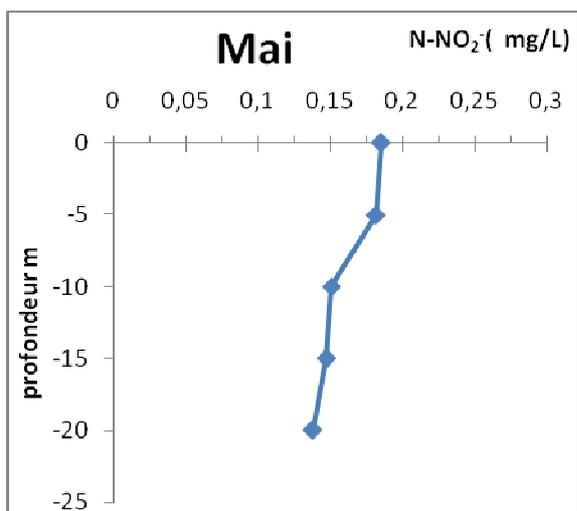
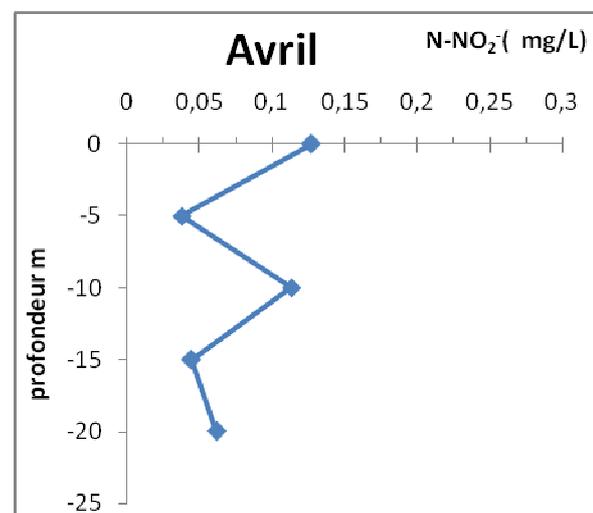
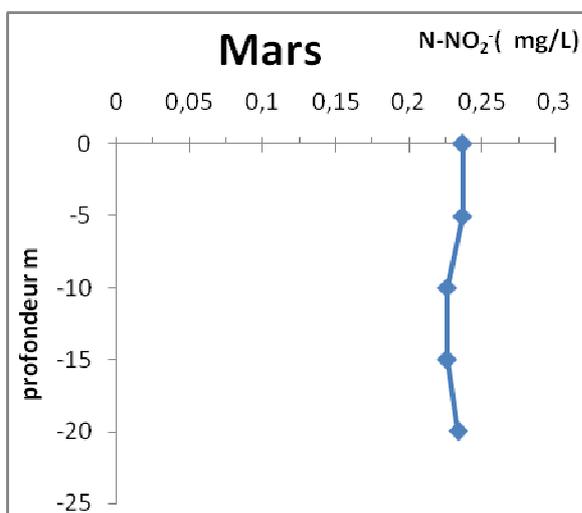
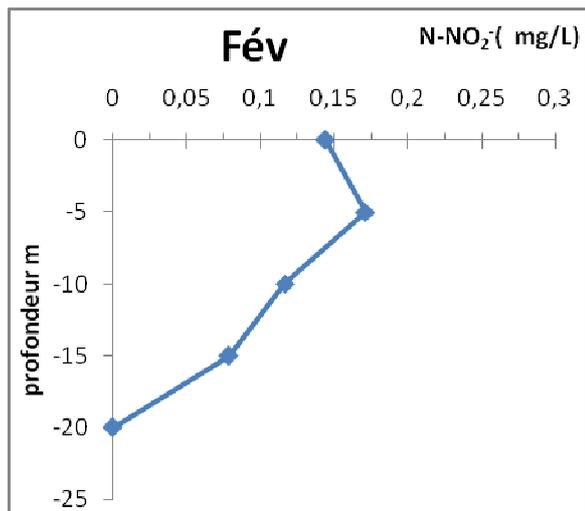
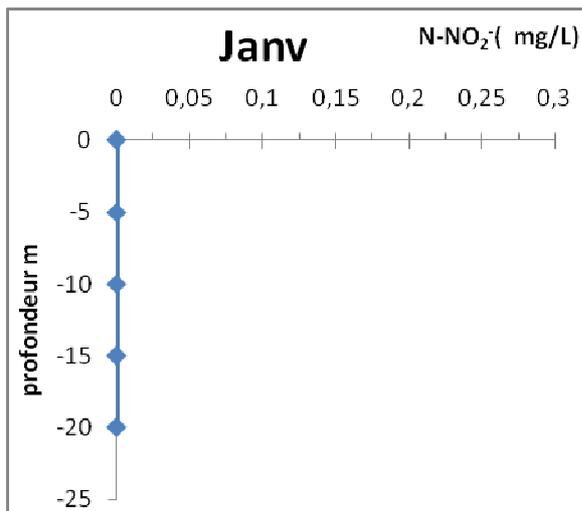


Figure IV -16 Variation mensuelle des teneurs en nitrites

La figure IV-17 traduit les profils verticaux des concentrations en azote nitreux. La distribution verticale des nitrites est très variable durant la période d'étude excepté les mois de décembre et janvier où les teneurs en NO_2 sont indétectables voire nulles.



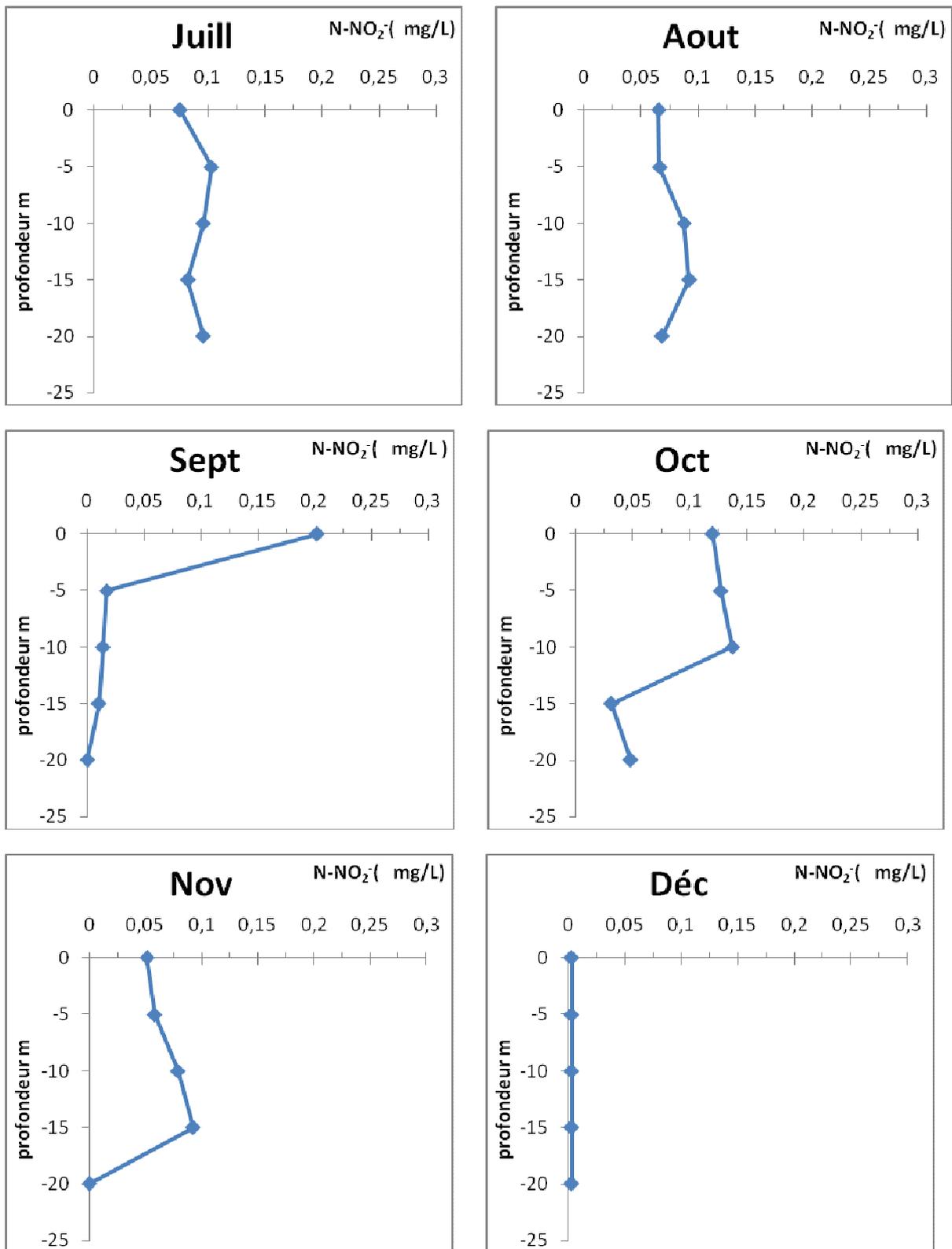


Figure IV-17 Profils verticaux des teneurs en nitrites

➤ **L'azote ammoniacal** : L'évolution temporelle des teneurs en azote ammoniacal est illustrée par la (figure IV-18). En surface les teneurs en $N-NH_4^+$, sont généralement faibles (de l'état de trace à $100 \mu g/l$), les fortes valeurs sont enregistrées près du fond pendant la période allant de aout à décembre.

Ceci peut être expliqué par la dégradation bactérienne des biomasses algales après leur sédimentation au niveau du fond ou par le phénomène de dénitrification

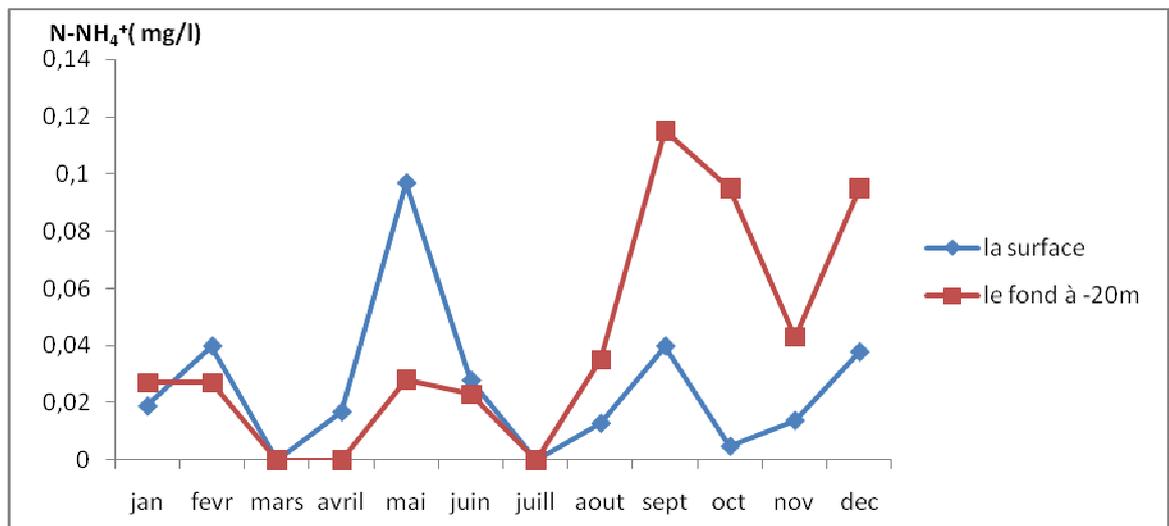
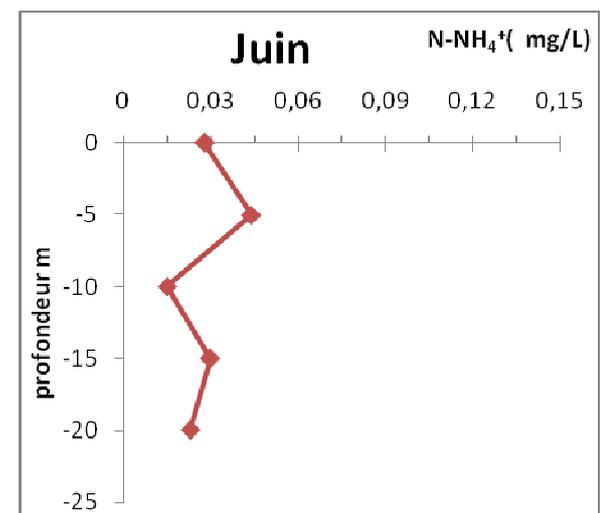
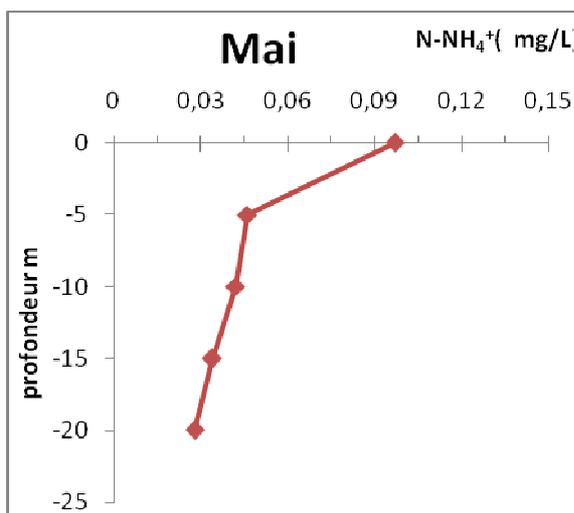
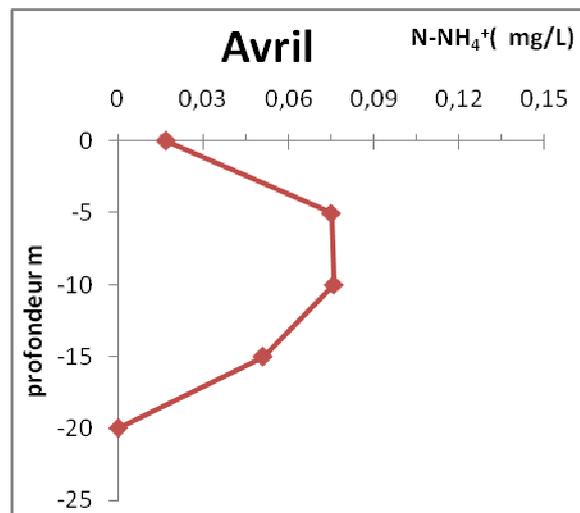
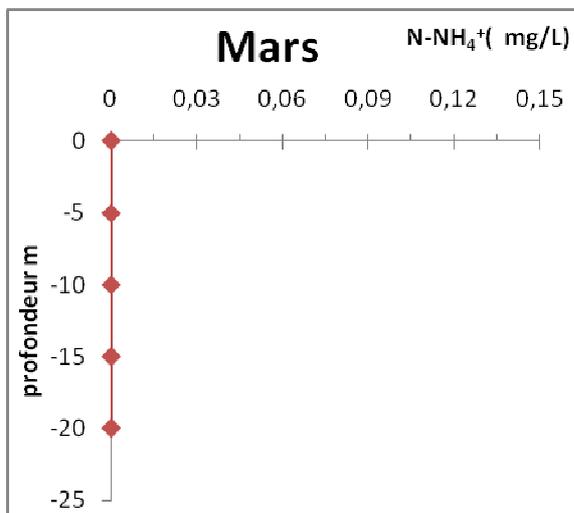
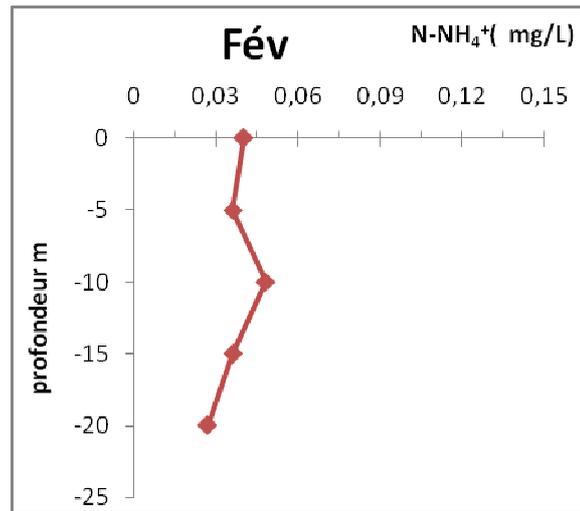
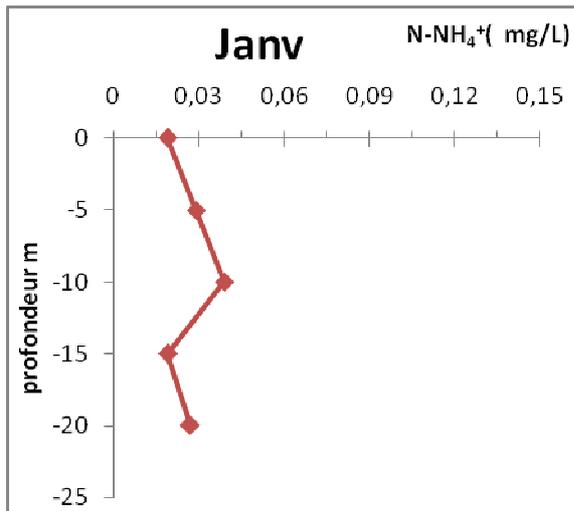


Figure IV -18 Variation mensuelle des teneurs en azote ammoniacal

Les profils verticaux des teneurs en azote ammoniacal, traduit par la (figure IV-19), font apparaitre trois étapes

- Une diminution plus ou moins marquée des teneurs en $N-NH_4^+$ pendant la période allant de janvier à juin.
- Une concentration en $N-NH_4^+$ indétectable voire nulle pendant les deux mois mars et juillet.
- Une augmentation progressive en fonction de la profondeur à partir du mois d'aout jusqu' au mois de décembre



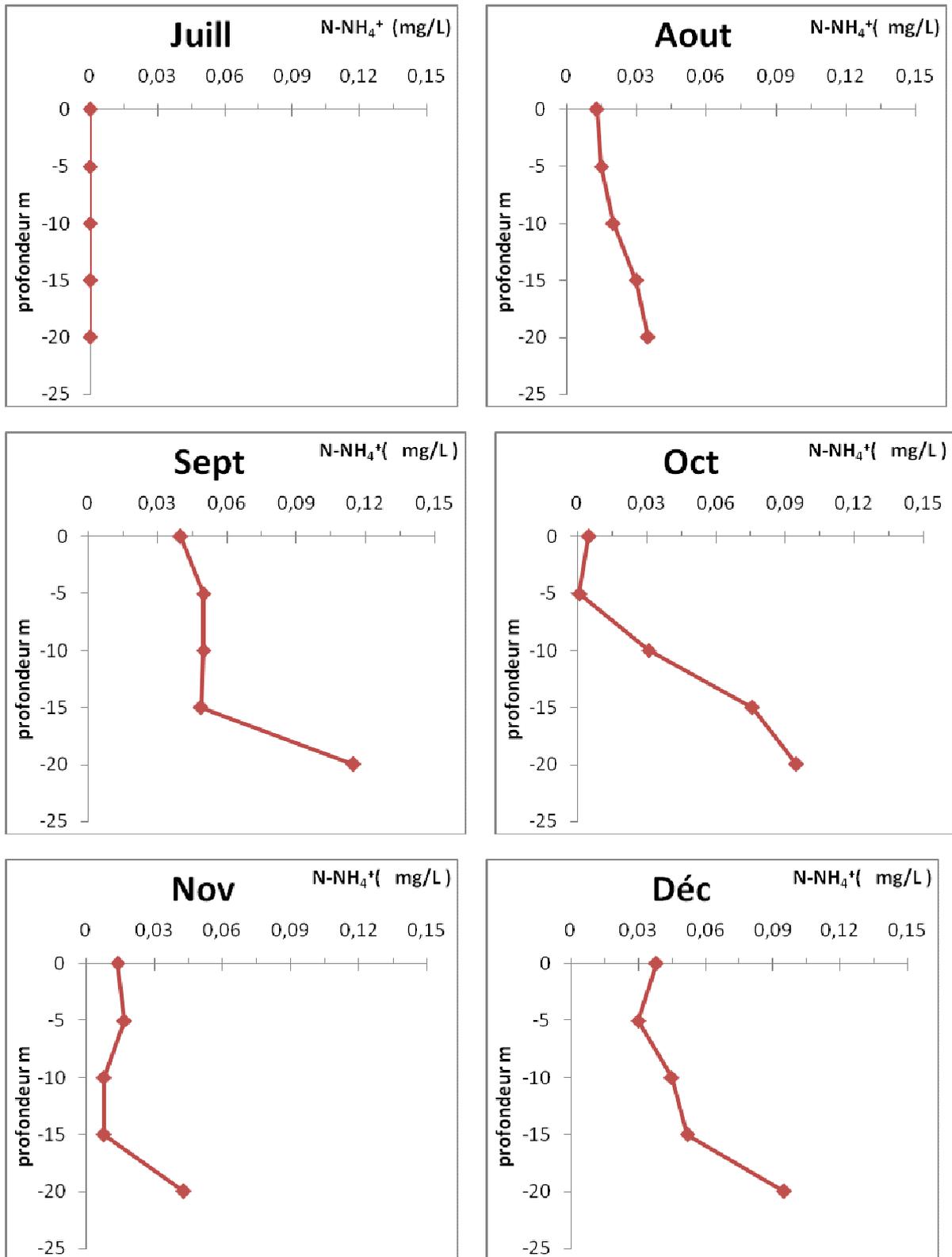


Figure IV-19 Profils verticaux des teneurs en azote ammoniacal

IV-3-8 La Silice : La silice est rencontrée dans l'eau soit de l'état colloïdal, soit à l'état dissous (40) chez les diatomées (algues vertes), la silice revêt une importance primordiale, elle peut constituer la majeure partie de la fraction minérale et 26 à 63% du poids sec (41).

L'évolution temporelle de la silice (Si-SiO_2) montre un grand écart (figure..) entre la surface et le fond de barrage. (Figure IV-20)

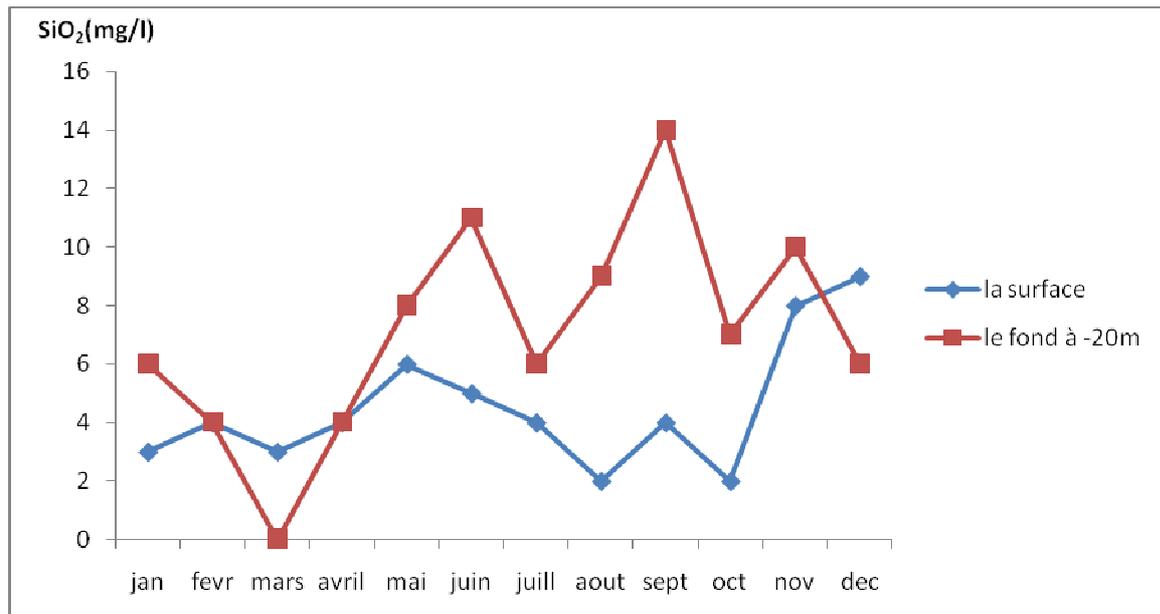


Figure IV -20 Variation mensuelle des teneurs en Silice

En effet, les concentrations au niveau du fond sont plus élevées qu'en surface et sont probablement liées à la solubilisation de la silice à partir du sédiment et par leur utilisation en zone trophogène par les diatomées.

IV-3-9 Matière organique : L'évolution temporelle des teneurs en matière organique est représentée par la (figure IV-21)

Nous ne constatons que les concentrations en matière organique sont relativement élevées en surface qu'en profondeur. Les plus faibles concentrations sont observées en période pluvieuse (hiver) tandis que les concentrations élevées sont obtenues en printemps et en été.

Le cycle annuel étudié des matières organiques se caractérise par une augmentation progressive accompagnant le développement du phytoplancton avec un pic relevé au mois d'avril ou nous avons enregistré la plus grande valeur en chlorophylle a.

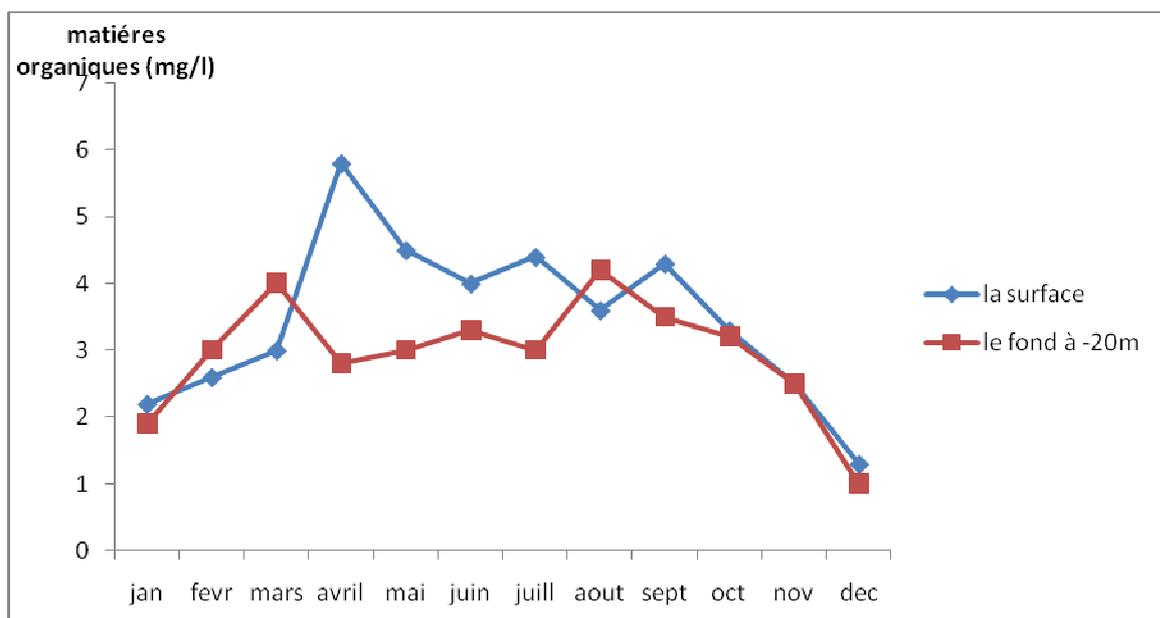


Figure IV -20 Variation mensuelle des teneurs en matières organiques

Conclusion

Le travail réalisé durant un cycle annuel sur l'eau du barrage Boukerdane met en évidence les résultats suivants.

la température de l'eau varie entre 13,5 et 27°C et évolue d'une façon saisonnière durant le cycle annuel étudié. Le gradient thermique verticale est réduit à l'exception des trois mois (Mai, Juin, Août) traduisant aussi une nette stratification thermique favorisée par l'absence des vents pendant cette période.

En effet, le brassage de la masse d'eau entraîne la remise en suspension du matériel particulaire du fond et assure le maintien des particules en suspension amenée par cours d'eau

- les eaux de barrage sont alcalines et ne dépassant pas 8,8 unités pH. Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de stratification du pH.
- Les teneurs en oxygènes dissous obtenues montrent une bonne oxygénation des eaux. Toute fois, la stratification observée reflète une répartition verticale hétérogène de la biomasse algale quantifiée en chlorophylle a qui est responsable de la production d'oxygène dans la colonne d'eau.
- Les eaux sont caractérisées par une minéralisation élevée et sans grande variation durant la période étudiée.
- Les eaux de barrage Boukourdane présentent des concentrations élevées en ortho phosphate. En effet, le phosphore joue un rôle important dans le développement des algues et dans la multiplication des bactéries. Toute fois il peut être un facteur limitant la prolifération phytoplanctonique dans les eaux de barrage.
- L'azote est plus abondant dans les eaux du barrage sous la forme nitrique.
- Le barrage Boukourdane est mésotrophe. Ce résultat est confirmé par l'absence des efflorescences algales et par les valeurs obtenues en chlorophylle a.

Toute fois les activités anthropiques au niveau du barrage ont des influences sur la qualité des eaux de ce dernier et entraînent une pollution de cet écosystème aquatique et par conséquent une limitation de son utilisation à pour l'agriculture et pour l'alimentation en eau potable de la région. Pour cela, il est indispensable de mettre en place des mesures de protection. Ce travail peut être poursuivi par une étude de la biodiversité phytoplanctonique et bactérienne des eaux du barrage.

Référence bibliographie

- (1) J.C.Roland; B.Viam « Atlas de biologie végétale ». Edition Masson paris, 1985.
- (2) groupe scientifique sur l'eau, 2003
- (3) Carmichael w.w. «les toxines des cyanobactéries, pour la science»197. (1994) 44-51.
- (4) C.HASLAY, H.LECLERC «Microbiologie des eaux d'alimentation».
- (5) Chrus, L (Ed) 2001. « Cyanotoxines. Occurrence, causes, consequences» Springer-verlag.New York.
- (6) (CEAEQ2005) Méthode d'analyser. Recherche et dénombrement des bactéries hétérotrophes aérobies et anaérobies facultives : méthode par incorporation à la gélose. *Centre d'expertise en Analyse environnementaux du Québec*
- (7) (Cantin, 2003 ; George et Servais, 2002) Source et dynamique des coliformes dans le bassin de seine. Ecologie des systèmes aquatiques université libre de Bruxelles Belgique.
- (8) OMS, 2000 Directive de qualité pour l'eau de boisson organisme mondiale de la santé 2^e édition
- (9) (Cantin, 2003) Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national da santé publique du Québec
- (10) Zmirou et al, 1987 A follow-up study of gastro-intestinal diseases relatd to bacteriologically substandard drinking water *American Journal of public*
- (11) (Edberg et al, 2000) Escherichia coli the best biological drinking water indicator for public health protection *Journal of Applied Microbiology*.
- (12) (Bonnard, 2001). Le risque biologique et la méthode d'évaluation du risque. Rapport final. Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement
- (13) Chalmers et al. 2000 Waterborne Escherichia coli *Journal of Applied Microbiology*
- (14) (A WW A, 1990). Water quality and treatment. *American water Works association 4^e édition*
- (15) Facklam et al, 1999 Enterococcus Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national da santé publique du Québec

- (16) Clausen et al. 1977 fécal streptococcie : indicators of pollution Dans : groupe scientifique sur l'eau, 2003 Fiche synthèse sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national da santé publique du Québec
- (17) Haslay et leclerc, 1993 Microbiologie des eaux d'alimentation technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires technique et documentation lavosier paris
- (18) Bourgeois et Leveau, 1991 technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires technique et documentation lavosier et apria paris 1^e édition .
- (19) Rodier, 1996 l'analyse de l'eau : eaux naturelles eau résiduaire et eau de mer
- (20) Emmanuel, 2003 Evaluation des risqué sanitaires et écotoxicologuques lies aux effluents hospitaliers. Thèse de docteur. Ecole doctorale de chimie. Lyon
- (21) Leclerc, 1975 Microbiologie générale Préface de René Buttiaux. Paris.
- (22) MICHAEL PATERSON «Zooplancton des eaux douces »institut des eaux douces 501, university Gexent winnpeg (Manitoba) R3T 2N6.
- (23) B.AVDREY, D.MARC «les poissons d'eau douce» Haute Ecole Mosane d'enseignement supérieur.
- (24) (Projet eutrophisation THQ 2005 *Frédéric Nicolas, Laurent Giraud, Patrick Bérigaud, Macumba Seye, Avec l'aimable participation de: André Ollivro président de l'association « halte aux marées vertes »*)
- (25) M^{me} HOULI. S «Etude de l'élimination de l'azote et du phosphore dans le lagunage naturel». Mémoire de Magister. ENSH.2002.
- (26) Perminnova R.L.1965 «Influence des algues bleues sur le développement des micro-organismes dans le sol» BULL.14 XXVI, 1,369.
- (27) N.ANGELI«influence de la pollution des eaux continentales: incidence sur les biolénoses aquatiques». Bordas- paris 1976.
- (28) Jean. Luc Potelon «les guides des analyses de l'eau potable».
- (29) S.O.RYDING et W.RAST« le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs».

- (30) Samir Boucheraï «Diagnostic et contrôle du phénomène d'eutrophisation du barrage de KEDDARA- Algérie». Société Bonnard & Gardel Ingénieurs conseils, Lausanne, suisse.
- (31) Madigou E.,2005. Influence du statut trophique de cours d'eau sur les fonctionnalités microbiennes des biofilms (Epipsammon et épilithon)- these de doctorat. Université Claude Bernard, Lyon II. 260p.
- (32) Gorniak A., Jekaterynczuk-Rudezyk E., 1995. Limnology of the siemianowka dam reservoir (eastern Poland), 2-seasonal and horizontal differentiation of water chemistry. Acta Hydrobiol. 37 (1) : 11-20
- (33) Wetzel R. G.,1983. , Limnology. Ed. W.B . Saundersco. Philadelphia, 767p
- (34) Labroue L., Caplancq J., Salençon M.J., Tourenq J.N., Mur C., 1994. Evolution saisonnière des éléments minéraux nutritifs (P,N,Si) et de l'oxygène dissous dans le lac de Parelaip. hydroécol, Appl., 6(1-2) :87-114
- (35) Nueveux, 1974 J. Recherche sur la chlorophylle a et la phéophytine a en milieu oligotrophe et en milieu eutrophe (Méditerranée)- thèse de 3^{em} cycle univ.-paris VI.116p
- (36) Reynolds, 1984, the ecology of fresh water blooms. Adv-Biol.Res 1367-143
- (37) Liman, 2003. Contribution à l'étude des conductions du milieu et des peuplements Phytoplanctoniques du barrage joumine en relation avec le réseau de distribution. Mémoire de diplôme d'études approfondie. INA. Tunisie 106 p
- (38) Rigler F. H.1966. radiobiological analysis of inorganic phosphorus in lake Water . verhandlungen der international vereingung fur theoretische und angewandte limnologie .16;465-470
- (39) Giordani, G. Brtoli M; Cattadori M ; viaroli P.1996. sulphide release from anoxic sediment in relation to iron availability and organic matter recalcitrance and its effects on inorganic phosphorus recycling . hydrobiologia .32(9);211-222
- (40) Radier J ; 1984. L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer 1965 p
- (41) Lund R. L. (1964) primary production and periodicity of phytoplankton ; verh. Internat. Verein. linnol. 15,37-56.

- (42) Dussart B., 1992, Limnologie . l'étude des eaux continentales 2^{em} édition.
Collection « faunes et flores actuelles » .630p

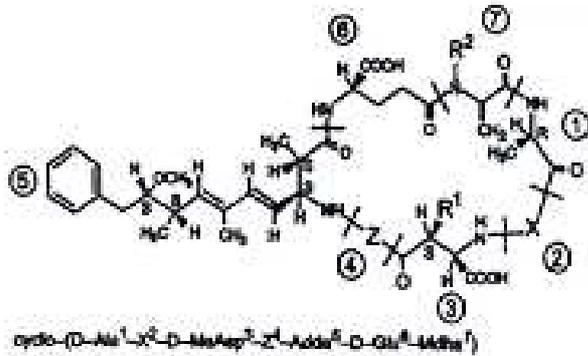
Site internet

- 1' [htt:// Les dauphinsdavignon.Free.Fr/biologie/algues/algues phane.htm](http://Les.dauphinsdavignon.Free.Fr/biologie/algues/algues_piane.htm)
- 2' [htt://www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)
- 4' www.gls.fr
- 5' www.watis.fr
- 6' [htt://anne.de.coster.Free.Fr/bagene/strucba.htm](http://anne.de.coster.Free.Fr/bagene/strucba.htm)
- 7' http://www.Stru_bac.com
- 8' [htt://anne.de.coster.Free.Fr/bagene/strucba.htm](http://anne.de.coster.Free.Fr/bagene/strucba.htm)
- 9' <http://www.ulg.ac.be/sciences>
- 10' http://www.e_AQ27012.com
- 11' <http://www.BioNova.com>
- 12' <http://www.actu-environnement.com>
- 13' http://www.OEDD_solutions_miracles.com
- 14' [http://vaselli.free.fr/\]](http://vaselli.free.fr/)
- 15' www.agr.gc.ca/disc_f.phtml
- 16' www.fultura-science.com
- 17' <http://www.eaubretagne.fr>

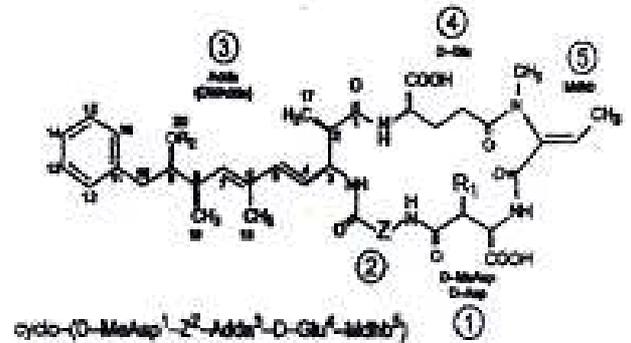
ANNEXES

Annexe I

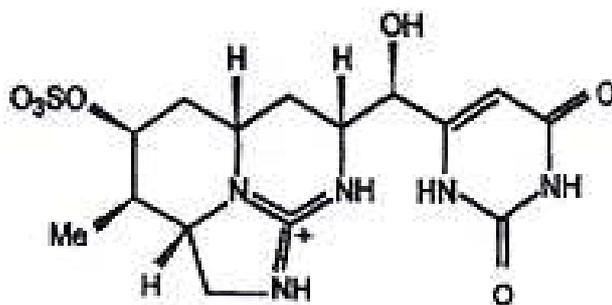
Les structures chimiques des hépatotoxines et neurotoxines



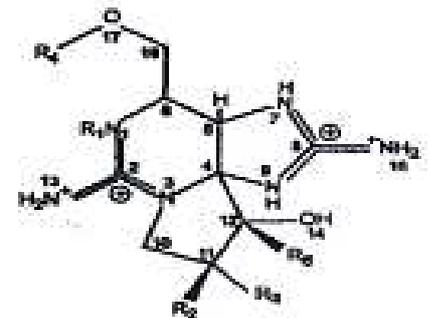
A) Microcystines



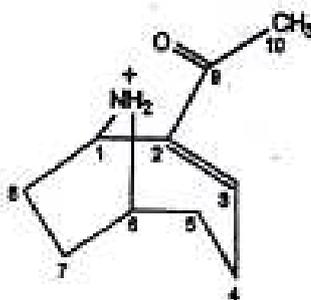
B) Nodularine



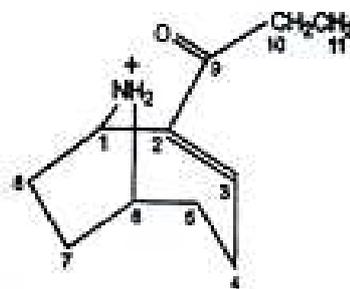
C) Cylindrospermopsine



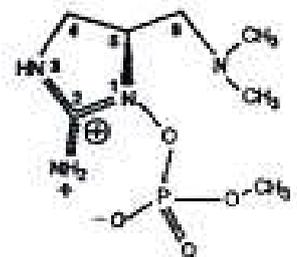
D) Saxitoxines



E) Anatoxine-a



F) Homoanatoxine-a



G) Anatoxine-a(s)

Annexe II

Mesure de paramètres physico-chimiques et biologiques :

Mesure de pH :

La mesure du pH est effectuée en plongeant directement l'électrode combinée dans les milieux considérés. Nous avons utilisé un pH mètre du terrain, la précision est estimée à 1/10 d'unité pH.

Mesure de l'oxygène dissous :

L'oxygène dissous est mesuré à l'aide d'un oxymétrie portable.

Dosage des ortho phosphates :

Les ortho phosphates sont déterminés par dosage colorimétrique. Ce dosage repose sur la formation d'un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue. L'absorbance est mesurée à 825 nm.

Tous les résultats sont exprimés en mg/l.

Dosage des nitrites :

Le principe du dosage est basé sur une diazotation des nitrites avec l'acide sulfanitique à pH : 2.5 puis par copulation des composés formés avec l' α -naphtylamine (réactif de Griess), on obtient un colorant azoïque rouge stable au moins de douze heures dont on mesure l'intensité à 520 nm.

Dosage des nitrates :

Les nitrates sont réduits en nitrites par une solution d'hydrazine en milieu alcalin et en présence de sulfate de cuivre comme catalyseur. Les nitrites obtenues sont alors dosés par la colorimétrie à 520nm

Dosage de chlorophylle a (méthode SCOR UNESCO)

- Filtrer sur membrane de cellulose
- Introduire la membrane filtrante dans un tube à centrifuger.
- Ajouter 15 ml d'acétone à 90%, agiter 1 minute Rigoureusement pour dissoudre le filtre.
- Placer le tube au frais 5à10 heures de façon à permettre l'extraction de la chlorophylle.
- Centrifuger à 4000 tr/mn pendant 5 minutes à l'aide d'une centrifugeuse (figure 15)

- Mesurer l'absorbance dans des cuvettes à 1 cm à 750nm puis à 665nm, à 645nm et finalement à 630 par un spectrophotomètre.

Dans la cuvette de référence on utilise l'acétone 90%.

- Corriger les trois valeurs d'absorbance (665, 645et 630 nm) en soustrayant l'absorbance obtenue à 750 nm (correction de turbidité)
- Calculer la concentration de chlorophylle a (Ca) suivant la formule ci-dessous :

$$Ca = 11.6 * A_{665} - 1.31 * A_{645} - 0.14 * A_{630}$$

Ca : la concentration de chlorophylle a de l'extrait (µg/l).

A₆₆₅, A₆₄₅, A₆₃₀: l'absorbances corrigé de turbidité.

- Calculer la concentration de chlorophylle a dans l'échantillon d'eau suivant la formule :

$$\text{Chlorophylle a } (\mu\text{g/l}) = \frac{Ca * V(\text{ext})}{L * V}$$

Où **V (ext)** : volume de l'extrait en ml.

L : longueur de la cuvette, cm (1 cm).

V : volume de l'eau filtrée en litre.



Centrifugeuse



Spectrophotomètre