

République Algérienne démocratique et populaire.

Ministère de l'enseignement supérieur et de la  
recherche scientifique.

Université de JIJEL.

Faculté des sciences.

Département Ecologie.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.

وزارة للتعليم العالي والبحث العلمي.

جامعة جيجل.

كلية العلوم.

قسم علم البيئة والمحيط.



ECO.03.05



# Mémoire:

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en

Ecologie végétale et environnement.

Option : Pathologie des écosystèmes.

# Thème:

Evaluation spatio-temporelle de  
la qualité physico-chimique des

eaux du lac d'EL KENNAR

Présenté par : MEHIMEH TAREK.

Jury :

Mr BOUNAMOUS A. (Président)

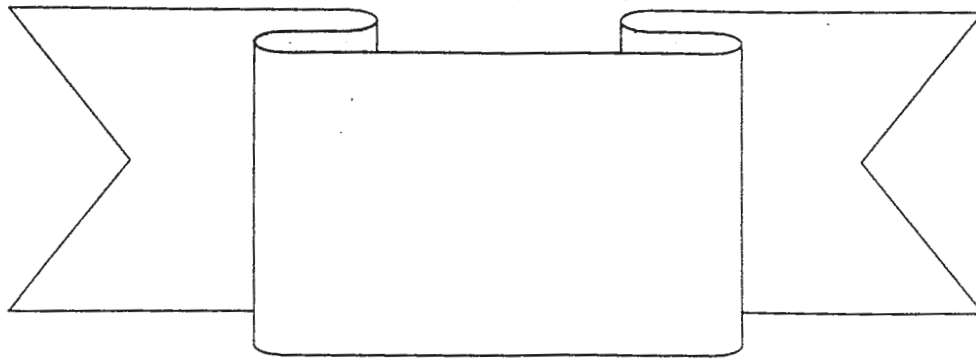
Mr MAYECHE B. (Examinateur)

Mr BOULDJEDRI M. (Encadreur)



Année universitaire 2004/2005.

## *Remerciements*



Je tiens à remercier mon encadreur Mr **BOULDJEDRI MOHAMED** qui m'a aidé à la réalisation de ce travail par ces conseils et ses aides précieux.

Mes profonds sentiments de respect et de gratitude s'adressent à Mm FOUZIA et MASSIKA, Melle SOUMIA et SONIA<sup>2</sup> et tous le personnel des laboratoires de l'institut pour leur soutiens et encouragements.

Les plus respectueux sentiments s'adressent à mon oncle AHCEN, Dr LAHOUEL, pour leurs aides et critiques scientifique

Je tiens à remercier également tous les personnels de la conservation des forets et surtout Mr BOURFISSE pour sa générosité et ses encouragement durant la période de mon travail.

J'exprime toute ma gratitude à tous les professeurs de mon institut.

Merci à tous qui m'on aidés de prés ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

## Dédicaces

*J'ai le grand plaisir de dédier le fruit de mes efforts*

*A celle qui m'a donné la vie, le soleil qui ne se couche jamais, le printemps qui ne fini pas. Il suffit de toucher tes mains pour savoir que tu es là, prête pour nous réchauffer.*

*Il suffit de regarder tes beaux yeux pour savoir que tu es là, prête à jamais prendre.*

*A toi seule je dit : Q'un jour tu seras l'enfant et*

*A celui qui m'a donné la vie, la lumière pour voir, la bourse pour un pauvre Tu te perds pour tracer nos chemins, tu ne te perds pas.*

*A toi seul je dit : Si les rêves ne se réalisent pas, j'ai ramené le bonheur...*

*A celles et ceux qui m'ont donné mon cœur et l'espoir qui*

*Mon ser... FATIMA.  
Le... toujours  
besoins de...*

*A toute la famille BOUNNAG... ns la  
moindre hésitation... dévouement, ... mes  
efforts...*

*A mes chers ... moi les grands moments ... R. R.*

*5<sup>ème</sup> Année Ecologie » 2004/2005*

*ce travail.*

**TAREK.M**

# SOMMAIRE

<b>Introduction.....</b>	<b>01</b>
<b>Partie théorique</b>	
<b>Chapitre 01 : importance des zones humides</b>	
1) Définition d'une zone humide.....	02
2) Fonctions des zones humides.....	02
2-1) Fonctions hydrologiques.....	02
2-2) Fonctions biologiques.....	04
2-3) Fonctions de « zones tampons ».....	05
3) Biodiversité des zones humides : Cas de la Numidie orientale.....	05
<b>Chapitre 02 : dégradation des zones humides</b>	
1) Problèmes qui menacent les zones humides.....	08
1-1) L'exploitation agricole.....	08
1-2) Eutrophisation des zones humides.....	09
1-2-1) Définition de « eutrophisation ».....	09
1-2-2) Principaux processus biogéochimiques impliqués dans l'eutrophisation.....	09
1-2-3) Proliférations phytoplantoniques et hypoxies.....	10
1-2-4) Malaigues.....	11
2) Les indicateurs de l'eutrophisation, valeurs _ seuils.....	12
A) Teneur en oxygène.....	12
B) Chlorophylle et composition floristique.....	14
* Chlorophylle.....	14
* Composition floristique.....	15
C) biomasse et biodiversité des macroalgues.....	16

## Partie pratique

### Matériel et méthodes

I) Description du site.....	19
1) Reconnaissance du site.....	19
2) Choix des stations.....	21
II) Matériel utilisé.....	22
III) Méthode.....	23
1) Echantillonnage.....	23
2) Méthode d'étude physico-chimique.....	23
2-1) Mesure et les analyses de terrain.....	23
2-1-1) La température.....	24
2-1-2) Le pH.....	24
2-1-3) Conductivité électrique.....	24
2-1-4) Oxygène dissous.....	24
2-2) Analyse et dosage au laboratoire.....	24
2-2-1) Dosage des nitrates.....	24
2-2-2) Dosage des composés phosphorés.....	26

### Présentation des résultats

1) Résultats.....	27
1-1) Température.....	27
1-1-1) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle).....	27
1-2) pH.....	28
1-2-1) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle).....	28
1-3) Conductivité électrique.....	29
1-3-1) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle).....	29
1-4) Oxygène dissous.....	30
1-4-1) Variation en fonction des stations et de campagnes (spatio-temporelle).....	30
1-5) Nitrates.....	32
1-5-1) Variation en fonction des stations (spatiale).....	32
1-5-2) Variation en fonction des campagnes de prélèvement (temporelle).....	35
1-5-3) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle).....	38
1-6) Les phosphates.....	39
1-6-1) Variation en fonction des stations (spatiale).....	39
1-6-2) Variation en fonction des campagnes (temporelle).....	42

**1-6-3) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle)....45**

**Discussion**

1) température.....	47
2) Le pH.....	48
3) Conductivité électrique.....	48
4) Oxygène dissous.....	49
5) Les nitrates.....	50
6) Phosphates.....	51
Conclusion générale.....	52
Références bibliographiques.....	53
Annexe.....	56


## **Introduction**

Les zones humides sont des espaces de transition entre la terre et l'eau. Elles sont le lieu des étapes essentielles du cycle de la vie. En outre, elles constituent des éléments déterminants dans la gestion de l'eau : elles écrêtent les crues et régulent les débits des fleuves, elles épurent les eaux des bassins versants et des cours d'eau, en dégradant les excès de nutriments des matières organiques et des pesticides. La présence d'eau parfois stagnante, a fait considérer pendant longtemps ces milieux comme insalubres. Il a alors été procédé à des assèchements, des comblements en vue d'éliminer les nuisances.

Mais, dès 1959, la régression des zones humides a été jugée inquiétante. Une meilleure connaissance sur le plan scientifique a révélé que les zones humides sont des écosystèmes inestimables. Pour enrayer cette régression un traité international a été signé : la convention de RAMSAR, qui stipule la préservation des zones humides d'intérêt international comme habitat de plusieurs espèces particulièrement l'avifaune aquatique.

C'est dans ce contexte que s'inscrit notre travail qui consiste à faire une évaluation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique de l'eau du lac EL KENNAR. Et plus précisément la concentration des nitrates et des composés phosphorés qui sont les deux principales causes d'une eutrophisation d'eau.

Notre travail se divise en deux volets, le premier une synthèse bibliographique, et le second une étude pratique du terrain.



*Partie théorique*





*chapitre 01*

*importance des zones humides.*



## 1- Définition d'une zone humide

De très nombreuses définitions peuvent être distinguées, rappelées par exemple par BARNAUD (2000). Schématiquement, elles comportent toutes des critères liés à l'hydrologie, à la végétation et à la topographie (localisation). Ainsi on peut rappeler les plus importantes :

- Au sens de l'UNESCO « toute zone de transition entre les systèmes terrestres et aquatiques où la nappe phréatique est proche de la surface du sol ou dans laquelle cette surface est recouverte d'eau peu profonde, de façon permanente temporaire ». (UNESCO/MAR, 1973)

- Au sens de la convention RAMSAR « des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eau naturelles ou artificielle, permanentes ou temporaires ou l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas 06 (six) mètres ». (Convention RAMSAR 1982)

## 2- Fonctions des zones humides

Situées en fond de vallée des fleuves et des rivières, les zones humides annexes (prairies inondables, marais tourbeux, bras morts, forêts alluviales) ont un fonctionnement rythmé par les crues et les étiages, source de diversité biologique élevée. Les zones humides contribuent à la prévention contre les inondations, à l'épuration des eaux et constituent un réservoir de biodiversité. Les zones humides situées en tête de bassin régulent le régime hydrologique des cours d'eau notamment en période d'étiage. Elles ont un rôle irremplaçable dans le cycle de l'eau. Et plusieurs recherches internationales leur reconnaissent le statut d'infrastructure naturelle. (SKINNER. et ZALEWSKI. ( 1995 ))

### 2-1) Fonctions hydrologiques

Les zones humides de fond de vallées sont en interaction avec l'ensemble du bassin versant. Cette interaction s'exerce à deux niveaux :

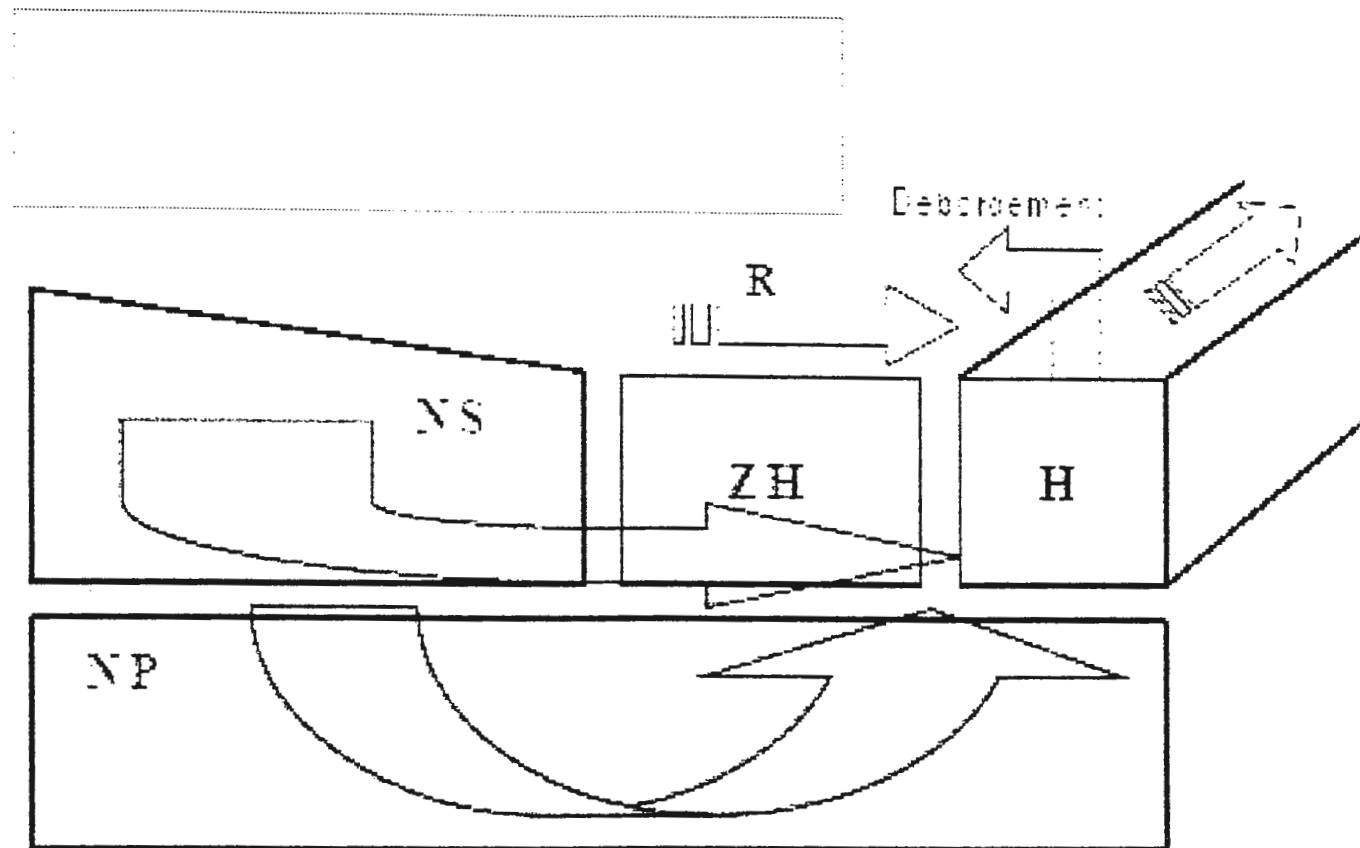
- Avec le versant : les zones humides de fond de vallées sont des lieux d'accumulation (stockage) des flux provenant des versants. Ces flux peuvent être superficiels (pluies, ruissellement) ou souterrains (sol, nappe). Cette situation saisonnière est due à la position topographique de ces zones et en général à la présence en profondeur d'un niveau imperméable de nature pédologique ou géologique.

- Avec le réseau hydrologique : les zones humides de fond de vallées sont le siège de débordements du réseau lors des crues occasionnelles, d'autre part, c'est le niveau d'eau libre dans le réseau hydrologique qui va en partie contrôler la capacité de drainage du système, enfin, c'est la nappe présente dans la zone de fond de vallons qui va alimenter le débit d'étiage du cours d'eau du bassin versant.

Et vue ces interactions, DURANT et al (2000) identifient trois fonctions hydrologiques majeures des zones humides :

- Une fonction de stockage transversal : les zones humides sert de lieu de stockage de l'eau provenant du versant (nappe. ruissellement). Cette fonction dépend de deux types de facteurs : d'une part, la taille de la zone humide par rapport à celle du versant, d'autre part, de la continuité spatiale avec les écoulements provenant du versant.
- Une fonction de stockage longitudinal : la zone humide peut servir de lieu de stockage de l'eau provenant de la rivière par inondation. Cette fonction est liée à la fréquence des crues inondant et à la topographie des lits moyens et majeurs.
- Une fonction de transfert : la zone humide est une zone de transfert pour différents types d'écoulements. Cette fonction de transfert se décline selon (05) cinq composantes (fig. 01) :

- 1- Le ruissellement (R) et l'exfiltration, écoulements rapides intervenant à l'échelle de la crue
- 2- L'infiltration et l'écoulement superficiel dans la zone humide (ZH) intervenant également à l'échelle de la crue.
- 3- L'écoulement de la nappe de versant vers son exutoire (NS+NP), écoulement plus lent conditionné par la recharge de la nappe dans le versant et la capacité de drainage du réseau.
- 4- L'écoulement à surface libre dans le réseau hydrographique (H), écoulement rapide, et concentré, très variable selon que l'on se situe pendant la crue ou hors crue.
- 5- L'écoulement de surface en période d'inondation (D, débordement), conduisant à une redistribution des eaux en surface sur une période de quelques jours.



**Fig. 01** : principaux termes du bilan hydrique à l'échelle d'une zone humide de fond de vallée (d'après DURAND et al. 2000).

Ces différentes fonctions sont au cœur du fonctionnement hydrologique des petits bassins versants amont.

## 2-2) Fonctions biologiques

Les zones humides constituent en général le support d'écosystèmes très riches, tant du point de vue de leur variété selon le contexte géomorphologique que de leur biodiversité. Le développement d'une activité agricole intensive dans ces zones est donc perçu de ce point de vue comme un appauvrissement. Sur le point floristique, les écosystèmes humides sont considérés comme des biotopes uniques pour des espèces rares et souvent menacées, sur le plan faunistique, de nombreuses espèces sont inféodées à ces systèmes et c'est en particulier le cas des poissons et d'oiseaux migrateurs. Que ce soit en matière d'alimentation, de reproduction ou d'abri, les zones humides constituent là encore des écosystèmes dont toute modification peut être fatale pour les

espèces considérées. Pouvoir correctement gérer le temps de résidence de la nappe dans les différents horizons du sol ou en surface est dans ce contexte nécessaire pour assurer la pérennité des potentialités écologiques de ces zones. (ARMSTRONG, 2000).

### 2-3) Fonctions des « zones tampons »

L'idée que les zones humides de fond de vallées constituent des systèmes « filtre » ou « tampons » s'est largement développée depuis une vingtaine d'année (MEROT et DURAND). L'idée est que ces zones contribuent activement au maintien, voir à l'amélioration, de la qualité des eaux en jouant le rôle de « filtre physique » (piégeage des matières en suspension) et de « filtre biologique » (dégradation de nutriments sous l'action des bactéries du sol essentiellement). Il existe une abondante littérature sur la mise en évidence de ces fonctions et en particulier sur leur lien avec le fonctionnement hydrologique des bassins versants.

Un des processus qui a été le plus largement étudié dans ces zones est leur fonction « puits » vis-à-vis des flux d'azote d'origine agricole. En effet, la présence de sols engorgés favorisant les conditions d'anoxie et la présence de carbone organique facilement assimilable concourent à la dégradation des nitrates en azote atmosphérique (et parfois en NO<sub>2</sub>) par respiration bactérienne (dénitrification). Le déclenchement de ces phénomènes est en grande partie contrôlé par les conditions redox dans les horizons superficiels du sol. La variabilité (temporelle et spatiale) des conditions propices au déclenchement de la dénitrification a été rapportée par de nombreux travaux (HAYCOCK et al (1997), PINAY et al (2000)).

### 3- Biodiversité des zones humides : Cas de la Numidie orientale

Concernant l'inventaire ornithologique réalisé dans le cadre du plan de gestion du (parc national d'El KALA), et selon les auteurs SAMRAOUI et DE BELAIR (1998), il existe une omission de plusieurs espèces assez communes, et notent également la confusion entre ces espèces.

D'après les mêmes auteurs, il est important de souligner que certaines espèces communément non associées aux zones humides utilisent de manière régulière ces milieux. Ce qui donne une richesse importante en faune et en flore des zones humides de la Numidie orientale. Le tableau suivant nous résume cette richesse par taxon.

**Tableau n° 01** : nombre d'espèces faunistique par taxon des zones humides de  
la Numidie orientale.( SAMRAOUI et DE BELAIR)

<b>Taxon</b>	<b>Nombre</b>	<b>Taxon</b>	<b>Nombre</b>
Mammifères	01	Odonates	42
Oiseaux	120	Carabidés	30
Reptiles	04	Autres coléoptères	06
Amphibiens	07	Hémiptères	20
Poissons	15	Syrphidés (diptères)	16
Crustacés	40	Rotifères	60

Soit un totales de plus de 360 espèces. Mais ce chiffre est une sous-estimation du nombre réel car plusieurs taxa restent non identifiés.

Sur les 360 espèces faunistiques près d'un tiers (104 espèces) sont considérées comme rares ou très rares, exprimé dans le tableau n°02.

**Tableau n° 02** : taxa faunistique rares des zones humides de la Numidie orientale (SAMRAOUI et DE BELAIR)

<b>Taxon</b>	<b>nombre</b>
Mammifères	01
Oiseaux	39
Reptiles	02
Amphibiens	03
Poissons	04
Odonates	12
Hémiptères	06
Carabidés	19
Dytiscidés	06
Syrphidés	12

Et du coté floristique, sur 13 sites recensés le check-list fait état de 452 espèces répertoriées, dont 106 mésophytes, souvent accidentelle et très commune, le ratio rares/espèces totales est près de 22%, soit 29% si les mésophytes sont négligées.

Les espèces dont les origines biogéographiques sont les plus originales et qui sont souvent les plus en danger de disparition sont les endémiques (06 espèces) et les tropicales (15 espèces), soit près de 21% des espèces en voie de raréfaction.

# *Chapitre 02*

## *Dégradation des zones humides.*



## 1- Problèmes qui menacent les zones humides

### 1-1) L'exploitation agricole

Compte tenu de la myriade d'utilisation anthropique de l'eau, la biodiversité des écosystèmes d'eau douce est nettement plus menacée que celle des écosystèmes terrestres.

Actuellement plus de 250 millions d'hectares sont irrigués dont près des trois quarts dans des pays en développement (en particulier l'Inde, la Chine et le Pakistan). L'irrigation prélève environ 70% de l'eau douce utilisée par la population. Notamment dans les pays à faible revenu ou 87% de cette quantité sert à la production agricole. La diminution du débit des cours d'eau et la baisse nappes phréatiques sont monnaie courante dans les régions irriguées ou les agriculteurs ne sont guère encouragés à ne pas surexploiter l'eau. Les transferts massifs de l'eau et l'infrastructure qui les accompagne ont remodelé les régimes hydrologiques et crée des barrières à la migration des espèces.

En modifiant le flux naturel des cours d'eau on a bouleversé les communautés qui en dépendent, changé la température et la chimie de l'eau, perturbé la sédimentation et causé d'autres impacts nombreux sur la diversité biologique sauvage.

La plus part des pays développés ont pris des mesures pour limiter tous nouveau drainage des zones humides et ont même entamé une certaine restauration des habitats des zones humides, mais de nombreux pays en développement continuent de voir la transformation des zones humides des zones humides comme un mécanisme crucial pour répondre à la pénurie de terres agricoles. Ainsi, l'agriculture est considérée comme une cause principale de changement pour la moitié environ des zones humides inscrites au titre de la convention de RAMSAR. Environ un quart des sites RAMSAR font l'objet d'une agriculture extensive et quelque 10% servent à l'aquaculture.

En outre, dans presque toute les régions agricoles du monde, la qualité de l'eau s'est détériorée en raison d'une concentration accrue de sels dissous, de solides en suspension, de pesticides, d'engrais et de déchets d'élevage, tous en mesure de dégrader les zones humides et d'empoisonner les espèces sauvages. Par exemple dans les zones humides Australiennes d'OURAY, un refuge national pour les espèces, le drainage, pour l'irrigation d'eau souterraine pollué a entraîné la mortalité des oiseaux d'eau par bioaccumulation de sélénium. (JEFFREY A. Mc Neely) ; (THARME) ; (2003)

## 1-2) Eutrophisation des zones humides

### 1-2-1) Définition de « eutrophisation »

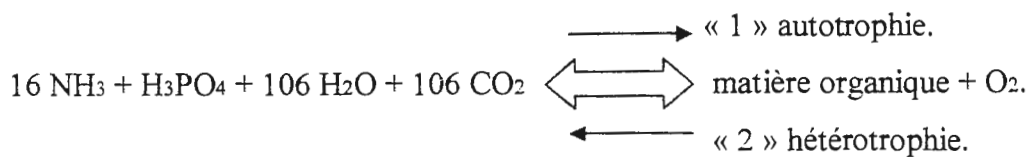
Le terme « eutrophisation » est employé sous plusieurs significations, et plus, souvent utilisé sans définition claire. Donc il est essentiel de s'accorder, en tout premier lieu sur le sens de ce terme.

Tout d'abord, il faut considérer le terme « eutrophe » dont dérive le mot « eutrophisation ». « eutrophe » signifie simplement « bien nourri ». Comme le rappelle GENOVESE (1973), le préfixe « eu » contient l'idée de bien, d'utile, d'optimal. Tout milieu pauvre en matières nutritives, ne répond pas, par définition, à la notion de conditions optimales. Donc on peut considérer qu'un milieu est eutrophe quand il est riche en nutriments et donc s'accorder sur la définition du mot eutrophe que fournit le dictionnaire technique de l'eau et des questions connexes : une eau eutrophe est une eau riche en matières nutritives.

Quant à l'eutrophisation d'un milieu, il s'agit, stricto sensu, du fait de devenir eutrophe (donc, de s'enrichir en nutriments). Cette notion a pris naissance pour désigner la progression naturelle de l'état trophique des lacs, c'est-à-dire l'augmentation de la richesse du milieu (de l'oligotrophie à l'hypertrophie en passant par l'eutrophie). Toutefois, la notion d'eutrophisation (dans son étymologie d'origine « enrichissement ») n'a de sens que par rapport à la biomasse qui tire bénéfice des nutriments présents. Ainsi.

### 1-2-2) Principaux processus biogéochimiques impliqués dans l'eutrophisation

La notion d'eutrophisation se réfère en premier lieu à la croissance algale stimulée par les nutriments. On peut considérer que le fonctionnement biologique des écosystèmes aquatiques est régi par un équilibre entre autotrophie et hétérotrophie, contrôlé par les énergies primaires (soleil) et auxiliaires.



« 1 » l'autotrophie correspond aux processus de photosynthèse permettant l'élaboration de matière organique à partir de sels azotés et phosphorés, de gaz carbonique et d'eau. Il en résulte une production d'oxygène.

« 2 » l'hétérotrophie rassemble l'ensemble des processus se déroulant dans le sens inverse de l'autotrophie. La matière organique est oxydée avec consommation d'oxygène et production de gaz carbonique.

Dans les milieux aquatiques, l'autotrophie est assurée essentiellement par les microalgues (phytoplancton et microphytobenthos) et les macrophytes (phanérogames, macroalgues). Cette production primaire est souvent limitée par la disponibilité des sels azotés et phosphorés, dits sels nutritifs. Dans ce cas lorsque les concentrations en sels nutritifs augmentent dans le milieu, l'équilibre est déplacé dans le sens « 1 ». Il en résulte une accumulation de matière organique qui, ultérieurement, va déplacer l'équilibre dans le sens « 2 ». Selon les conditions physiques du milieu, l'oxygène dissous peut s'épuiser. L'équilibre est alors rompu et des processus dits anaérobies se mettent en place.

Lorsque les sédiments sont riches en matières organiques, la demande en oxydants est forte et les sulfates sont souvent utilisés par les bactéries sulfato-réductrices dès les premiers millimètres avec production de sulfures.

—————→ « 3 » minéralisation anaérobie avec sulfato-réduction



Les sulfures réagissent en partie avec l'oxygène dissous lors de leur diffusion dans la zone aérobie.

—————→ « 4 » oxydation des sulfures.



La succession des réactions « 3 » et « 4 » montre que l'utilisation des sulfates par les bactéries sulfato-réductrices constitue une consommation différée en oxygène dissous. Le retour des sulfures à la forme sulfate dans les couches superficielles toxiques constitue une demande chimique en oxygène (RODEN et TUTTLE, 1992) pouvant conduire à l'anoxie totale dans la colonne d'eau. A ce stade, les sulfures diffusent dans l'atmosphère, dégageant l'odeur caractéristique de « l'œuf pourri ». Les sulfures toxiques pour une grande partie de la flore et de la faune aquatique, entraînent la mortalité puis la reminéralisation des biomasses présentes. On parle alors de crise anoxique ou « malaigue » lorsque ce processus se passe dans les lagunes de Méditerranée.

### 1-2-3) Proliférations phytoplantoniques et hypoxies

Le développement d'une biomasse importante de phytoplancton peut être suivi, dans certaines conditions hydrodynamiques, par une baisse considérable des concentrations en oxygène dissous dans l'eau. En effet lors de la mort, puis la dégradation bactérienne de cette biomasse phytoplanctonique, la consommation en oxygène dissous peut dépasser les apports au milieu par photosynthèse, par réaération à partir de l'atmosphère, ou par diffusion à partir d'eaux plus oxygénées. Pour DIAZ et al (1995) l'oxygène est la variable environnementale qui a le plus évolué au cours des dernières décennies dans les écosystèmes aquatiques. De nombreux exemples de

relation entre production phytoplanctonique massive et désoxygénation sont rapportés. C'est ainsi que dans la Méditerranée certains sites Grecs, comme les golfes de THERMAIKOS et de THESSALONIQUE sont soumis à de forts développements phytoplanctoniques, en particulier dans les panaches fluviaux et dans les zones de rejets des stations d'épuration (GOTSIS-SKRETAS and FRILIGOS et al, 1997) ; le golfe de SARONIKOS qui, jusqu'en 1993, recevait les effluents bruts de la ville d'Athènes, a connu de forts développements phytoplanctoniques, avec des biomasses 40 à 200 fois supérieures au niveau de référence (FRILIGOS, 1985).

En mer du Nord les exemples de désoxygénation liée à la production puis à la dégradation de fortes biomasses phytoplanctoniques sont nombreux. Dans le KATTEGAT, RICHARDSON et HEILMANN (1995) montrent que le doublement de la production primaire entre les années 50 et la période 1984-1993 a entraîné une augmentation de la fréquence et de l'intensité des déficits en oxygène. Dans le SKAGERRAK et le Nord du KATTEGAT, ROSENBERG et al (1996) montrent aussi une augmentation des concentrations en nutriments, une modification des peuplements algaux et une diminution des concentrations en oxygène dissous dans les eaux situées sous l'halocline (BODEN et al, 1990), avec des conséquences négatifs sur la faune benthique. C'est aussi le cas de nombreux Fjords où l'on observe de fortes productions primaires suivies d'anoxies dans les eaux de fond ; dans le Fjords de MARIAGER (Danemark) ces anoxies ont atteint les eaux de surfaces en Juillet 1997, à la suite de conditions météorologiques favorables, et elles ont entraînés de fortes mortalités de la faune (FALLESEN et al, 2000).

La réunion de trois conditions semble nécessaire et suffisante pour qu'une prolifération macroalgale se développe.

- a) Un courant résiduel et une dispersion de la masse d'eau faible
- b) Un éclaircissement suffisant du fond
- c) Un apport d'azote inorganique

#### 1-2-4) Malaigues

La malaigue est un déséquilibre lié à une forte concentration en matière organique qui se propage à la faveur de conditions météorologiques particulières.

En raison d'une quasi absence de marées et d'un fort ensoleillement, les milieux lagunaires Méditerranéens sont particulièrement sensible à l'eutrophisation. Les composés azotés et phosphorés issus du bassin versant ont des temps de résidence élevés qui permettent aux sels nutritifs d'effectuer plusieurs cycles « production primaire/reminéralisation » avant d'être dispersés. La consommation d'oxygène durant la phase de reminéralisation est à l'origine de la malaigue.

## 2- Les indicateurs de l'eutrophisation, valeurs \_ seuils

### A) Teneur en oxygène

Dans les eaux naturelles, les lois physiques ne sont pas les seules impliquées. Les processus biologiques interviennent par consommation d'oxygène résultant de processus dits hétérotrophes et/ou par production d'oxygène résultant de processus autotrophes (photosynthèse des végétaux). Les écarts à la saturation peuvent être mis en évidence de façon pratique en calculant le pourcentage d'oxygène par rapport à la saturation (% sat O<sub>2</sub>) :

$$\text{Pourcentage de saturation en oxygène} = (\text{concentration mesurée/saturation}) \times 100$$

Cette quantité exprime la résultante des processus hétérotrophes et autotrophes. Dans certaines conditions, il peut y avoir une concentration en oxygène supérieure à la saturation (pourcentage de saturation supérieur à 100), on parle alors de sursaturation. Seule la photosynthèse des végétaux immergés (macrophytes, microalgues, planctoniques, benthiques et épibiontiques) est capable d'entraîner des sursaturations significatives.

Pour diagnostiquer l'état d'eutrophisation de leurs eaux, plusieurs pays Européens prennent aussi en compte les concentrations en oxygène dissous, et proposent des seuils très souvent en relation avec l'effet des hypoxies sur la faune (tableau n°03)

**Tableau n°03** : seuils en oxygène dissous utilisés par divers pays Européens.

(ERM, 2000 ; SWEDISH EPA, 2000)

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5	
Allemagne		4.0 mg/l		2.0 mg/l		
Pays-bas		5.0 mg/l				
Danemark		4.0 mg/l		2.0 mg/l		
Suède		4.5 mg/l	3.5 mg/l	2.5 mg/l	1.5 mg/l	
Norvège	8.6 mg/l	5.7 mg/l		2.9 mg/l	0.0 mg/l	
<b>Effets</b>	<b>Pas</b>	<b>ou</b>	<b>Stresse</b>	<b>et</b>	<b>réaction</b>	<b>Mortalité plus ou</b>
	<b>probablement pas</b>		<b>d'évitement.</b>			<b>moins importante</b>
	<b>d'effets négatifs.</b>					<b>de la faune.</b>

Aux Etats-Unis, PIHL et al (1992), et SCHAFFNER et al (1992), énoncent que le seuil de 2mg/l représente le niveau en dessous duquel il y a un sévère déclin de l'abondance et de la diversité des espèces en zones estuariennes et côtières. HOWELL et SIMPSON (1994) proposent le seuil de 3mg/l.

De même BEAUPOLI et BORNENS (1997) ont fixé, après une étude bibliographique concernant l'effet des hypoxies sur la faune, les seuils suivants pour l'oxygène dissous dans les milieux estuariennes Brotons :

- Qualité excellente à acceptable : plus de 5mg/l.
- Qualité moyenne à médiocre : 3 à 5mg/l.
- Qualité mauvaise à très mauvaise : 2 à 3mg/l.
- Hors classe niveau 1 : 1 à 2mg/l.
- Hors classe niveau 2 : moins de 1mg/l.

L'ensemble de ces données fait clairement apparaître deux niveaux, l'un voisin de 5mg/l et l'autre de 2mg/l d'oxygène dissous. Au dessous du premier niveau (5mg/l) peu ou pas d'effets négatifs sont constatés, entre les deux niveaux on observe généralement des réactions d'évitement de la faune, et en dessous de 2mg/l des mortalités plus ou moins massives sont rapportées.

Ces deux niveaux de concentration en oxygène dissous doivent pouvoir être pris en compte pour hiérarchiser le degré d'eutrophisation des eaux côtières, car ils permettent de synthétiser la réponse d'un milieu donné aux apports en nutriments, en intégrant les particularités physiques et hydrodynamiques (temps de séjour) de la zone considérée.

## **B) Chlorophylle et composition floristique**

### **\* Chlorophylle**

Les concentrations en chlorophylle sont évoquées par de nombreux pays comme critère synthétique permettant d'évaluer le niveau d'eutrophisation en zone côtière ou estuarienne. Cette approche est intéressante car la concentration en chlorophylle constitue une des réponses du milieu aux apports de nutriments, réponse qui intègre les spécificités physiques de la zone considérée. Néanmoins de grandes différences apparaissent dans les valeurs proposées suivant que l'on prend en compte soit les concentrations maximales, soit les concentrations moyennes durant la période productive.

Dans le document intitulé « NOAA'S Estuarine Eutrophication Servey », BRICKER et al (1990) se réfèrent pour les estuaires américains, aux concentrations maximales en chlorophylle a suivantes :

- Eutrophisation faible : inférieur à 5  $\mu\text{g/l}$ .
- Eutrophisation moyenne : de 5 à 20  $\mu\text{g/l}$ .
- Eutrophisation élevée : de 20 à 60  $\mu\text{g/l}$ .
- Hyper eutrophisation : supérieur à 60  $\mu\text{g/l}$ .

Au niveau Européen (OSPAR, 1997) des valeurs seuils fondées sur les concentration maximales sont également avancées pour identifier les eutrophisées : l'Allemagne propose ainsi la valeur de 25  $\mu\text{g/l}$ .

En terme de concentration moyenne durant la période productive, le royaume uni et l'Allemagne font référence à une valeur de 10  $\mu\text{g/l}$ , alors que la Norvège propose des valeurs de 7 et de 20  $\mu\text{g/l}$  pour des situations d'eutrophisation qualifiées respectivement de mauvaise et très mauvaise. HAKANSON (1994) et l'agence Suédoise de protection de l'environnement (2000) citent la valeur moyenne de 5  $\mu\text{g/l}$  comme caractéristique des zones hyper-eutrophes.

La figure n°02 résume ces critères d'eutrophisation relatifs à la chlorophylle, suivant qu'ils font référence aux concentrations maximales ou aux concentrations moyennes sur la période productive.

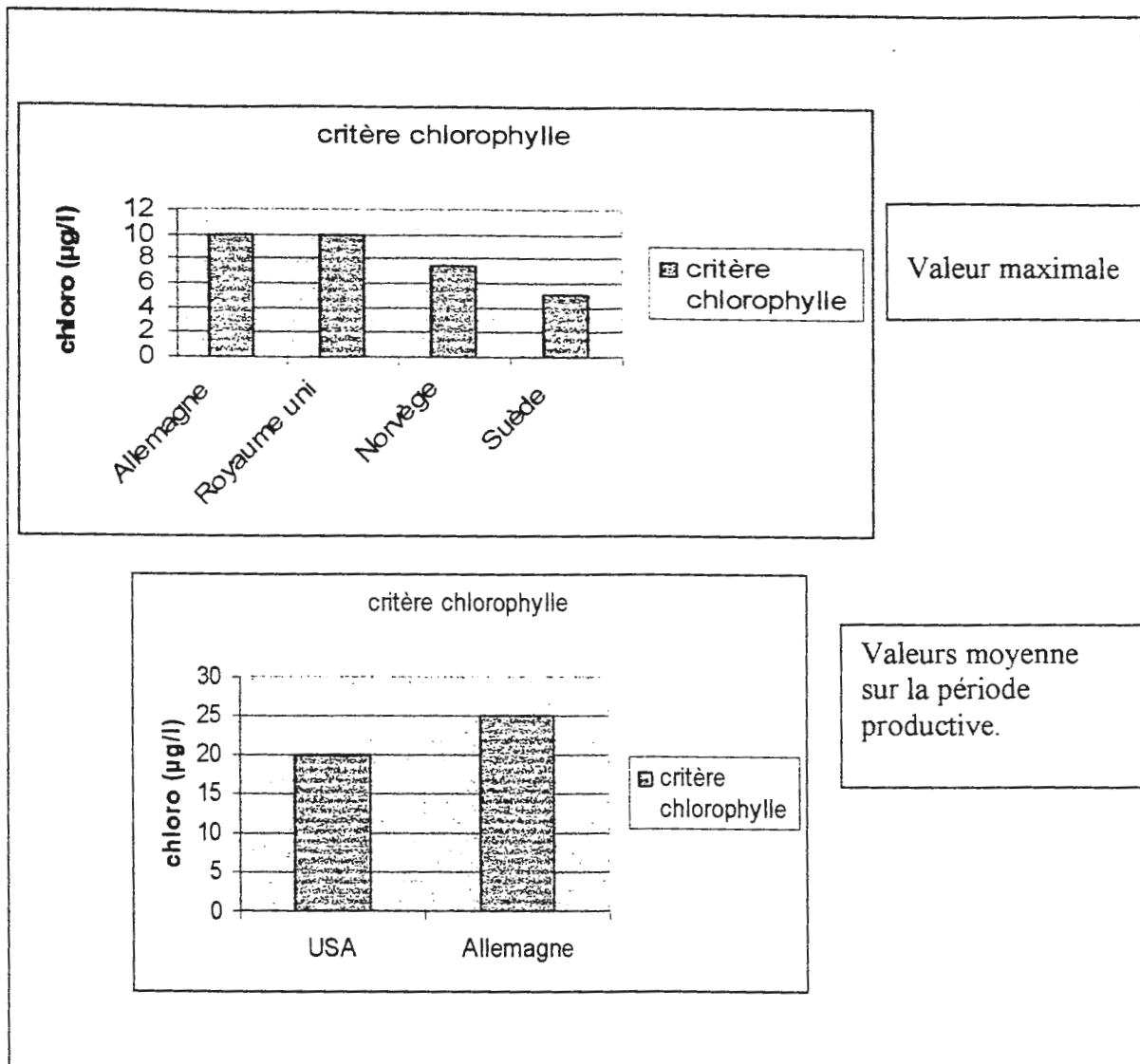


Fig. 02 : Critères d'eutrophisation relatif à la chlorophylle (valeurs maximales, ou valeurs moyennes sur la période productive).

### \* Composition floristique

La fixation de critères relatifs aux modifications de la composition phytoplanctonique et aux concentrations en espèces phytoplanctoniques nuisibles n'est pas chose facile car certaines espèces donnent lieu à des développements en masse, alors que d'autres peuvent avoir des effets néfastes à de plus faibles concentrations. Par ailleurs l'effet toxique des espèces phytoplanctoniques considérées dépend non seulement de leur concentration mais aussi de leur état physiologique. Enfin certains cas de développement de dinoflagellés nuisibles ne sont pas liés à un processus d'eutrophisation. C'est pourquoi l'établissement de critères fondés sur les relations eutrophisation/phytoplancton nuisible semble difficile, et seule l'Allemagne et les Pays-Bas proposent des seuils de densité cellulaire à partir desquels des nuisances sont possible (tableau n°04).



Tableau n°04 : sans Valeurs maximum de densité cellulaires considérées comme effet.

Espèces	Allemagne	Pays-bas
<i>Phaeocystis spp.</i>	10 <sup>7</sup> cel/l	10 <sup>6</sup> cel/l
<i>Gyrodinium aureolum</i>	7.5.10 <sup>5</sup> cel/l	10 <sup>3</sup> cel/l
<i>Gymnodinium chloroform</i>	10 <sup>6</sup> cel/l	-
<i>Dinophysis acuminata</i>	-	10 <sup>2</sup> cel/l
<i>Alexandrium spp</i>	-	10 <sup>2</sup> cel/l
<i>Prorocentrum spp</i>	-	10 <sup>4</sup> cel/l
<i>Chrysocromulina polyiepis</i>	7.5.10 <sup>5</sup> cel/l	10 <sup>6</sup> cel/l

Aux Etats-Unis, BRICKER et al (1990) établissent, en cas d'impact des algues toxiques sur les ressources biologiques, un critère de sévérité qui varie de 0 à 1 et qui combine à la fois la fréquence d'apparition des événements et leur durée. Le critère intervient, avec d'autres, dans l'évaluation de l'état d'eutrophisation des estuaires.

### C) biomasse et biodiversité des macroalgues

Dans les mécanismes accompagnant l'évolution d'un écosystème d'un état jeune et instable vers un état d'équilibre durable ou climax (succession écologique), la richesse spécifique tend à s'accroître et les liens trophiques deviennent plus complexes (parasitisme, symbiose). Les possibilités de contre-réaction entre les populations augmentent, renforçant la stabilité du milieu. Ainsi les biocénoses se développant dans des environnements stables auront toujours une diversité spécifique supérieure à celle exposés à des perturbations d'origine anthropiques. En réponse à une forte eutrophisation qui déséquilibre l'écosystème, on remarque une régression des espèces de type climax (algues pérennes à croissance lente « VOGT et SCHRAMM, 1991 »), remplacées par des espèces opportunistes plus compétitives en milieu fortement enrichi.

DUARTE (1995) explicite les différents processus en jeu. Ils peuvent être directs comme une compétition pour l'acquisition des sels nutritifs et de l'énergie lumineuse, la compétition se déplaçant de la première vers la deuxième lorsque le degré d'eutrophisation augmente. Des processus indirects tendent à accélérer le phénomène. Le dépeuplement en végétaux pérennes facilite la resuspension des sédiments et la turbidité de l'eau, à laquelle ils sont plus sensibles que le phytoplancton. D'autre part, les proliférations peuvent être suivies de crises anoxiques au niveau du sédiment et de l'eau de fond, qui elles mêmes favorisent le relargage de sels nutritifs d'origine sédimentaire. Ainsi la progression de l'eutrophisation ne serait pas linéaire, mais présenterait des sauts d'un état à un autre, ainsi que des paliers.

SCHRAMM (1996) schématise l'évolution des principales composantes d'un écosystème dont l'état d'eutrophisation progresse. Dans ce gradient croissant, la disponibilité nutritive et la turbidité de l'eau augmentent de pair. Au premier stade de l'eutrophisation, les macrophytes benthiques pérennes diminuent fortement alors que le phytoplancton et les macroalgues opportunistes voient leur population augmenter, et que les épiphytes explosent. Au deuxième stade, les épiphytes s'effondrent à leur tour et les algues pérennes ont disparu. Les macroalgues en dérive et/ou le phytoplancton prolifèrent alors. Au stade ultime, le phytoplancton prolifère seul, les macroalgues opportunistes disparaissent à leur tour.

En milieu tempéré, les macrophytes caractéristiques du climax sur substrat rocheux exposé à de fortes marées sont les algues brunes de « l'association Cystoseira ». Elles peuvent se fixer et résister à des périodes de dessiccation. On trouve aussi cette association en Méditerranée mais sur les substrats durs. Les substrats meubles, les plus fréquents dans les lagunes Méditerranéennes, conviennent aux phanérogames. Grâce à leurs racines, les phanérogames peuvent puiser les nutriments dans les sédiments. Elles sont dominantes dans les lagunes dont les eaux présentent des concentrations faibles en nutriments dans l'eau. Lorsque les concentrations en sels nutritifs augmentent dans l'eau, les phanérogames deviennent moins compétitives. De plus, la production phytoplanctonique qui en résulte accroît la baisse de lumière. La régression des herbiers de phanérogames au profit des algues constitue donc un premier indice d'eutrophisation dans les milieux lagunaires Méditerranéens (CEMAGREF et IARE, 1994).



*Partie pratique*

# *Matériel et méthodes*

## I) Description du site

## 1) Reconnaissance du site

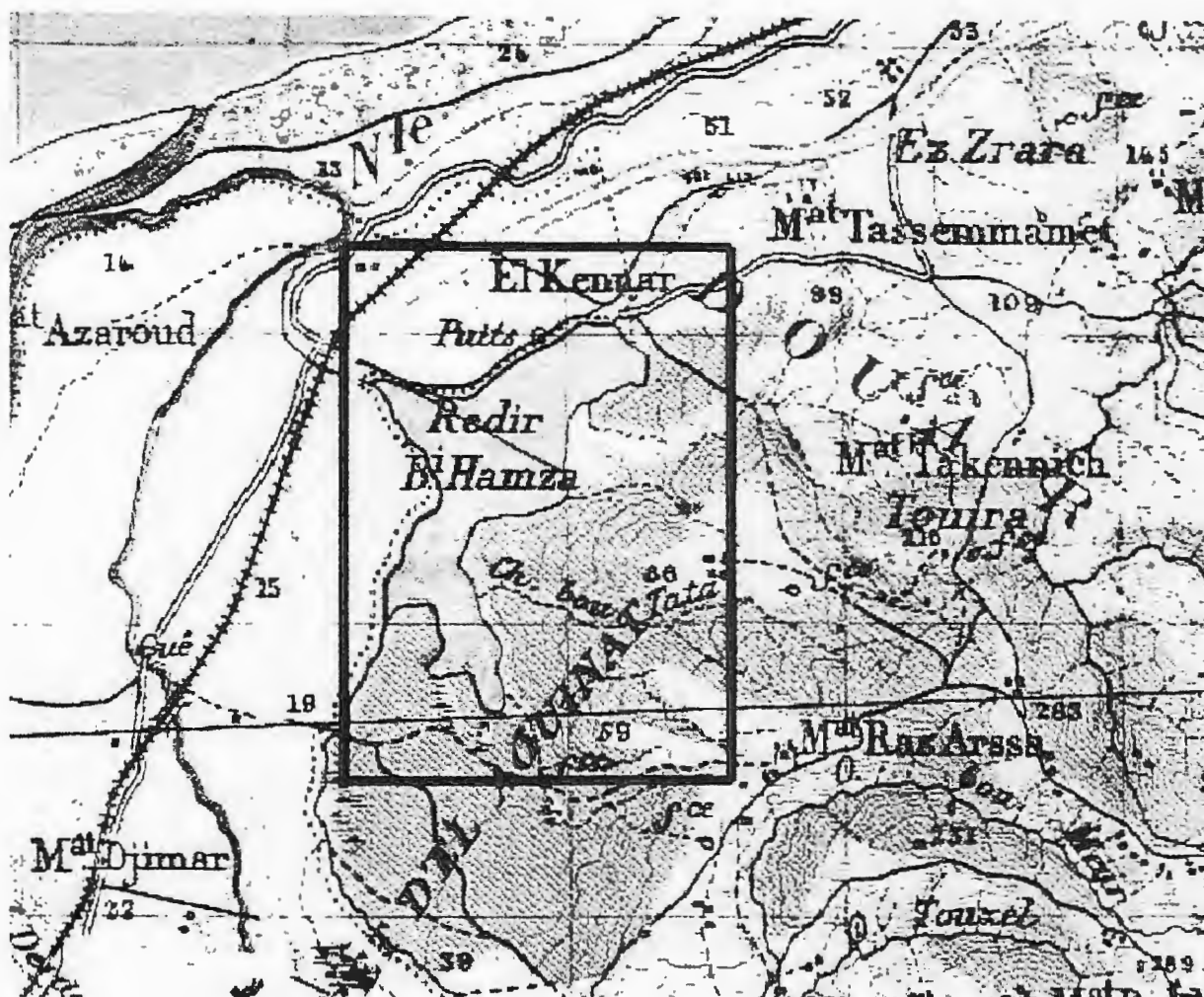


Fig. 03 : Localisation du lac d'EL KENNAR (carte Jijel, 1/50000).

- Nom du site : GHEDIR-DI-HAMZA.
- Type de zone humide : Marais.

Localisation : coordonnées géographiques Lambert :

- Longitude : 790 – 791.
- Latitude : 395 – 396.
- Altitude : 25 – 30m.

Situation administrative :

Le site se situ à 15km en Est de la wilaya de JIJEL, Daïra de CHEKFA, Commune d'EL KENNAR.

Il n'existe pas de limite du site.

Description du site :

- Superficie en ha : 10ha.
- Description générale : permanence de l'eau durant l'année. Terrain marécageux entouré de terre cultivé, fréquenté par la sauvagine (canards), mais pollué par les rejets des eaux usées du village d'EL KENNAR.
- Nature des eaux : douce.

Données écologiques :

Flore :

Typha - Scribe - Fagmites.

Les espèces dominantes sont les suivantes :

- Joncs (*Juncus maritimus*, *Scirpus maritimus*).
- Ficaire (*Ranunculus ficaria*).
- Algues.
- Massette (*Typha*).
- Rodeaux (*Arundo donax*).
- Tamaris (*Tamarix gallica*).

Faune : Oiseaux (nom commun)

- Canard colvert.
- Sarcelle d'hiver.
- Canard souchet.
- Bécasseau variable.
- Canard siffleur.
- Aigrette gazette.
- Fuligule milouin.
- Grèbe castagneux.
- Héron gendre.
- Héron garde bœuf.
- Cigogne blanche.
- Foulque macroule.
- Poule d'eau.

Activités humaines au niveau du site :

- Nombre de riverains : 2000 habitants environs.
- L'activité dominante est l'agriculture.

- Le type d'irrigation est moderne, forage avec motopompes.
- Les chasseurs sont des chasseurs riverains.

Localisation du bassin versant :

- Nom du bassin versant : EL AOUINET.
- Terrain agricole à faible pente.

Données physiques :

- Superficie (ha) : 300ha.
- Nom du plus grand Oued : Oued TBUZEL.
- Climat : humide à hiver chaud.
- Pluviométrie : 1200 mm.
- Température moyenne : 19.3 C°.
- Activité dominante : agriculture.

*Note : toutes les informations fournies ci-dessus concernant le site, ont été rassemblées dans la quasi-totalité inexistante : - de documentation concernant les zones humides de la région.*

*- de donnée sur le site.*

*et méconnaissance des espèces faune et flore.*

## **2) Choix des stations**

L'échantillonnage mensuel est effectué à quatre stations répartie sur le tour du lac, pendant les mois de : Mars, Avril, Mai, Juin.

### **Station 01**

Située à la proximité directe de la route nationale n°43, ce qui est remarquable est la présence de quelques serres.

### **Station 02**

Située en face la station 01 et en bas le versant, à noter quelle est entouré de petites portions de terrains agricoles.

### **Station 03 :**

Située près de l'embouchure de la rivière et sous l'agglomération du petit village de FAZA.

**Station 04**

Située à droite de la station 01 près d'une zone d'élevage des bovins, on distingue la présence des serres ainsi que des terrains cultivés.

**II) Matériel utilisé**

- flacon de polyéthylène.
- pH mètre.
- Conductimètre.
- Oxymètre.
- Spectrophotomètre.
- Capsule de 60ml (06).
- Etuve 75-80°C.
- Fiole jaugée 1L (03).
- Filtre surmembrane de 0,45µm.
- Fiole jaugée de 25ml.

**Réactifs pour dosage des nitrates**

- Salicylate de sodium à 1%
- Acide sulfurique concentré d=1.84
- Hydroxyde de sodium
- E.D.T.A
- Azoture de sodium
- Nitrate de potassium anhydre
- Acide acétique
- Eau bi distillée
- Acide chlorhydrique

**Réactifs pour dosage des composés phosphorés**

- Solution d'acide sulfurique d = 1.84 à 15% environ en volume.
- Solution de molybdate d'ammonium à 40g/l.
- Solution d'acide ascorbique à 20g/l.
- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8g/l.
- Mélange de réactifs
  - Solution d'acide sulfurique..... 50ml.
  - Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium.... 5ml.
  - Solution de molybdate d'ammonium..... 15ml.



- Eau permutée..... q.s.p 100ml.
- Solution mère étalon à 50mg/l de phosphore
- Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore. Diluer à 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée.

### **III) Méthode**

#### **1- Echantillonnage**

L'échantillonnage d'une eau comprend la préparation du prélèvement, le prélèvement proprement dit, le conditionnement de l'échantillon, ainsi que son stockage jusqu'au moment où l'eau est analysée. Chacune de ces étapes est importante pour assurer la fiabilité des résultats d'analyse. (Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, OFEFP, Bern 2003).

Le prélèvement des échantillons est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, il conditionne les résultats analytiques et leur interprétation, l'échantillon doit être homogène, représentatif et ne pas modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. De chacune des stations, l'eau d'analyse est prélevée dans des flacons à vis en verre de 250ml, fermé hermétiquement et préalablement stérilisés. Le flacon débouché lors de l'échantillonnage est introduit droit dans l'eau à une profondeur de 25cm. Il est rincé plusieurs fois avec l'eau de l'échantillon. Le flacon est alors fermé de façon à chasser l'air qui, éventuellement s'y trouvait. Au fur et à mesure que les flacons sont remplis, ils sont placés dans une glacière qui servira à leur transport jusqu'au laboratoire. (RODIER, 1996).

#### **2- Méthodes d'étude physico-chimique**

##### **2-1) Mesure et les analyses de terrain**

Les mesures et analyses de terrain sont entreprises pour les raisons suivantes :

- Le paramètre à mesurer n'est pas conservatif. Sa valeur peut varier au cours du temps dans l'échantillon. C'est le cas de la température, du pH, des gaz dissous et des espèces chimiques présentes en sursaturation.
- La mesure est relativement simple, rapide et peu coûteuse. C'est le cas typique de la température, de la conductivité électrique, du pH, et de l'oxygène dissous.

### **2-1-1) La température**

Sur le pH mètre utilisé on peut lire la température de l'eau en réglant le bouton sur la température.

### **2-1-2) Le pH**

- on place le bouton de sélection sur « pH »,
- rincer l'électrode à l'eau déminéralisée et l'essuyer avec un papier absorbant.
- Lorsque la valeur s'est stabilisée, afficher le pH réel avec le bouton « pH ».

Les références du pH mètre utilisé sont : *HANNA. Instruments ISO 9000 certified company since 1992.*

### **2-1-3) Conductivité électrique**

On a utilisé un conductimètre de marque : *Conductivity meter. Suntex SC – 120.*

### **2-1-4) Oxygène dissous**

L'appareil de mesure est un oxymètre portatif. De marque : *Cyberscan : Waterproof.*

*Dissolved oxygene/C°/F° data meter.*

*DO 300 series.*

## **2-2) Analyse et dosage au laboratoire (RODIER, analyse de l'eau)**

### **2-2-1) Dosage des nitrates (selon la méthode proposée par RODIER 1996)**

La méthode est par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

L'échantillon doit être limpide, s'il est turbide il doit être filtré sur membrane de 0.45µm, le prélèvement des échantillons doit se faire dans des flacons de verres ou de polyéthylène, les conserver à 04 C°, et le dosage doit de faire dans les meilleurs délais.

#### **A) Principe**

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitro salicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

#### **B) Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de capsules de 60ml, introduire successivement :

N° de capsule	T	I	II	III	IV
✓ Solution étalon d'azote nitrique 5mg/l (ml).	0	1	2	5	10
✓ Eau permutée (ml).	10	9	8	5	0
✓ Correspondance en mg/l d'azote nitrique.	0	0.5	1	2.5	5
✓ Solution d'azoture de sodium (ml).	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
✓ Acide acétique (ml).	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

1. Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain marie ou dans une étuve portée à 75 – 80 C°.
2. Ajouter 1ml de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer, laisser refroidir.
3. Reprendre le résidu par 1ml d'acide sulfurique concentré.
4. Attendre 10 minutes puis ajouter 15ml d'eau permutée puis 10ml de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune.
5. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415nm.
6. Soustraire les densités optiques (D.O) lues pour les étalons, la valeur relevé pour le témoin, construire la courbe d'étalonnage.

#### D) Mode opératoire

Introduire 10ml d'eau dans une capsule de 60ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium, ajouter 1ml de la solution de salicylate de sodium, puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10ml d'eau permuté. Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415 nanomètres et tenir compte de la valeur lue pour le témoin, se reporter à la courbe d'étalonnage, multiplier les concentrations obtenues par un coefficient de 4.43, le résultat est en mg/l.

**2-2-2) Dosage des composés phosphorés**

La méthode est par spectrophotométrie d'absorption

Laver la verrerie à l'acide chlorhydrique dilué au 1/10 et la rincer soigneusement à l'eau permutée.

**A) Principe**

L'adaptation de cette méthode est basée sur la formation d'un complexe phosphomolybdique en milieu acide, en présence de molybdate d'ammonium et d'orthophosphates puis réduction de ceux-ci par l'acide ascorbique.

**B) Courbe d'étalonnage**

Numéro des fioles	T	I	II	III	IV	V
✓ Solution étalon de phosphate à 1 mg (ml).	0	1	5	10	15	20
✓ Eau permutée.	20	19	15	10	5	0
✓ Correspondance en mg de phosphore.	0	0.001	0.005	0.01	0.015	0.02

Introduire dans chaque fiole 1ml de solution d'acide ascorbique, agiter puis ajouter 4ml de mélange de réactif, mélanger soigneusement, compléter éventuellement le volume à 25ml, attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 700 ou 800 nanomètres en cuve de 1 cm. Construire la courbe d'étalonnage.

**C) Mode opératoire**

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire. Introduire 20ml d'eau dans une fiole jaugée de 25ml, ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique. En suivant la même procédure de la courbe d'étalonnage.

# *Présentation des résultats*

## 1) Résultats

## 1-1) Température

## 1-1-1) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle)

**Tableau n°05** : les températures de l'eau des quatre (04) stations durant les quatre (04) campagnes de prélèvement.

Campagne	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Moyenne	ECART-TYPE
10/03/2005	16,8	15,9	16,5	17,4	16,65	0,624
10/04/2005	17	23,4	19	20,9	20,075	2,729
10/05/2005	21	23	22	22	22	0,816
10/06/2005	27,3	23,5	24,5	26,3	25,4	1,716
<b>Moyenne</b>	<b>20,525</b>	<b>21,45</b>	<b>20,5</b>	<b>21,65</b>	<b>21,031</b>	<b>0,604</b>
<b>ECART-TYPE</b>	<b>4,913</b>	<b>3,706</b>	<b>3,488</b>	<b>3,668</b>	<b>3,657</b>	<b>3,604</b>

L'examen du tableau n°05, qui est une synthèse entre les variations de la température de l'eau en fonction des stations et des campagnes de prélèvement, montre que les fluctuations des températures sont en générale temporelle.

La valeur maximale relevée pour l'ensemble des stations durant toutes les campagnes de prélèvement est de (27.3°C) au mois de Juin à la station 01, quand à la valeur minimale est de (15.9°C) au mois de Mars à la station 02.

La moyenne pour l'ensemble des stations pendant toutes les campagnes de prélèvement est de l'ordre (21.031°C). (Tab. 05)

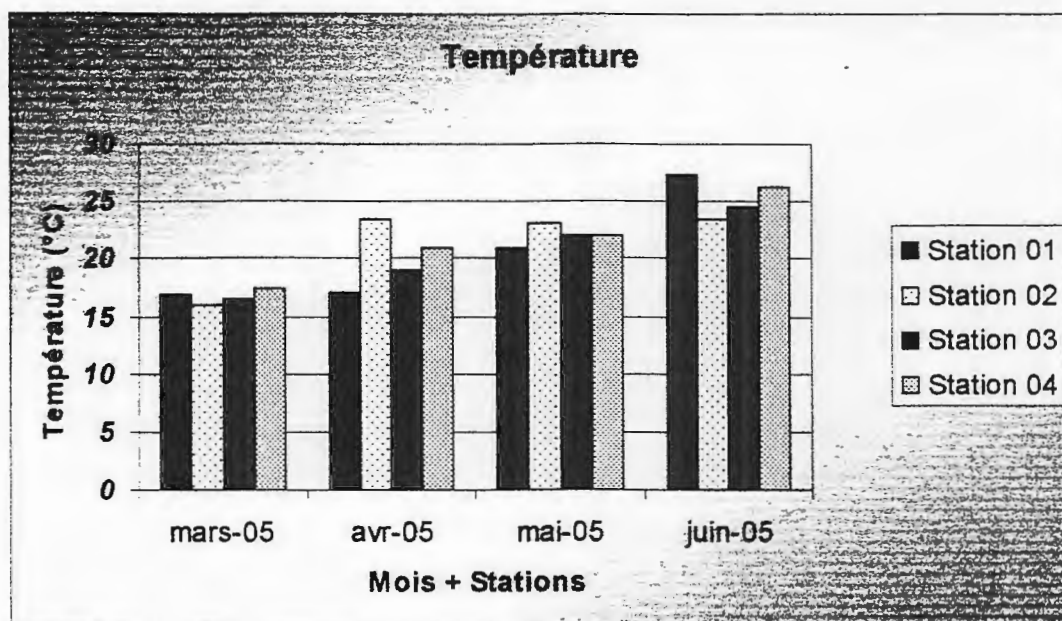


Fig. 04 : les température de l'eau des quatre (04) stations durant les quatre (04) campagnes de prélèvement.

## 1-2) pH

### 1-2-1) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle)

Tableau n°06 : les pH de l'eau des quatre (04) stations durant les quatre (04) campagnes de prélèvement.

Compagnes	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Moyenne	ECARTYPE
10/03/2005	7,7	7,58	7,63	7,42	7,582	0,118
10/04/2005	7,04	6,76	6,63	6,3	6,682	0,307
10/05/2005	6,15	5,65	5,5	5,95	5,812	0,292
10/06/2005	6,1	6	5,93	5,85	5,97	0,106
<b>Moyenne</b>	<b>6,747</b>	<b>6,497</b>	<b>6,422</b>	<b>6,38</b>	<b>6,511</b>	
<b>ECART-TYPE</b>	<b>0,767</b>	<b>0,857</b>	<b>0,929</b>	<b>0,719</b>		<b>0,75</b>

D'après le tableau n°06, on peut constater que les valeurs des pH de l'eau semblent être peu variable que se soit du coté spatial ou temporel.

La valeur maximale notée pour l'ensemble des stations durant toutes les campagnes de prélèvement est de (7.7) au mois de Mars à la station 01, et la valeur minimale est observée au mois de Mai dans la station 03 avec (5.5).

La moyenne pour l'ensemble des stations pendant toutes les campagnes de prélèvement est de (6.511875). (Tab. 06)

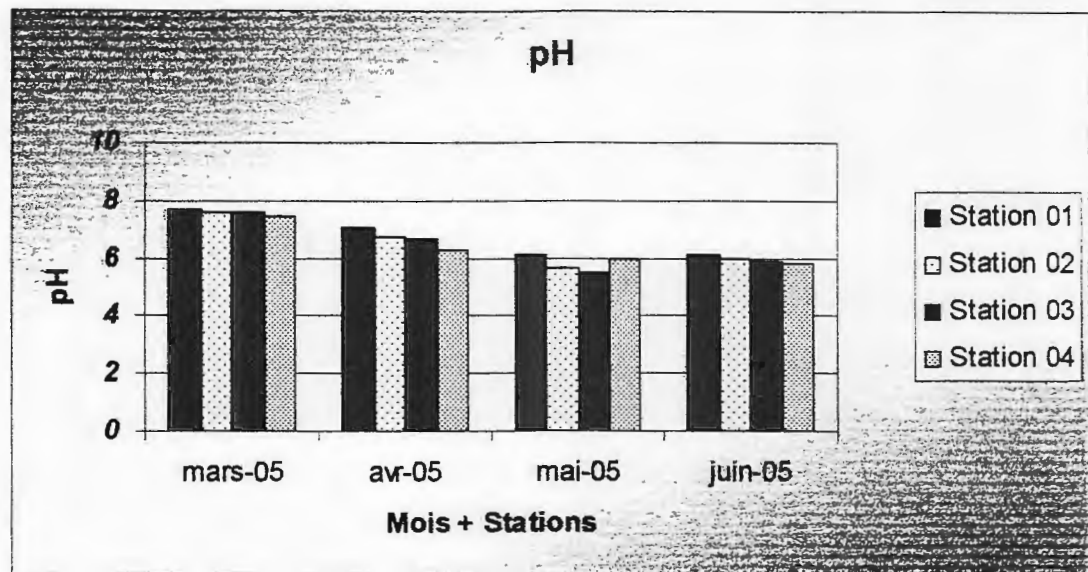


Fig. 05 : les pH des quatre (04) stations durant les quatre (04) campagnes de prélèvement.

### 1-3) Conductivité électrique

#### 1-3-1) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle)

Tableau n°07 : la conductivité électrique de l'eau dans les quatre stations durant toutes les campagnes de prélèvement.

campagne	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Moyenne	ECART-TYPE
10/03/2005	445	664	825	450	596	183,65
10/04/2005	335	950	684	420	597,25	278,179
10/05/2005	512	950	653	355	617,5	252,885
10/06/2005	268	396	545	170	344,75	162,434
<b>moyenne</b>	<b>390</b>	<b>740</b>	<b>676,75</b>	<b>348,75</b>	<b>538,875</b>	
ECART-TYPE	109,267	266,027	115,401	125,59		231,874



On examinant le tableau n°07, on peut déduire que la conductivité électrique de l'eau est plus ou moins variable dans les deux sens (spatial et temporel).

Aussi la valeur maximale pour l'ensemble des stations et pendant toutes les campagnes de prélèvement est de l'ordre (950  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) observée au mois d'Avril et de Mai au niveau de la station 02, et que la valeur minimale est de (170  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) observée au mois de Juin au niveau de la station 04.

La moyenne pour l'ensemble des stations et pendant toutes les campagnes de prélèvement est de l'ordre (538.875  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). (Tab. 07)

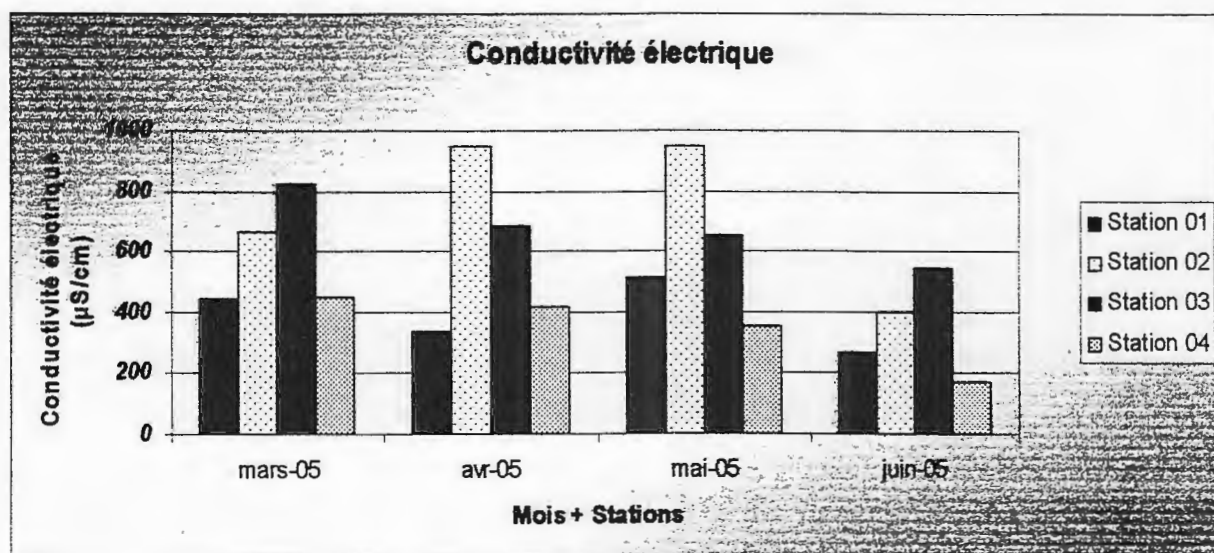


Fig. 06 : la conductivité électrique de l'eau dans les quatre stations durant toutes les campagnes de prélèvement.

#### 1-4) Oxygène dissous

##### 1-4-1) Variation en fonction des stations et de campagnes (spatio-temporelle)

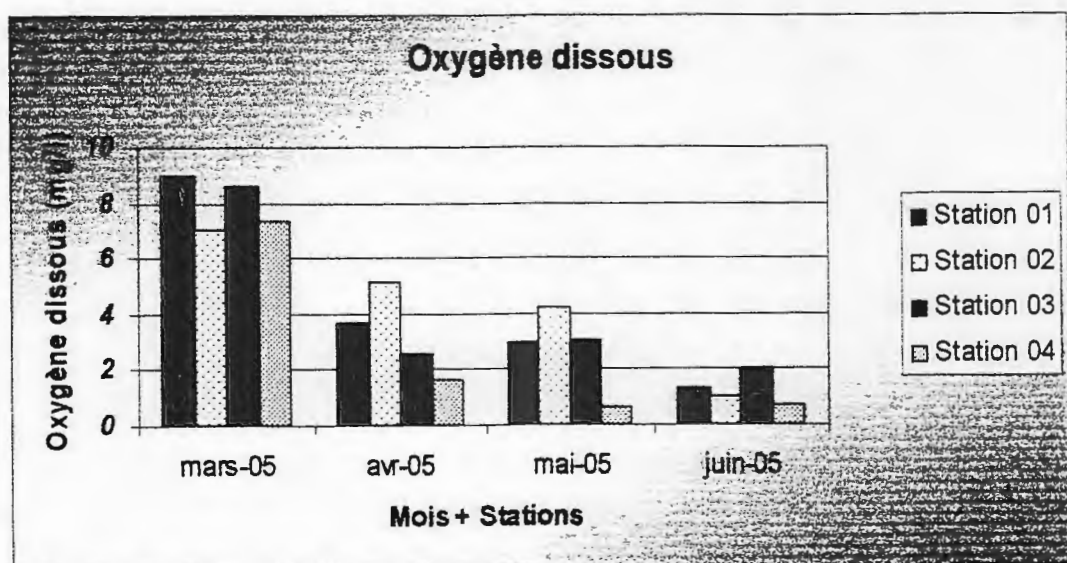
**Tableau n°08** : l'oxygène dissous dans l'eau des quatre (04) stations pendant toutes les compagnes de prélèvement.

Compagnes	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Moyenne	ECART-TYPE
10/03/2005	8,98	7,03	8,6	7,35	7,99	0,945
10/04/2005	3,65	5,14	2,6	1,65	3,26	1,496
10/05/2005	2,98	4,19	3,05	0,6	2,705	1,508
10/06/2005	1,31	1,02	2,04	0,74	1,277	0,559
<b>Moyenne</b>	<b>4,23</b>	<b>4,345</b>	<b>4,072</b>	<b>2,585</b>	<b>3,808</b>	
<b>ECART-TYPE</b>	<b>3,316</b>	<b>2,511</b>	<b>3,046</b>	<b>3,210</b>		<b>2,814</b>

L'examen du tableau n°08 permet de constater les fluctuations des valeurs de l'oxygène dissous dans l'eau semblent être plutôt temporelle que spatiale.

Ainsi la valeur maximale observée dans l'ensemble des stations durant toutes les compagnes de prélèvement est de (8.98mg/l) au niveau de la station 01 et au mois de Mars, et la valeur minimale notée est de (0.6mg/l) au niveau de la station 04 au mois de Mai.

La valeur moyenne pour l'ensemble des stations et durant toutes les compagnes de prélèvement est de l'ordre (3.808mg/l).



**Fig. 07** : l'oxygène dissous dans l'eau des quatre (04) station pendant toutes les compagnes de prélèvement.

## 1-5) Nitrates

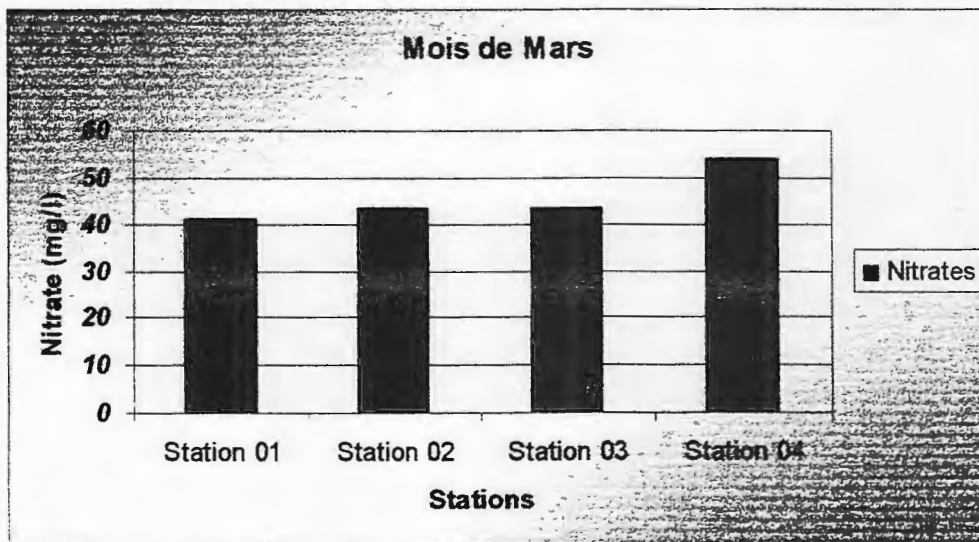
## 1-5-1) Variation en fonction des stations (spatiale)

L'examen des tableaux n°09, 10, 11 et 12, permet de constater que les valeurs de concentration en nitrates totales ne sont pas variables en générale d'une station à une autre durant toutes les campagnes de prélèvement.

**Tableau n°09** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la première campagne de prélèvement.

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECART- TYPE	MOYENNE
Nitrates	41,24	43,54	43,14	53,8	5,669	45,43

Dans la première campagne (mois de Mars), on remarque la valeur maximale au niveau de la station 04 avec (53.8mg/l), et la valeur minimale au niveau de la station 01 avec (41.24mg/l). la moyenne est de (45.43mg/l). (Tab. 09)

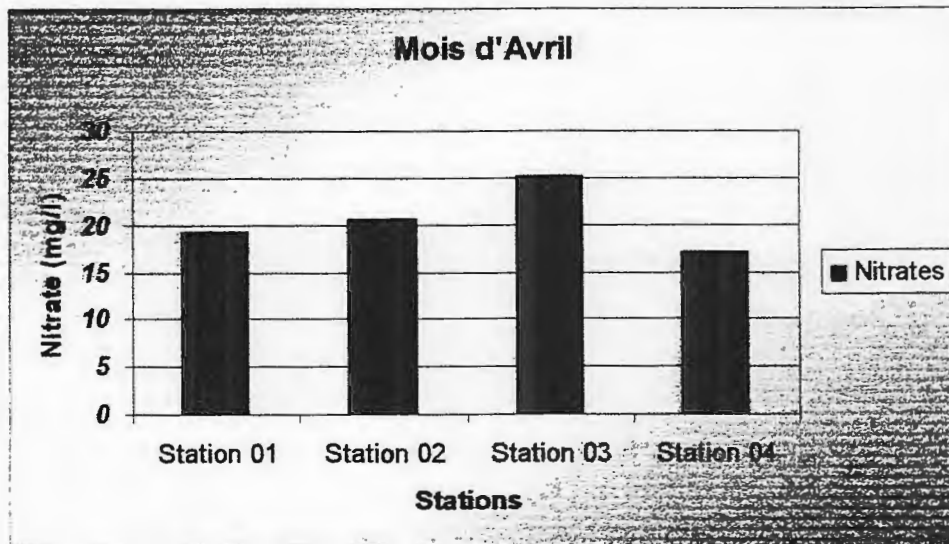


**Fig. 08** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la première campagne de prélèvement.

**Tableau n°10 : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la deuxième campagne de prélèvement.**

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECART- TYPE	MOYENNE
Nitrates	19,35	20,51	25,11	17,05	3,39	20,505

Dans la deuxième campagne (mois d'Avril), la valeur maximale prélevée est au niveau de la station 03 avec (25.11mg/l), et la valeur minimale est notée au niveau de la station 04 avec (17.05mg/l). la moyenne est de l'ordre (20.505mg/l). (Tab. 10)



**Fig. 09 : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la deuxième campagne de prélèvement.**

**Tableau n°11 : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la troisième campagne de prélèvement.**

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECART- TYPE	MOYENNE
Nitrates	53,86	79,78	56,17	54,44	12,516	61,062

Dans la troisième campagne (mois de Mai), le maximal est de (79.78mg/l) observé au niveau de la station 02, et le minimal est de (53.86mg/l) noté au niveau de la station 01. La moyenne est de (61.062mg/l). (Tab. 11)

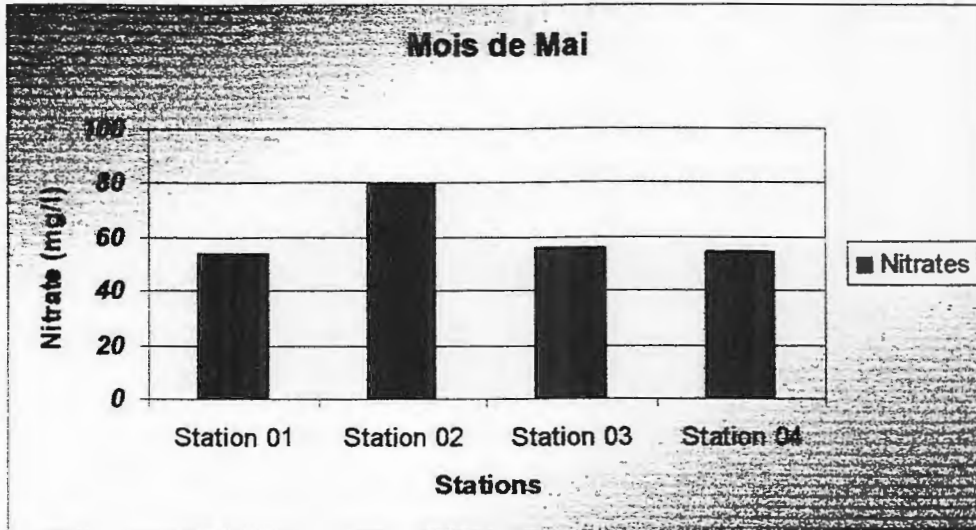


Fig. 10 : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la troisième campagne de prélèvement.

Tableau n°12 : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la quatrième campagne de prélèvement.

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECART-TYPE	MOYENNE
Nitrates	37,78	34,33	32,2	32,2	2,633	34,127

Dans la quatrième campagne (mois de Juin), la valeur maximale est observée au niveau de la station 01 avec (37.78mg/l), et la valeur minimale est notée au niveau des deux stations 03 et 04 avec (32.2mg/l). la moyenne est de (34.127mg/l). (Tab. 12)

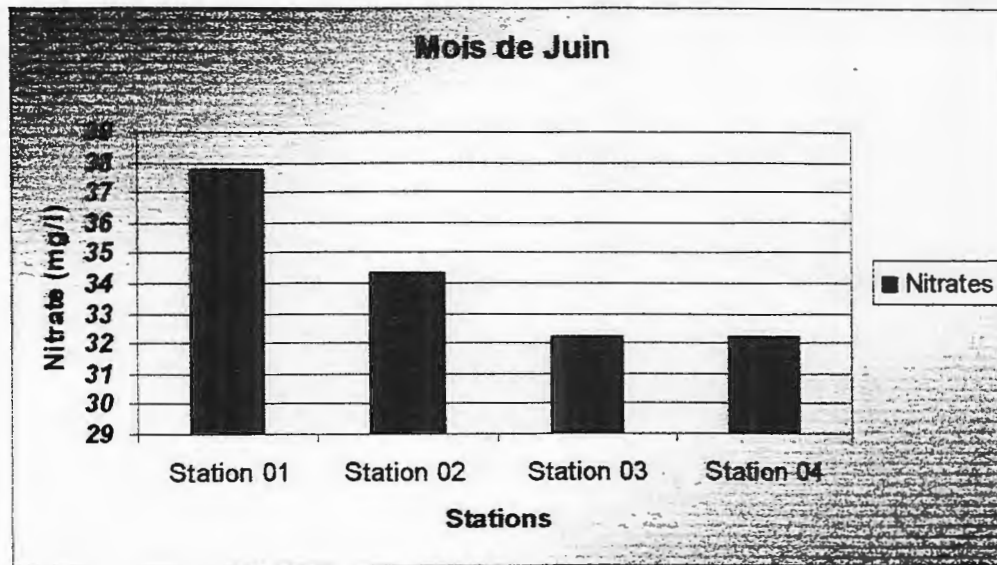


Fig. 11 : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la quatrième campagne de prélèvement.

#### 1-5-2) Variation en fonction des campagnes de prélèvement (temporelle)

L'observation des tableaux n°13, 14, 15 et 16, permet de constater que les valeurs de concentration en nitrates totales représentent des fluctuations notables d'une campagne de prélèvement à une autre dans l'ensemble des stations.

Tableau n°13 : concentration des nitrates dans l'eau de la station 01 durant toutes les campagnes de prélèvement.

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART-TYPE	MOYENNE
Nitrates	41,24	19,35	53,86	37,78	14,258	38,0575

A la première station, la valeur maximale est de (53.86mg/l) notée au niveau de la troisième campagne (mois de Mai), et la valeur minimale qui est de (19.35mg/l) est relevée au niveau de la deuxième campagne (mois de d'Avril). La moyenne est de (38.0575mg/l). (Tab. 13).

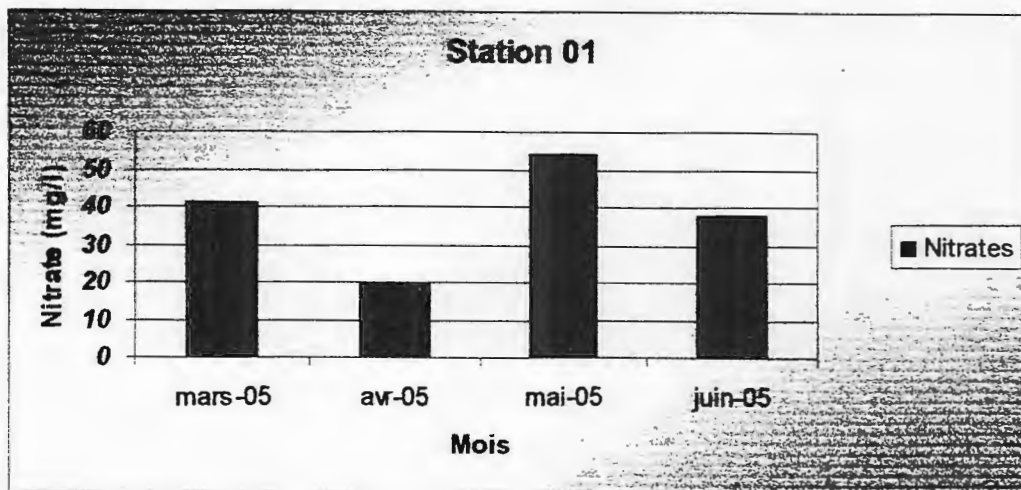


Fig. 12 : concentration des nitrates dans l'eau de la station 01 durant toutes les campagnes de prélèvement.

Tableau n°14 : concentration des nitrates dans l'eau de la station 02 durant toutes les campagnes de prélèvement.

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART-TYPE	MOYENNE
Nitrates	43,54	20,51	79,78	34,33	25,328	44,54

Dans la station 02, la valeur maximale est notée au niveau de la troisième campagne (mois de Mai) avec (79.78mg/l), et la minimale est observée au niveau de la deuxième campagne (mois d'Avril) avec (20.51mg/l). la moyenne est de (44.54mg/l). (Tab. 14)

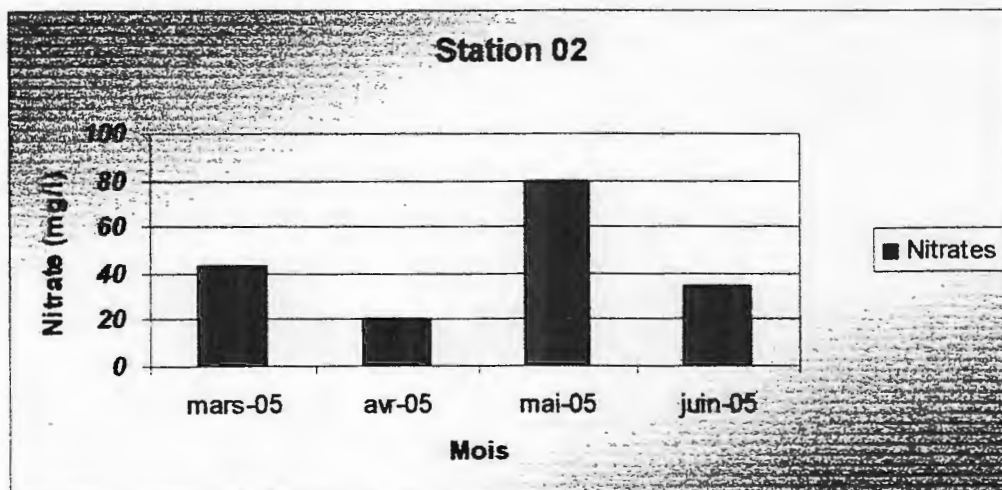
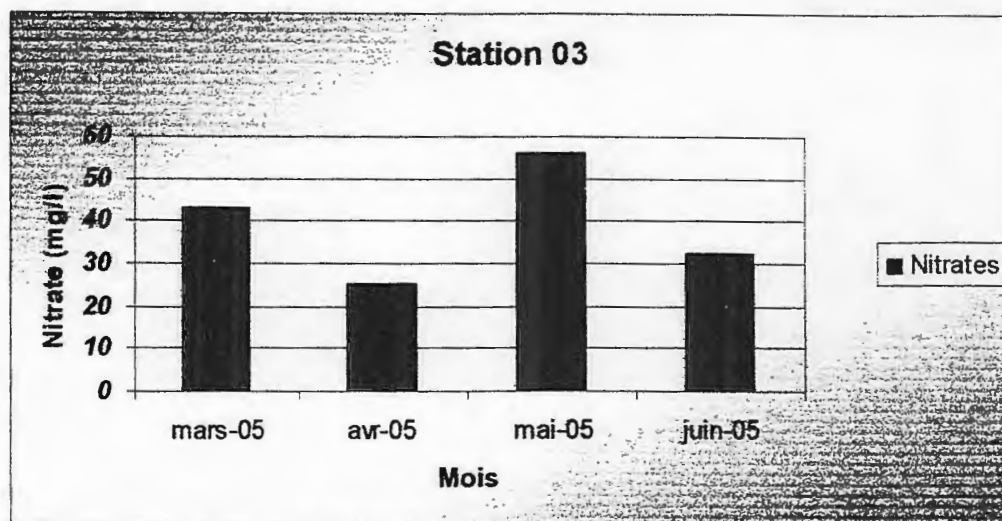


Fig. 13 : concentration des nitrates dans l'eau de la station 02 durant toutes les campagnes de prélèvement.

**Tableau n°15 :** concentration des nitrates dans l'eau de la station 03 durant toutes les campagnes de prélèvement.

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART-TYPE	MOYENNE
Nitrates	43,14	25,11	56,17	32,2	13,552	39,155

Dans la station 03, la valeur maximale est de (56.17mg/l) observée au niveau de la troisième campagne (mois de Mai), et la valeur minimale est de (25.11mg/l) notée au niveau de la deuxième campagne (mois d'Avril). La moyenne est de (39.155mg/l). (Tab. 15)



**Fig. 14 :** concentration des nitrates dans l'eau de la station 03 durant toutes les campagnes de prélèvement.

**Tableau n°16 :** concentration des nitrates dans l'eau de la station 04 durant toutes les campagnes de prélèvement.

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART-TYPE	MOYENNE
Nitrates	53,86	17,05	54,44	32,2	18,135	39,387

Dans la station 04, la valeur maximale est observée au niveau de la troisième campagne (mois de Mai) avec (54.44mg/l), et la minimale est notée au niveau de la deuxième campagne (mois d'Avril) avec (17.05mg/l). la moyenne est de (39.387mg/l). (Tab 16)



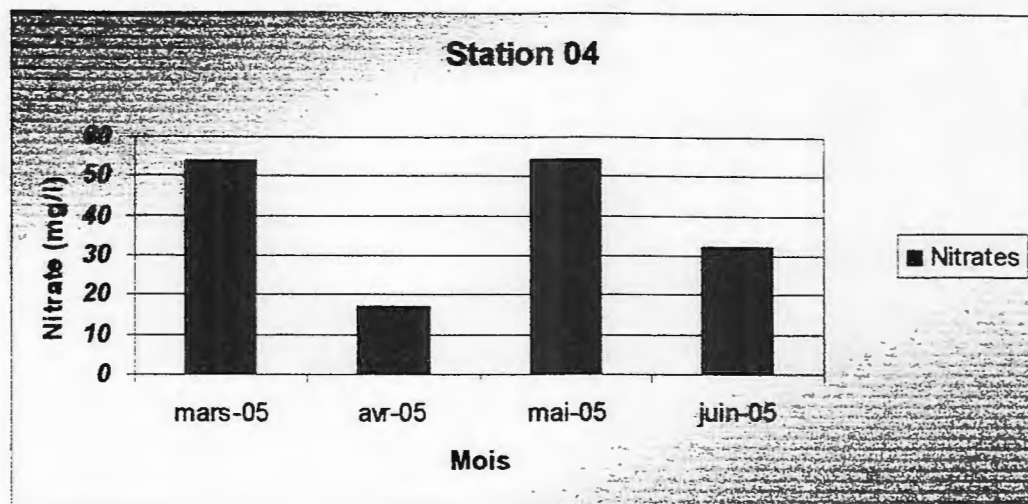


Fig. 15 : concentration des nitrates dans l'eau de la station 04 durant toutes les campagnes de prélèvement.

### 1-5-3) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle)

Par suite de l'examen du tableau n°17, on constate que les variations de la concentration des nitrates semblent être temporelle et non pas spatiale.

Tableau n°17 : les concentrations des nitrates dans les quatre (04) stations pendant toutes les campagnes de prélèvement.

Campagnes	station 01	station 02	station 03	station 04	Moyenne	ECART-TYPE
10/03/2005	41,24	43,54	43,14	53,8	45,43	5,669
10/04/2005	19,35	20,51	25,11	17,05	20,505	3,390
10/05/2005	53,86	79,78	56,17	54,44	61,062	12,516
10/06/2005	37,78	34,33	32,2	32,2	34,127	2,633
<b>Moyenne</b>	<b>38,057</b>	<b>44,54</b>	<b>39,155</b>	<b>39,372</b>	<b>40,281</b>	
<b>ECARTYPE</b>	<b>14,258</b>	<b>25,328</b>	<b>13,552</b>	<b>18,119</b>		<b>16,675</b>

La valeur maximale relevée pour l'ensemble des stations durant toutes les campagnes de prélèvement est de (79.78mg/l) dans le mois de Mai au niveau de la station 02, et la valeur minimale est de (17.05mg/l) dans le mois d'Avril au niveau de la station 04.

La moyenne pour tout l'ensemble des stations durant toutes les campagnes est de (40.28125mg/l). (Tab. 17)

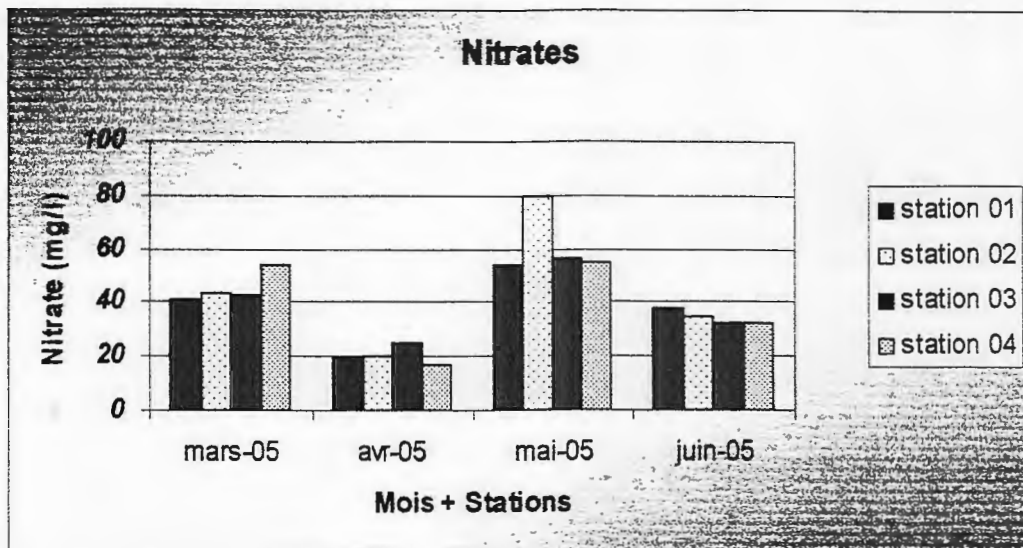


Fig. 16 : les concentrations des nitrates dans les quatre (04) pendant toutes les campagnes de prélèvement.

## 1-6) Les phosphates

### 1-6-1) Variation en fonction des stations (spatiale)

D'après les tableaux n°18, 19, 20 et 21, on constate que les valeurs des concentrations des phosphates dans l'eau en général ne varient pas trop d'une station à l'autre durant toutes les campagnes de prélèvement.

Tableau n°18 : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la Première campagne de prélèvement.

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECART-TYPE	MOYENNE
Phosphate	4,5	5,3	4,8	4,33	0,42531361	4,7325

Dans la première campagne (10/03/2005) la valeur maximale est notée au niveau de la station 02 avec (5.3mg/l), par contre, la valeur minimale est notée au niveau de la station 04 avec (4.33mg/l). La moyenne est de (4.7325mg/l). (Tab. 18)

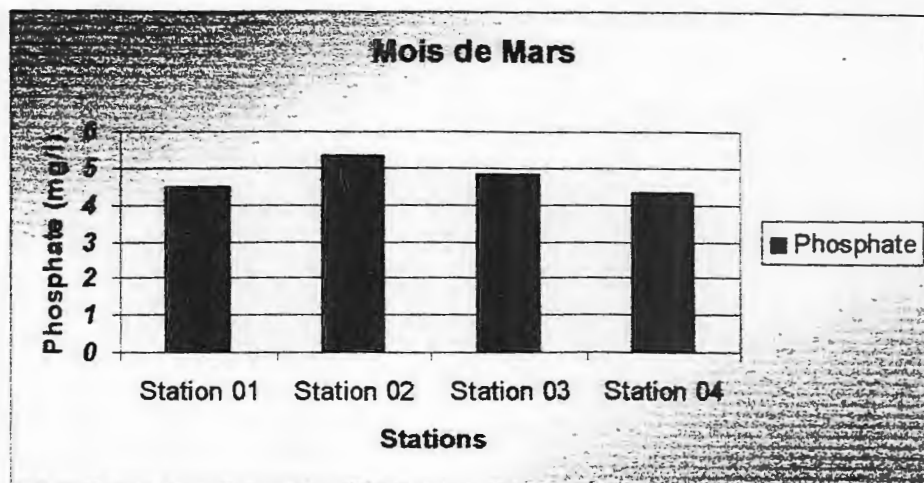


Fig. 17 : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la Première campagne de prélèvement.

Tableau n°19 : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la deuxième campagne de prélèvement.

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECART-TYPE	MOYENNE
Phosphate	4,97	6,6	5,63	4,97	0,770	5,542

Dans la deuxième campagne (10/04/2005) la valeur maximale est notée au niveau de la station 02 avec (6.6mg/l), quand à la valeur minimale elle est notée au niveau de la station 01 et 04 avec (4.97mg/l). La moyenne est de (5.542mg/l). (Tab. 19)

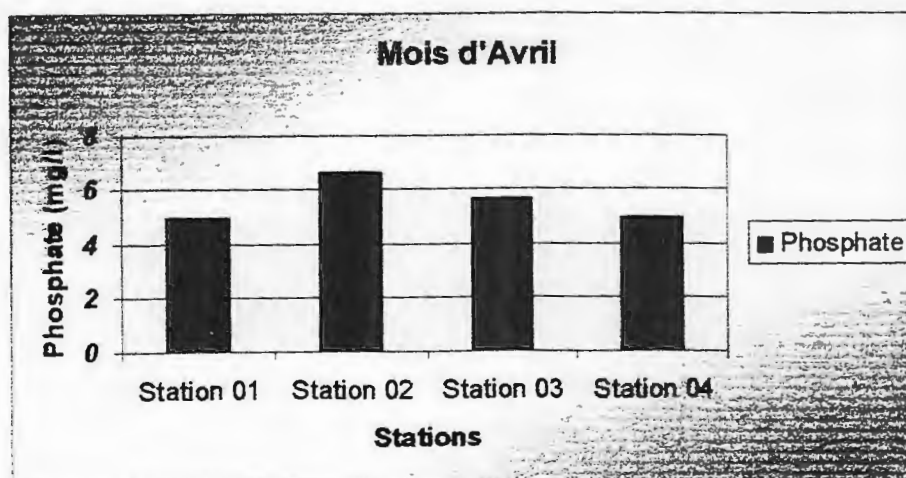
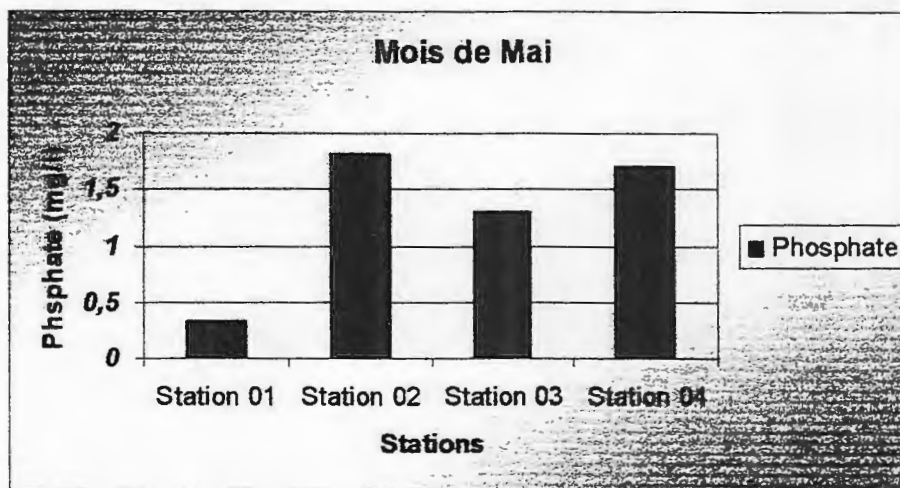


Fig. 18 : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la deuxième campagne de prélèvement.

**Tableau n°20** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la troisième campagne de prélèvement.

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECART- TYPE	MOYENNE
Phosphate	0,33	1,81	1,3	1,7	0,673	1,285

Dans la troisième campagne (10/05/2005), la valeur maximale est observée au niveau de la station 02 avec (1.81mg/l), et la valeur minimale quand à elle est observée au niveau de la station 01 avec (0.33mg/l). La moyenne est de (1.285mg/l). (Tab. 20)



**Fig. 19** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la troisième campagne de prélèvement.

**Tableau n°21** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la quatrième campagne de prélèvement.

	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	ECARTYPE	MOYENNE
Phosphate	20,94	4,61	4,71	4,71	8,131	8,742

Durant la quatrième campagne (10/06/2005), la valeur maximale est notée au niveau de la station 01 avec (20.94mg/l), par contre, la valeur minimale est notée au niveau de la station 02 (4.61mg/l). La moyenne est de (8.742mg/l). (Tab. 21)

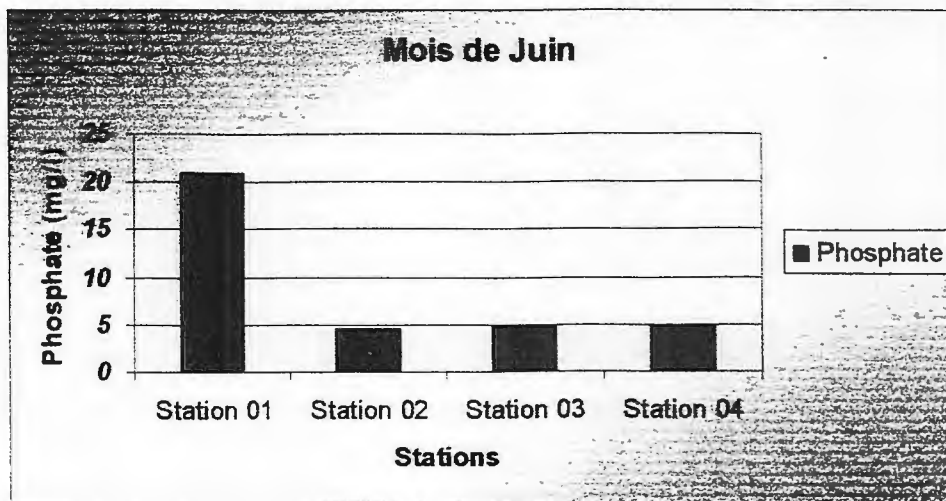


Fig. 20 : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la quatrième campagne de prélèvement.

#### 1-6-2) Variation en fonction des campagnes (temporelle)

On consultant les tableaux n°22, 23, 24 et 25, il est remarquable que les concentrations en phosphates dans l'eau, semblent être plus ou moins variable d'une campagne de prélèvement à une autre au niveau des quatre (04) stations.

Tableau n°22 : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 01

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART- TYPE	MOYENNE
Phosphate	4,5	4,97	0,33	20,94	9,079	7,685

Dans la première station, on note la valeur maximale à la quatrième campagne (mois de Juin) avec (20.94mg/l), par contre, la valeur minimale est notée à la troisième campagne (mois de Mai) avec (0.33mg/l). La moyenne est de (7.685mg/l). (Tab. 22)

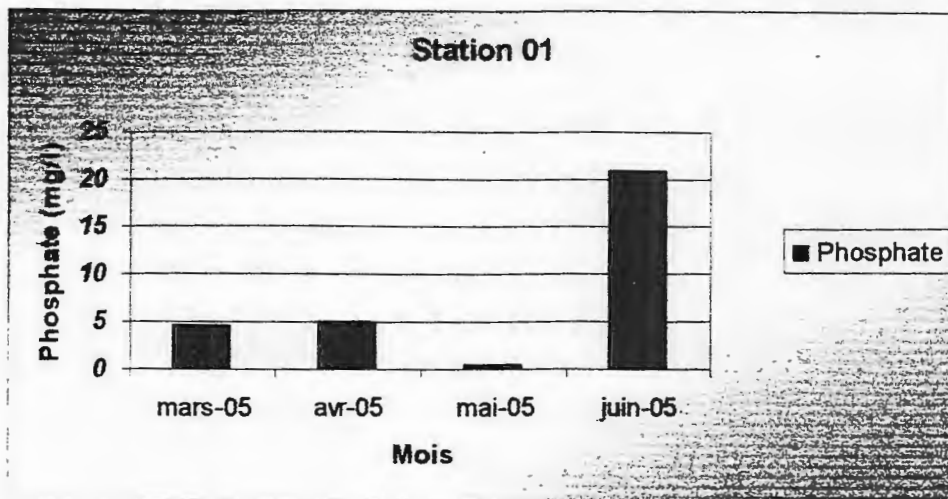


Fig. 21 : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) compagne de prélèvement à la station 01

Tableau n°23 : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) compagne de prélèvement à la station 02

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART-TYPE	MOYENNE
Phosphate	5,3	6,6	1,81	4,61	2,022	4,58

Dans la deuxième station, on observe la valeur maximale à la deuxième compagne (mois de d'Avril) avec (6.6mg/l), et la valeur minimale est notée dans la troisième compagne (mois de Mai) avec (1.81mg/l). La moyenne est de (4.58mg/l). (Tab. 23)

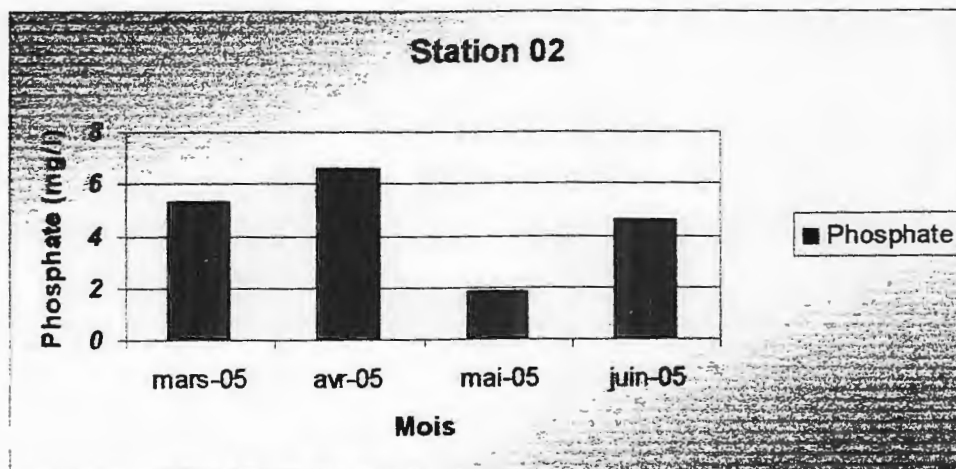
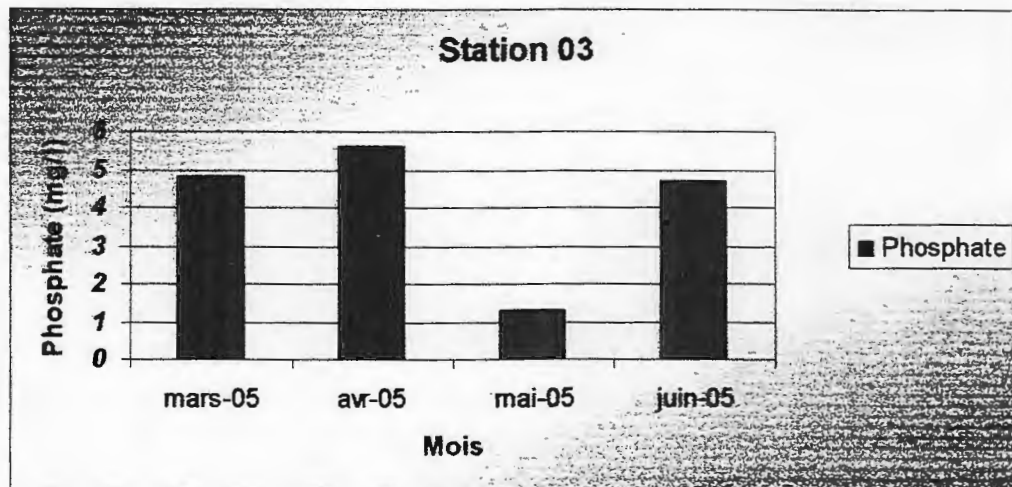


Fig. 22 : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) compagne de prélèvement à la station 02

**Tableau n°24** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 03

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART- TYPE	MOYENNE
Phosphate	4,8	5,63	1,3	4,71	1,918	4,11

Dans la troisième station, on a relevé la valeur maximale à la deuxième campagne (mois d'Avril) avec (5.63mg/l), et la valeur minimale est notée dans la troisième campagne (mois de Mai) avec (1.3mg/l). La moyenne est de (4.11mg/l). (Tab.24)



**Fig. 23** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 03

**Tableau n°25** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 04

	10/03/2005	10/04/2005	10/05/2005	10/06/2005	ECART- TYPE	MOYENNE
Phosphate	4,33	4,97	1,7	4,71	1,508	3,927

Dans la quatrième station, on observe la valeur maximale à la deuxième campagne (mois d'Avril) avec (4.97mg/l), quand à la valeur minimale elle est observée à la troisième campagne (mois de Mai) avec (1.7mg/l). La moyenne est de (3.9275mg/l). (Tab. 25)

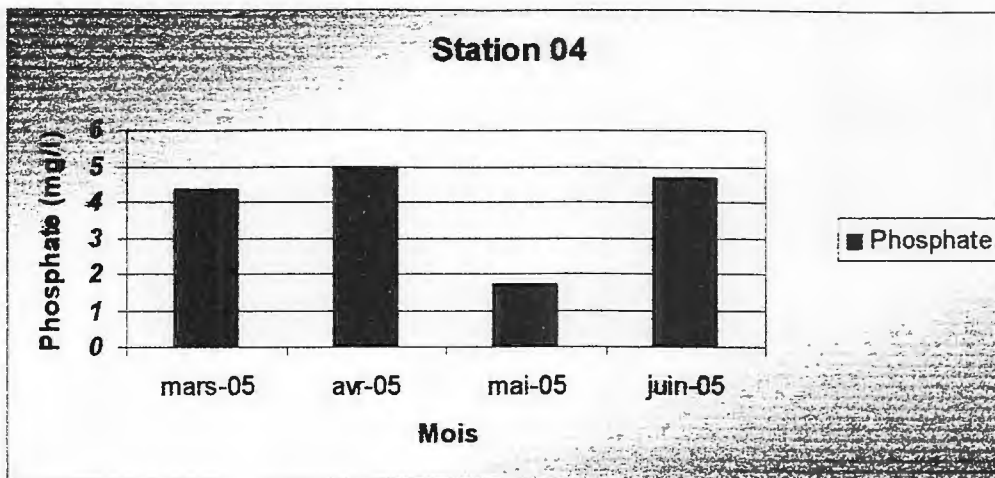


Fig. 24 : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 04

### 1-6-3) Variation en fonction des stations et des campagnes (spatio-temporelle)

L'examen du tableau n°26, qui est une synthèse entre les variations des concentrations des phosphates dans l'eau en fonction des stations et des campagnes de prélèvement, montre que les fluctuations sont en générale temporelle.

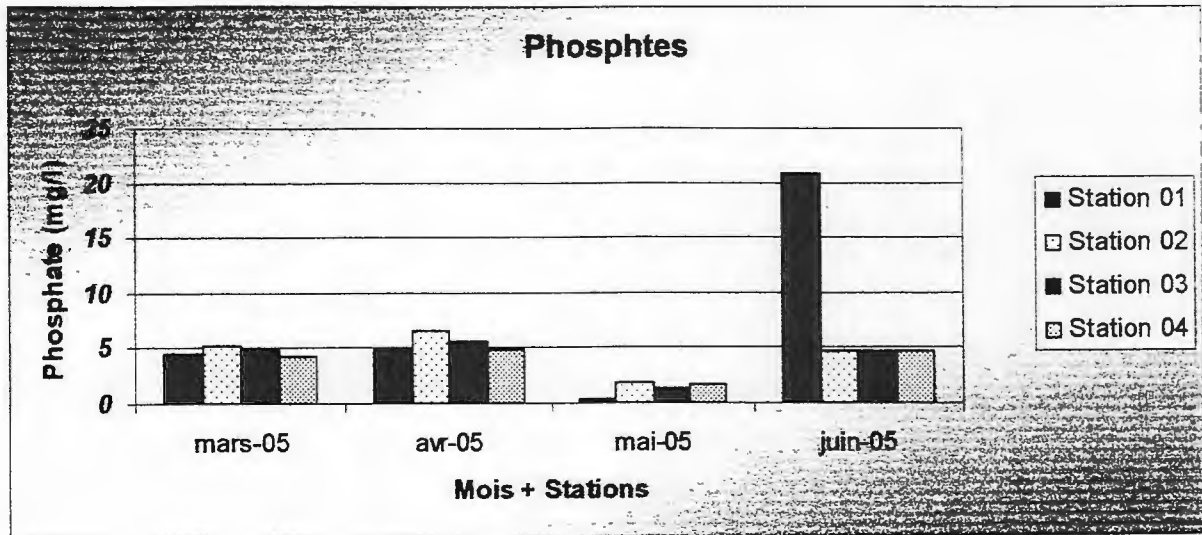
Tableau n°26 : les concentrations des phosphates dans les quatre (04) stations pendant toutes les campagnes de prélèvement.

Compagnes	Station 01	Station 02	Station 03	Station 04	Moyenne	ECART-TYPE
10/03/2005	4,5	5,3	4,8	4,33	4,7325	0,42531361
10/04/2005	4,97	6,6	5,63	4,97	5,5425	0,77060042
10/05/2005	0,33	1,81	1,3	1,7	1,285	0,67332508
10/06/2005	20,94	4,61	4,71	4,71	8,7425	8,13180331
<b>Moyenne</b>	<b>7,685</b>	<b>4,58</b>	<b>4,11</b>	<b>3,9275</b>	<b>5,075625</b>	
<b>ECART-TYPE</b>	<b>9,07939976</b>	<b>2,0225891</b>	<b>1,91855849</b>	<b>1,50807548</b>		<b>4,58013823</b>



La valeur maximale relevée pour l'ensemble des stations durant toutes les campagnes de prélèvement est de (20.94mg/l) au mois de Juin à la station 01, quand à la valeur minimale est de (0.33mg/l) au mois de Mai à la station 01.

La moyenne pour l'ensemble des stations pendant toutes les campagnes de prélèvement est de l'ordre (5.075mg/l).



**Fig. 25 :** les concentrations des phosphates dans les quatre (04) stations pendant toutes les campagnes de prélèvement.



# *Discussion*

## 1) Température

La température de l'eau [°C] est un paramètre d'une grande utilité pour le diagnostic hydrogéologique. Elle est nécessaire pour déterminer les équilibres chimiques entre les diverses espèces en présence (ions, molécules non dissociées, gaz, solides). On peut en déduire des informations sur le temps de résidence de l'eau dans l'aquifère, son origine et la présence d'éventuelles pollutions ou influences humaines. Habituellement, on mesure également la température de l'air (ou mieux encore, on donne une indication de la température moyenne du jour de mesure) qui permet de vérifier après coup les conditions climatiques dans lesquelles l'échantillonnage s'est déroulé et d'expliquer d'éventuelles anomalies dans les résultats.

Les résultats obtenus durant la première campagne de prélèvement (mois de Mars) dans les quatre stations, permettent de constater une faible fluctuation des valeurs de la température de l'eau dans l'espace (d'une station à une autre), ceci est confirmé par l'écart type faible (écart-type=0.6244998°C) (moyenne = 16.65°C). Et c'est le cas pour toutes les autres campagnes de prélèvement. Il atteint le maximum au niveau de la deuxième campagne (mois d'Avril) avec (2,72931615°C) (moyenne=20.07°C), et le minimum au niveau de la première campagne citée précédemment. Dans l'ensemble des moyennes spatiales, les valeurs de la température de l'eau semblent être dans les normes (moins de 22°C). (seuil supérieur de la classe de bonne qualité définis par les grilles métropolitaines du RNDE, 1994).(annexe)

Pour les valeurs obtenus dans la première station pendant toutes les campagnes de prélèvement, on remarque, par contre, des variations plus considérables en passant d'une campagne à une autre avec un écart-type élevé égale à (4.91350181°C) (moyenne=20.52°C), ce dernier prend le maximum au niveau de la station 01, et le minimum au niveau de la station 03 avec (3.48807492°C) (moyenne=20.5°C). Dans les résultats des moyennes temporelles, la totalité des valeurs de la température de l'eau sont dans les normes (moins de 22°C).

Donc, en général, la température de l'eau du lac EL KENNAR varie temporellement, et répond aux normes de la classe de bonne qualité (moins de 22°C) pour l'ensemble des moyennes spatiales et temporelles observées. L'eau se réchauffe naturellement de Mars à Juin.

## 2) Le pH

Le pH caractérise l'acidité ou la basicité d'une solution aqueuse ( $\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$  étant exprimé en moles par litre). Il s'agit d'un paramètre capital pour le calcul des équilibres thermodynamiques, mais délicat à mesurer et sensible à de nombreux phénomènes comme les variations de température, le dégazage, l'oxydation, la précipitation de composés insolubles, etc. Si le pH n'est pas mesuré au moment du prélèvement et sur le site même de l'émergence, la valeur obtenue ultérieurement en laboratoire risque de perdre en signification.

Le pH de l'eau de notre étude pendant la première campagne dans l'ensemble des stations représente une faible voir une très faible variation dans ces valeurs (écart-type=0.11898879) (moyenne=7.58), c'est pareil pour toutes les autres campagnes, il présente la valeur maximale au niveau de la deuxième campagne (0.30706948) (moyenne=6.68), et la valeur minimale au niveau de la quatrième campagne (0.10614456). et on constatant les valeurs du pH des moyennes spatiales on remarque qu'il sont dans les normes (5.5-8.5) (journal officiel de la république Algérienne n°46, 1993).

Concernant les valeurs du pH de la première station durant toutes les campagnes de prélèvement, on note des petites fluctuations avec un écart-type (0.76791384) (moyenne=6.74), ce dernier atteint le maximum au niveau de la station 03 avec (0.92999525) (moyenne=6.42), et le minimum au niveau de la station 04 avec (0.71967585) (moyenne=6.38). Et pour l'ensemble des moyennes temporelles du pH, on note qu'ils varient dans les normes (5.5-8.5).

On ce basant sur l'ensemble des moyennes du pH spatiales et temporelles, on peut dire que l'eau du lac EL KENNAR est presque neutre et ne présente pas des variations considérables que se soit spatiale ou temporelle, et que ces valeurs sont des les normes (5.5-8.5).

## 3) Conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique [ $\mu\text{S}/\text{cm}$  à une température de référence] permet d'évaluer la minéralisation globale d'une eau du fait que les ions présents rendent celle-ci électriquement conductrice. La minéralisation globale [ $\text{mg}/\text{l}$ ] d'une eau est approximativement égale à sa conductivité électrique [ $\mu\text{S}/\text{cm}$  à 25 °C] fois A, avec A compris entre 0.55 et 0.75 pour la plupart des eaux souterraines naturelles (Freeze et Cherry, 1979 ; Matthes, 1972). La conductivité dépend de la température et doit toujours être corrigée par rapport à une température de référence. Le standard international est 25 °C.

Pour ce qui concerne les résultats notés dans la première campagne au niveau des quatre stations, il est évident que les valeurs de la conductivité électrique sont plus ou moins variables, avec un écart-type de (183.650029 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (moyenne=596 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), ce dernier atteint la valeur

maximale dans la deuxième campagne avec (278.179049 $\mu$ S/cm) (moyenne=597.25 $\mu$ S/cm), et la valeur minimale dans la quatrième campagne avec (162.434346 $\mu$ S/cm) (moyenne=344.75 $\mu$ Scm). Ces résultats reflètent une minéralisation qui semble être dans les normes (moins de 750 $\mu$ S/cm) (seuils supérieurs de la classe de bonne qualité définis par les grilles métropolitaines du RNDE, 1994).(annexe)

A la première station et pendant toutes les campagnes de prélèvement, les valeurs de la conductivité sont aussi plus ou moins variables avec un écart-type de (109.267256 $\mu$ S/cm) (moyenne=390 $\mu$ S/cm), l'écart-type est maximal dans la station 02 avec (266.027568 $\mu$ S/cm) (moyenne=740 $\mu$ S/cm), et est minimal à la première station. Donc une minéralisation tout à fait dans les normes (moins de 750 $\mu$ S/cm).

Alors on peut en déduire à partir des résultats précédents et <sup>ou</sup> en considérant les valeurs moyennes, que la conductivité électrique de l'eau du lac EL KENNAR ne dépassent pas les normes (moins de 750 $\mu$ S/cm) pour l'ensemble des variations spatiales et temporelles, à part le cas de la station 02 qui atteint la valeur de (950 $\mu$ S/cm) durant les deux mois de d'Avril et de Mai, ainsi que la station 03 qui atteint au mois de Mars la valeur de (825 $\mu$ S/cm), ce qui est possiblement due à l'augmentation des ions à cause de l'activité microbienne pendant la campagne de prélèvement

#### 4) Oxygène dissous

La mesure de l'oxygène dissous [mg/l ou % saturation] est importante car elle permet de fournir des informations concernant la dégradation de substances organiques (réactions biochimiques), la provenance de l'eau, la mobilisation potentielle de certains métaux, etc.

A la première campagne de prélèvement dans l'ensemble des stations, la variation des concentrations en oxygène dissous ne sont pas remarquable avec un écart-type réduit (0.94576248mg/l) (moyenne=7.99mg/l), la variation entre les stations atteint le maximum au mois de Mai avec (1.50896212mg/l) (moyenne=2.70mg/l), par ailleurs, le minimal est observé au niveau de la première station cité précédemment. A part le cas de la première campagne, tout les autres ne répondent pas aux normes (plus de 5mg/l) (seuils supérieurs de la classe de bonne qualité définis par les grilles métropolitaines du RNDE, 1994). (annexe)

Dans la première station durant toutes les campagnes les valeurs de l'oxygène dissous varie d'une manière brutale et décroissante avec un écart-type de (3.31601166mg/l) (moyenne=4.23mg/l) et il représente aussi le maximum des fluctuations temporelles, par contre, le minimum est au niveau de la station 02 avec un écart-type de (2.51136749mg/l) (moyenne=4.34mg/l). Ce qui représente des petites insuffisances par rapport aux normes (plus de 5mg/l).

Donc, on peut conclure que le taux d'oxygène dissous observé dans la quasi-totalité des valeurs moyennes (dans l'espace et dans le temps) représente une teneur inférieure aux normes (5mg/l). Ce qui peut être traduit soit par une activité biologique importante dans l'eau qui consomme de l'oxygène, soit par une insuffisance de l'activité photosynthétique des plantes aquatiques malgré la longueur du jour en passant de Mars à Juin, et vue aussi l'inexistence de contacts avec d'autre source hydrologique mieux oxygénée sauf en période hivernal (la rivière qui alimente le lac est asséché).

### **5) Les nitrates**

La présence d'ammonium dans les eaux souterraines résulte à une contamination de surface liée essentiellement aux rejets d'effluents domestiques et industriels ou un phénomène de réduction naturelle des nitrates. En nappes libres, les cas critiques correspondent aux eaux de captages situés en plaine alluviale à proximité de zones urbaines et industrielles, et dont la qualité est tributaire de celle de la rivière. Dans les nappes captives, la présence d'azote ammoniacal est le résultat de la réduction des nitrates par des bactéries ou par les ions ferreux présents dans ce type de nappe. L'ammonium présent dans les nappes à régime libre sont généralement issus de la dégradation incomplète de la matière organique : c'est un marqueur de pollution organique et de contamination microbiologique.

A la première campagne (Mars) dans l'ensemble des stations, la variation des concentrations en nitrates ne représente pas de grandes fluctuations avec un écart-type de (5.66948557mg/l) (moyenne=45.43mg/l), la variation des concentrations interstationnaires prend le maximum avec un écart-type considérable de (12.5168536mg/l) (moyenne=61.06mg/l) au niveau de la troisième campagne (Mai), et un minimum avec (2.6338992mg/l) (moyenne=34.12mg/l) au niveau de la quatrième campagne (Juin). Des résultats qui dépassent les normes (moins de 25mg/l) (seuils supérieurs de la classe de bonne qualité définis par les grilles métropolitaines du RNDE, 1994). (annexe)

Et dans la première station pendant toutes les campagnes, les valeurs de concentrations en nitrates prennent un écart-type assez élevé avec (14.258271mg/l) (moyenne=38.05mg/l). l'écart-type maximal est noté au niveau de la station 02 avec (25.3281306mg/l) (moyenne=44.54mg/l), et le minimal au niveau de la station 03 avec (13.5526689mg/l) (moyenne=39.15mg/l). Donc des concentrations aussi dépassés d'une station à une autre.

Une conclusion avec des concentrations moyennes en nitrates dans les deux axes étudiés (spatial et temporel) qui ont dépassées les normes dans la totalité (moins de 25mg/l). Les serres qui entour le lac, la proximité de l'agglomération du village de FAZA, la proximité de quelques unités

d'élevage et le versant occupé par des terres agricoles, tous ces derniers peuvent nous fournir une explication de ces concentrations excessives.

## **6) Phosphates**

Pour l'interprétation des résultats, on constate que pour la première campagne et dans l'ensemble des stations, les variations de concentration en phosphates ne présentent pas de grand changement avec un écart-type de (0.42531361mg/l) (moyenne=4.73mg/l). ces changements interstationnaires prennent le minimum au niveau de la première campagne précédemment cité, et le maximum au niveau de la quatrième campagne avec un écart-type de (8.13180331mg/l) (moyenne=8.74mg/l). Donc dans l'ensemble des moyennes spatiales, les concentrations sont plus élevées que les normes (moins de 0.5mg/l) (seuils supérieurs de la classe de bonne qualité définis par les grilles métropolitaines du RNDE, 1994). (Annexe)

Au niveau de la première station durant toutes les campagnes les teneurs en phosphates totales semblent être plus ou moins variable d'une campagne à une autre avec un écart-type égale à (9.07939976mg/l) (moyenne=7.68mg/l), et ce représente le maximum dans les variations temporelles, le minimum est noté au niveau de la station 04 avec (1.50807548mg/l) (moyenne=3.92mg/l). Dans l'ensemble des moyennes temporelles on remarque que les concentrations en phosphate total dépassent aussi les normes (moins de 0.5mg/l).

En conclusion, les teneurs notées en phosphates dans la majorité des moyennes (spatiales et temporelles) ne conviennent pas au normes des eaux globalement de bonne qualité (moins de 0.5mg/l), ils représente des concentrations nettement plus élevées, chose relative vraisemblablement aux alentours du lac qui sont composés essentiellement de terres agricoles et de serres.

## Conclusion générale

La présente étude est consacrée à l'évaluation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique, particulièrement la teneur des nitrates et phosphates dans les eaux du lac EL KENNAR, pour cela, quatre campagnes de prélèvement ont été réalisées (Mars, Avril, Mai et Juin) sur quatre stations autour du lac.

La qualité générale des eaux du lac semble être peu altérée, vu les résultats obtenus au cours de notre étude.

Ainsi le pH relevé sur les quatre stations et pendant les quatre campagnes de prélèvement a généralement tendance à être neutre.

L'oxygène dissous présente des variations temporelles qui sont inférieure<sup>u</sup> aux normes.

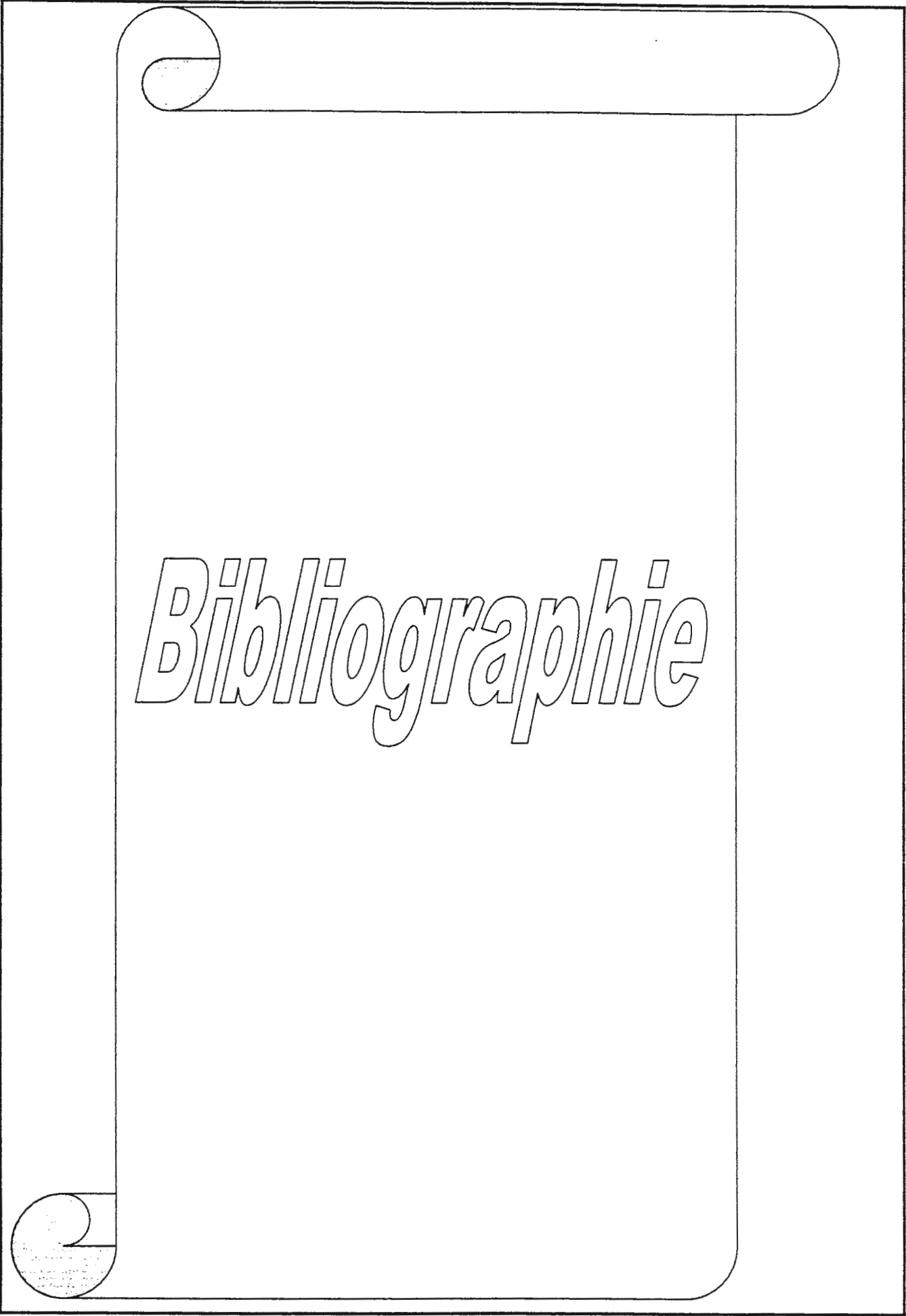
La conductivité électrique représente des variations plus ou moins croissantes et qui semble être dans les normes à part le cas des deux stations 02 et 03.

La température de l'eau présente des variations temporelles qui sont tout à fait dans les normes.

Enfin les nitrates et les phosphates présentent des teneurs variables dans le temps et dans l'espace qui sont supérieur<sup>u</sup> aux normes et qui reflètent l'effet des exploitations agricoles limitrophes du lac.

A partir des résultats obtenus, nous pouvons donc conclure que le lac d'EL KENNAR qui est un site préféré pour un nombre important d'oiseaux migrateur, mérite d'être protégé~~X~~ contre toute sorte de pollution, particulièrement les éléments fertilisants provenant de l'activité agricole approximative qui peuvent engendrés de problème d'eutrophisation du milieu, et une dégradation de la qualité écologique globale du lac.





# *Bibliographie*

Références bibliographiques :

1. **Anonyme : (convention RAMSAR, 1982).**
2. **Anonyme : (UNESCO/MAR, 1973).**
3. **Baden S. P., Loo L. O., Pihl L., Rosenberg R. (1990):** Effects of eutrophication on benthic communities including fish: Swedish west coast. *Ambio* 19 (3), 113-122.
4. **BARNAUD (2000) :** Nappes superficielles et hydrologie des zones humides de fond de vallées. (article : Chapitre introductif)
5. **BEAUPOLI et BORNENS (1997) :** Oxygène dissous et toxicité de l'ammoniaque en zones estuariennes : seuils d'acceptabilité. *Station de Biol. Mar. (Concarneau)*. Ed. Agence de l'Eau Loire-Bretagne. 48 p.
6. **BRICKER et al (1990) :** NOAA'S Estuarine Eutrophication Servey. Document.
7. **CEMAGREF et IARE, 1994.**
8. **Diaz R. J., Rosenberg R., Ansell A. D., Gibson R. N., Barnes M. (1995):** Marine benthic hypoxia : a review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 33, 245-303.
9. **Dictionnaire technique de l'eau et des questions connexes : (ed. Guy le Prat, Paris, 1968)**
10. **DUARTE (1995):** Submerged aquatic vegetation in relation to different nutrient regimes. *Ophelia* 41: 87-112.
11. **DURANT, GASCUEL\_ODOUX, KAO et MEROT (2000) :** Nappes superficielles et hydrologie des zones humides de fond de vallées. (article : Chapitre introductif)
12. **ERM, 2000 ; SWEDISH EPA, (2000) :** Rapport.
13. **FALLESEN G., Andersen F., Larsen B. (2000):** Life, death and revival of the hypertrophic Mariager Fjord, Denmark. *J. Mar. Syst.* 25, 313-321.
14. **Freeze, R.A. & Cherry, J.A. (1979):** Groundwater. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 604 pp.

15. **FRILIGOS, (1985):** Compensation effect of phytoplankton on nutrients from a sewage outfall in summer. *Hydrobiologia*, 126 (1) pp 53-58.
16. **GENOVESE (1973):** Eutrophisation : récentes orientations pour de nouvelles perspectives. *Revue Internationale d'Océanographie Médicale*, 29, 53-61.
17. **GOTSIS-SKRETAS and FRILIGOS et al, (1997):** Contribution to eutrophication and phytoplankton ecology in the Thermaikos Gulf. *Thalassographica* 13 (supp. 1) pp 1-12.
18. **Hakanson L. (1994):** A review of effect-dose sensitivity models for aquatic ecosystems. *Internationale Revue der Cesamten Hydrobiologie* 79, 621-667.
19. **Howell P., Simpson D. (1994):** Abundance of marine resources in relation to dissolved oxygen in Long Island Sound. *Estuaries* 17 (2), 394-402.
20. **JEFFREY A. Mc Neely :** revue planète conservation n°1/2003.
21. **journal officiel de la république Algérienne n°46, (1993).**
22. **Matthess, G. (1972) :** Die Beschaffenheit des Grundwassers. *Lehrbuch der Hydrogeologie*, Bd 2. Gebr. Borntraeger, Berlin / Stuttgart.
  
23. **MEROT et DURAND :** Nappes superficielles et hydrologie des zones humides de fond de vallées. (article : Chapitre introductif)
24. **Office fédéral de l'environnement, des forets et du paysage, OFEFP. Bern (2003) :** Rapport.
25. **OSPAR, (1997):** Quantitative and Qualitative assessment parameters for the Comprehensive procedure N° 97/15/1.
26. **P. e ARMSTRONG, (2000) :** Nappes superficielles et hydrologie des zones humides de fond de vallées. (article : Chapitre introductif)
27. **P. e HAYCOCK et al (1997), PINAY et al (2000) :** Nappes superficielles et hydrologie des zones humides de fond de vallées. (article : Chapitre introductif)
28. **PIHL L., Baden S. P., Diaz R. J., Schaffner L. C. (1992):** Hypoxia-induced structural changes in the diet of bottom-feeding fish and crustacea. *Marine Biology* 112, 349-361.
29. **REBECCA THARME :** revue planète conservation n° 1/2003.

30. **RICHARDSON et HEILMANN (1995):** Primary production in the Kattegat: past and present. *Ophelia* 41, 317-328.
31. **RODEN et TUTTLE, (1992):** Sulfide release from estuarine sediment underlying anoxic bottom water. *Limnol. Oceanogr.* 37, 725-738.
32. **RODIER, J., 1996.** analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8<sup>ème</sup> édition. Dunod.
33. **ROSENBERG R., Cato I., Foerlin L., Grip K., Rodhe J. (1996):** Marine environment quality assessment of the Skagerrak-Kattegat. *J. Sea Res.* 35 (1-3), 1-8.
34. **SAMRAOUI B. et de BELAIR G.** *Revue des sciences et technologies.* Publication de l'université de ANNABA. (n°4, Décembre 1998).
35. **SCHAFFNER L. C., Jonsson P., Diaz R. J., Rosenberg R., Gapcynski, P. (1992):** Benthic communities and bioturbation history of estuarine and coastal systems: Effects of hypoxia and anoxia. *In Marine Coastal Eutrophication*, Vollandweider R. A., Marchetti R. and Viviani R., eds., pp. 1001-1016.
36. **SCHRAMM (1996).** Marine benthic vegetation - Recent changes and the effects of eutrophication (Schramm W., Nienhuis P.H., eds). *Conclusions. Ecological Studies*, 123: 449-458.
37. **SKINNER J. et ZALEWSKI S. (1995) :** **Nappes** superficielles et hydrologie des zones humides de fond de vallées. (article : Chapitre introductif)
38. **VOGT et SCHRAMM, (1991):** Conspicuous decline of *Fucus* in Kiel Bay (Western Baltic): what are the causes? *Marine Ecology Progress Series*, 69:189-194.

**Web graphie :**

- ✓ [www.carteleau.org](http://www.carteleau.org)
- ✓ [www.afnor.fr](http://www.afnor.fr)
- ✓ [www.inra.fr](http://www.inra.fr)
- ✓ [www.iwmi.cgiar.org/](http://www.iwmi.cgiar.org/)
- ✓ [www.environnement.gouv.fr](http://www.environnement.gouv.fr)



*Annexe*

## Liste des tableaux

- ✓ **Tableau n° 01** : nombre d'espèces faunistique par taxon des zones humides de  
la Numidie orientale.
- ✓ **Tableau n° 02** : taxa faunistique rares des zones humides de la Numidie orientale.
- ✓ **Tableau n°03** : seuils en oxygène dissous utilisés par divers pays Européens.
- ✓ **Tableau n°04** : Valeurs maximum de densité cellulaires considérées comme sans effet.
- ✓ **Tableau n°05** : les températures de l'eau des quatre (04) stations pendant les quatre  
compagnes de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°06** : le pH de l'eau des quatre (04) stations pendant les quatre  
compagnes de prélèvement
- ✓ **Tableau n°07** : la conductivité électrique des quatre (04) stations pendant les quatres  
compagnes de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°08** : l'oxygène dissous des quatre (04) stations pendant les quatre  
compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°09** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la  
première compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°10** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la  
deuxième compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°11** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la  
troisième compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°12** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la  
quatrième compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°13** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 01 durant toutes les  
compagnes de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°14** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 02 durant toutes les  
compagnes de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°15** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 03 durant toutes les  
compagnes de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°16** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 04 durant toutes les

compagnes de prélèvement.

- ✓ **Tableau n°17** : les concentrations des nitrates dans les quatre (04) stations pendant toutes les compagnes de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°18** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la Première compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°19** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la deuxième compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°20** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la troisième compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°21** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la quatrième compagne de prélèvement.
- ✓ **Tableau n°22** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) compagne de prélèvement à la station 01
- ✓ **Tableau n°23** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) compagne de prélèvement à la station 02
- ✓ **Tableau n°24** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) compagne de prélèvement à la station 03
- ✓ **Tableau n°25** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) compagne de prélèvement à la station 04
- ✓ **Tableau n°26** : les concentrations des phosphates dans les quatre (04) stations pendant toutes les compagnes de prélèvement.

## Liste des figures

- ✓ **Fig. 01** : principaux termes du bilan hydrique à l'échelle d'une zone humide de fond de vallée (d'après DURAND et al. 2000).
- ✓ **Fig. 02** : Critères d'eutrophisation relatif à la chlorophylle (valeurs maximales, ou valeurs moyennes sur la période productive).
- ✓ **Fig. 03** : Localisation du lac d'EL KENNAR (carte Jijel, 1/50000).
- ✓ **Fig. 04** : les températures de l'eau des quatre (04) stations pendant les quatre campagnes de prélèvement
- ✓ **Fig. 05** : le pH de l'eau des quatre (04) stations pendant les quatre campagnes de prélèvement
- ✓ **Fig. 06** : la conductivité électrique de l'eau des quatre (04) stations pendant les quatre campagnes de prélèvement
- ✓ **Fig. 07** : l'oxygène dissous des quatre (04) stations pendant les quatre campagnes de prélèvement
- ✓ **Fig. 08** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la première campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 09** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la deuxième campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 10** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la troisième campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 11** : concentration des nitrates dans l'eau des quatre (04) stations durant la quatrième campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 12** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 01 durant toutes les campagnes de prélèvement.
- ✓ **Fig. 13** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 02 durant toutes les campagnes de prélèvement.
- ✓ **Fig. 14** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 03 durant toutes les campagnes de prélèvement.



- ✓ **Fig. 15** : concentration des nitrates dans l'eau de la station 04 durant toutes les campagnes de prélèvement.
- ✓ **Fig. 16** : les concentrations des nitrates dans les quatre (04) pendant toutes les campagnes de prélèvement.
- ✓ **Fig. 17** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la Première campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 18** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la deuxième campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 19** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la troisième campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 20** : les concentrations en phosphate dans l'eau des quatre (04) stations pendant la quatrième campagne de prélèvement.
- ✓ **Fig. 21** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 01
- ✓ **Fig. 22** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 02
- ✓ **Fig. 23** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 03
- ✓ **Fig. 24** : les concentrations en phosphates dans l'eau des quatre (04) campagne de prélèvement à la station 04
- ✓ **Fig. 25** : les concentrations des phosphates dans les quatre (04) stations pendant toutes les campagnes de prélèvement.
- ✓ **Fig. 26** : Evolution spatio-temporelle de la température.
- ✓ **Fig. 27** : Evolution spatio-temporelle du pH.
- ✓ **Fig. 28** : Evolution spatio-temporelle de la conductivité électrique.
- ✓ **Fig. 29** : Evolution spatio-temporelle de l'oxygène dissous
- ✓ **Fig. 30** : Evolution spatio-temporelle de la concentration en nitrates.
- ✓ **Fig. 31** : Evolution spatio-temporelle de la concentration en phosphates.
- ✓ **Fig. 32** : courbe d'étalonnage des nitrates.
- ✓ **Fig. 33** : courbe d'étalonnage des phosphores.

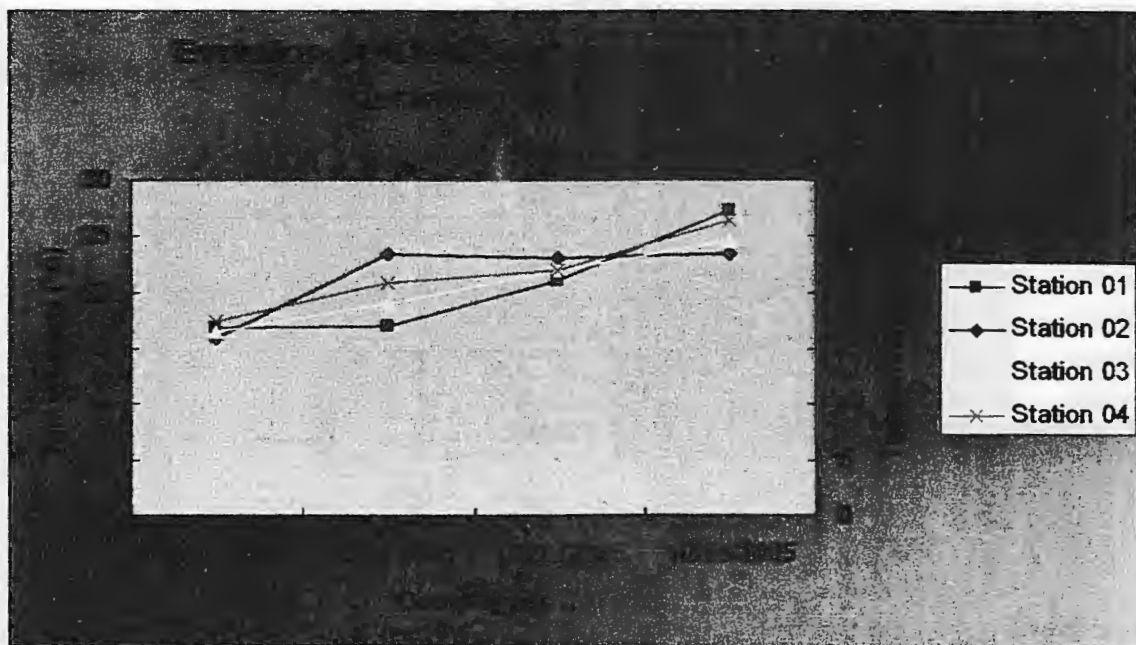


Fig. 26

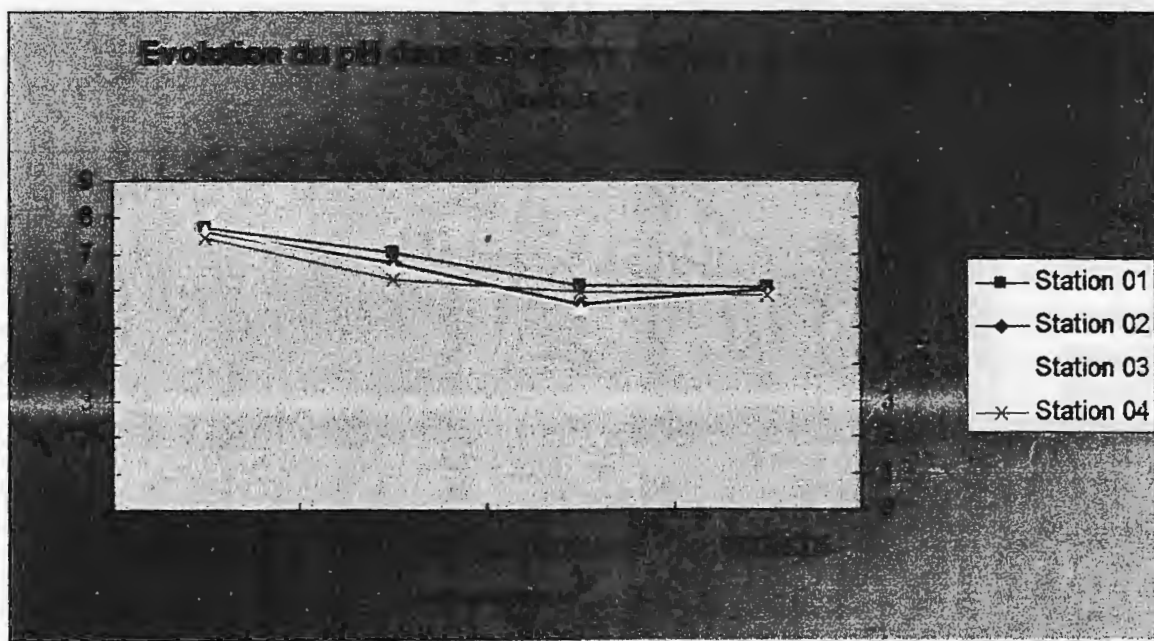


Fig. 27

**Quelques paramètres illustrant la chimie des eaux des rivières  
Réunionnaises: "peu minéralisées, relativement riches en  
phosphates, globalement de bonne qualité".**

	MINI (1)	MAXI (1)	MOY (1)	Valeurs indicatrices (2)	NORMES (3)
Température (°C)	14	25.5	20.4	*	<22
pH	7.2	9	8.2	7-8	*
Conductivité ( $\mu$ S/cm)	16	352	196	100-300	<750
Oxygène dissous (mg/l)	4.7	12.9	9.8	*	>5
Titre Alcalinimétrique Complet (°F)	0.5	18.1	5.9	10-12	*
Titre Hydrotimétrique (°F)	0.3	15.3	6.3	10-20	<30
Oxydabilité (mg/l de O <sub>2</sub> )	0.1	3.9	0.9	1-2	<5
Matières en suspension (mg/l)	1	57	5.2	0-25	<30
PO <sub>4</sub> 3- (mg/l)	0	0.4	0.1	0.05-0.15	<0.5
NO <sub>3</sub> - (mg/l)	0	4.9	0.5	1-3	<25
Coliformes fécaux /100ml	0	800	101	*	<2000

(1) : Valeurs obtenues sur nos 25 stations en rivières, en octobre-novembre 96

(2) : Valeurs indicatrices d'eaux moyennement productives, non polluées (*Métropole/d'après NISBET M. et VERNEAUX J., 1970*)

(3) : Seuils supérieurs de la classe de bonne qualité définis par les grilles métropolitaines du RNDE 1994

**Réactifs pour dosage des nitrates****Matériel**

- |  |  |
|--|--|
| 1. Salicylate de sodium à 1%           | ✓ Capsule de 60 ml (06)                  |
| 2. Acide sulfurique concentré $d=1.84$ | ✓ Etuve 75 – 80 C°                       |
| 3. Hydroxyde de sodium                 | ✓ Fiole jaugée 1L (03)                   |
| 4. E.D.T.A                             | ✓ Filtre sur membrane de<br>0.45 $\mu$ m |
| 5. Azoture de sodium                   |  |
| 6. Nitrate de potassium anhydre        | ✓ Fiole jaugée de 25 ml                  |
| 7. Acide acétique                      |  |
| 8. Eau bi distillée                    |  |
| 9. Acide chlorhydrique                 |  |

**Réactifs pour dosage des nitrates**

1. Solution de salicylate de sodium à 1%, à renouveler tous les 24 heures.
2. Acide sulfurique concentré  $d= 1.84$
3. Solution d'hydroxyde de sodium :
  - A. Hydroxyde de sodium..... 200g.
  - B. Sel d'E.D.T.A..... 50g
  - C. Eau permuté..... q.s.p 1L.

La préparation de cette solution se fait par la dissolution avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 800ml d'eau permuté, ajouter le sel sodique E.D.T.A, après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 1L, conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

4. Solution d'azoture de sodium
  - A. Azoture de sodium..... 50g.
  - B. Eau permutée..... q.s.p 1L.
5. Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/l
  - A. Nitrate de potassium anhydre..... 722mg.
  - B. Eau permutée..... q.s.p 1L.

A renouveler tous les deux mois.

6. Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/l.

Amener 50ml de la solution mère à 1000ml avec de l'eau permutée.

### Réactifs pour dosage des phosphates

1. Solution d'acide sulfurique  $d = 1.84$  à 15% environ en volume.
2. Solution de molybdate d'ammonium à 40g/l.
3. Solution d'acide ascorbique à 20g/l.
  - A. Acide ascorbique..... 2g.
  - B. Eau permutée..... q.s.p 100ml.A préparer chaque jour.
4. Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8g/l.
  - A. Tartrate double d'antimoine et de potassium..... 0.28g.
  - B. Eau permuté..... 100ml.
5. Mélange de réactifs
  - ✓ Solution d'acide sulfurique..... 50ml.
  - ✓ Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium.... 5ml.
  - ✓ Solution de molybdate d'ammonium..... 15ml.
  - ✓ Eau permutée..... q.s.p 100ml.A conserver au réfrigérateur à 04C°.
6. Solution mère étalon à 50mg/l de phosphore
  - A. Dihydrogénophosphate de potassium desséché à l'étuve à 100C°...219.7mg
  - B. Eau permutée..... 100ml.Acidifier la solution par 1ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.
7. Solution fille étalon à 1mg/l de phosphore. Diluer à 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée.

MEHIMEH TAREK	Jury : BOUNAMOUS A. MAYECHE B.	Evaluation spatio-temporelle de la qualité physico-chimique des eaux du lac EL KENNAR.	06/07/2005
------------------	--------------------------------------	--	------------

### ملخص

بعد القيام بتحليل فيزيوكيميائي لمياه بحيرة "القتار" بدافع تسجيل ما اذا كان هناك تشبع لهذه المياه بالمواد المغذية أو لا. كانت نتائج المعايير المدروسة كما يلي: درجة حرارة مطابقة للمعايير العالمية و كذلك الحال بالنسبة لدرجة الحموضة و الناقلية الكهربائية, كما بينت النتائج انخفاض في تركيز الأوكسجين المنحل و زيادة في تراكيز الفوسفات و النترات الشين الذي يدل على تشبع لمياه البحيرة بالمواد المغذية.

### Résumé

Après élaboration d'une analyse de la qualité physico-chimique des eaux du lac EL KENNAR en vue d'une détection ou non d'une eutrophisation. On a conclu avec une température et un pH dans les normes et pareil pour la conductivité électrique, une teneur en oxygène dissous insuffisante, et des concentrations en nitrates et en phosphores supérieur aux normes, ce qui permet de dire que l'eau de ce lac représente une eutrophisation.

### Summary

After elaboration a analytic of the quality physicochemical for EL KENNAR lakes water to detection eutrophication or no. the conclusion is that the temperature and pH are comforted the norms and its same for electric conductivity, insufficient dissolute oxygen, and the concentration of nitrates and phosphates superiors of norms, that's proved a eutrophication in this lake.

Encadreur : Mr BOULDJEDRI M.