

LAGUNE DE BOUGHRARA : BILAN D'UNE ANNEE DE SURVEILLANCE HYDROBIOLOGIQUE

par

Mouldi BRAHIM, Abderrazak MASTOURI et Fourat AKROUT

Institut National des Sciences et Technologies de la Mer

28 rue de 2 mars 1934, 2025 Salammbô

ملخص

اهتمت هذه الدراسة بتطور العوامل الهيدروبيولوجية في بحيرة تونس الجنوبية أثناء اشهر اشتداد حرارة الطقس (جويلية 1992، أوت سبتمبر 1994 و جوان 1996)، بالإضافة إلى تحديد خصائص رواسبها القاعية والسطحية. تحليل النتائج المتحصل عليها مكن من اكتشاف تغيرات كبيرة وغير عادية على مستوى العوامل الهيدروبيولوجية، وذلك تحت تأثير الظروف المناخية الخاصة بفصل الصيف من جهة والنفائات المائية والسائلة التي تصب في البحيرة بصفة مسترسلة وبدون أية معالجة مسبقة من جهة أخرى. لقد أفرزت التغيرات المسجلة عدة مشاكل بيئية حادة، تتمثل بالخصوص في تقلص الاكسيجان المنحل، نسبة تعكر عالية للمياه، احتواء البحيرة على مخزون هام من الأملاح المغذية وتجاوز التلوث العضوي حده الأقصى، خاصة في ضواحيها الغربية والشرقية. المشاكل المشار إليها تتسبب في اختلال التوازن البيئي الذي بلغ ذروته مع ظهور بقاع مياه متعددة الألوان وانعدام الاكسيجان المنحل طيلة فترات ارتفاع درجة الحرارة في الصيف.

Resumé

Suite à la mortalité massive des poissons de la lagune de Boughrara durant l'été 1991, l'étude des paramètres hydrobiologiques de cet écosystème a été effectuée tout le long de l'année 1993. Il en résulte que la lagune est soumise à une eutrophisation chronique très prononcée et qu'elle est exposée à des crises dystrophiques très aiguës pendant les mois de juillet, août et septembre, période où les efflorescences phytoplanctoniques sont fréquentes et donnent lieu à des phénomènes d'eaux colorées. Nos résultats ont, également, permis de déceler un niveau élevé de pollution organique, dû essentiellement à l'exploitation de la lagune à des fins d'aquaculture intensive et à la dégradation de la biomasse phytoplanctonique et algale, particulièrement abondante durant les périodes de forte chaleur.

Mots-clés: lagune de Boughrara, paramètres physico-chimiques, chlorophylle-a, eutrophisation et crise dystrophique.

Abstract

Massive mortalities of fishes were observed in Boughrara lagoon during summer 1991. Following this ecological crisis, the evolution of hydrological parameters was studied during the year 1993. The monitoring of these parameters shows that Boughrara lagoon is affected by chronic eutrophication, which generate dystrophic crisis, in particular during july, august and september, where phytoplanktonic blooms are frequent. The results obtained shows also that the monitored lagoon is submitted to a high level of organic pollution. The principal source of this pollution find are the outputs of intensive aquaculture projects implanted in Boughrara lagoon and on its coast.

Key words: Boughrara lagoon, physical and chemical parameters, chlorophyll-a, eutrophication and dystrophic crisis

I - INTRODUCTION

La lagune de Boughrara est située au sud du golfe de Gabès, entre le continent et l'île Djerba. Couvrant une superficie de 50 000 ha, elle constitue la plus grande lagune en Tunisie. Elle correspond également à une grande dépression subsidente entourée par trois plateaux plus élevés; l'île de Djerba au nord; la presqu'île de Jorf à l'ouest, le plateau de Zarzis et la presqu'île d'Akara à l'est. La profondeur y varie de 3 à 16 m. Il s'agit d'un bassin constitué des falaises, qui sont parfois interrompues par des Sebkhass, dont les plus importantes sont celles de Aïn Maider au sud, d'Adjim et de Guellala au nord.

La lagune communique avec les eaux du golfe de Gabès à travers deux passages:

- le premier, large de 2,2 km environ, est situé au nord-ouest de la lagune. Il comprend deux petits chenaux: Celui de Jorf profond de 16 m et celui d'Adjim profond de 14 m.
- le deuxième passage, au nord-est de la lagune, est situé au milieu de la route (chaussée Romaine) reliant par voie terrestre l'île de Djerba au continent. Il s'agit d'un étroit chenal de 12 m de long et de 3 m de profondeur.

la lagune de Boughrara peut être séparée en deux parties bien distinctes:

- un domaine nord-oriental peu profond (1 à 1,5 m environ)
- un domaine occidental assez hétérogène, formé par une cuvette centrale profonde de 16 m et une autre au sud de 11 m de profondeur. Ces deux dépressions sont entremêlées par des hauts fonds de 3 à 5 m. Par ailleurs, la lagune est bordée dans sa majeure partie par des hauts fonds ou Sebkhass, où la profondeur dépasse, rarement 3 m (SEPIA, 1983).

Depuis l'année 1984, deux projets aquacoles ont été installés dans la lagune et sur ses berges. Il s'agit de la "pêcherie Jerba", implantée au nord-est à Ajim et de l'"Aquaculture Sud Tunisien" (AST) installée sur la façade ouest de la lagune et assurant le grossissement de poissons dans des cages flottantes et les bassins à terre. Ces deux projets s'approvisionnent au nom de la lagune et y déversent des eaux usées sans le moindre prétraitement préalable.

La lagune a été envahie, au cours de l'été 1991, par des eaux colorées, qui se sont accompagnées par une mortalité massive de poissons naturels et d'élevages dans des cages flottantes. Suite à cette catastrophe écologique, nous avons jugé opportun et intéressant de comprendre le comportement et cerner l'évolution de l'écosystème lagunaire en question, et ce sur la base du bilan de la surveillance de ses paramètres hydrobiologiques tout au long de l'année 1993.

II - MATERIEL ET METHODES

La prise des échantillons d'eau a été effectuée en surface de chaque station. Les points de prélèvement hydrologique, au nombre de sept, ont été choisis de façon à couvrir l'ensemble de la lagune et à correspondre à ses endroits les plus vulnérables (figure 1).

Cette étude a nécessité la réalisation, durant l'année 1993, de douze campagnes de terrain (une par mois), et ce à bord d'une barque de pêche côtière adéquate. Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une bouteille à renversement. La température et la salinité ont été respectivement mesurées in-situ au moyen d'un thermomètre à renversement et d'un salinomètre portatif. Les autres paramètres, analysés au laboratoire, ont concerné la chlorophylle-a, l'azote total, le phosphore total et les sels nutritifs (nitrites, nitrates, ammonium et phosphates inorganiques). Ces éléments ont été déterminés colorimétriquement au moyen d'un spectrophotomètre UV-Visible. Les matières en suspension (MES) ont été quantifiées par pesée, après récupération sur des filtres de 0,45 μm de porosité. Le dosage de l'oxygène dissous a été réalisé suivant la méthode chimique de Winkler. Enfin la demande chimique en oxygène (DCO) a été analysée par une méthode volumétrique appropriée (F.A.O., 1975; Aminot et Chaussepied, 1983, Rodier 1985).

Le calendrier des missions de terrain et les observations y afférentes sont mentionnés dans le tableau 1.

Missions	Dates	Heures	Vents	Etats de la mer	Temp.air (°C)	Marées	Observations
Janvier	23-1-93	10h30- 18h00	faible	calme	14-21	vives eaux	
Février	14-2-93	8h30-19h30	fort	agité	13-19	vives eaux	
Mars	5-3-93	8h00-19h00	faible	calme	15-21	vives eaux	
Avril	9-4-93	8h00-15h30	faible	calme	17-22	vives eaux	
Mai	2-5-93	7h30-15h45	faible	calme	18-22,5	vives eaux	
Juin	9-6-93	9h30-15h45	faible	calme	26,5-30	vives eaux	
Juillet	22-7-93	8h30-17h35	faible	calme	28-32,5	mortes eaux	eaux rouges
Aout	11-8-93	10h25- 17h55	peu fort	agitée	35,6-39	mortes eaux	eaux rouges
Septembre	8-9-93	8h40-18h00	assez fort	assez agité	28-34,6	mortes eaux	eaux rouges
Octobre	28-10-93	10h31- 18h00	faible	calme	26-34	vives eaux	
Novembre	24-10-93	10h45- 17h45	faible	calme	19,2-20,6	vives eaux	
Décembre	21-12-93	8h15-18h30	faible	calme	14-22	mortes eaux	

Tableau 1: Missions et observations de terrain

NB: Le phénomène d'eaux rouges signalé dans le tableau, ci-dessus, était limité dans le temps et dans l'espace.

III - RESULTATS ET DISCUSSION

TEMPERATURE ET SALINITE

La température et la salinité dans l'eau de surface de la lagune varient respectivement de 18 à 32°C et de 38 à 40 ‰ (figures 2 et 3) qui est la limite maximale détectable au moyen de notre salinomètre, mais d'après Zaouali (1971 et 1974), la salinité peut dépasser cette limite et atteindre 47 ‰. Ces variations importantes de la salinité définissent un milieu lagunaire hypersalin.

La température de l'eau de surface varie selon les stations et les heures de prélèvement pendant le même jour. Elle évolue dans le même sens que la température de l'air ambiant. L'écart thermique entre l'eau de surface et l'air est compris entre 1 et 3 °C en hiver et ne dépasse pas 1 °C pendant l'été. Le réchauffement diurne et le refroidissement nocturne sont très perceptibles surtout dans les portions de faibles profondeurs. Les fortes températures (supérieures à 30 °C) sont observées au cours de la saison chaude (juin, juillet, août et septembre). Les plus faibles valeurs sont enregistrées aux mois de février et mars. D'après les travaux de Zaouali (1970, 1971, 1974, 1976), La température moyenne annuelle de l'eau de surface est de l'ordre de 21°C.

La salinité moyenne de l'eau de surface reste élevée (aux alentours de 40‰). Des salinités moins importantes (38 et 39 ‰) sont observées au niveau des stations 1,2 et 7, qui sont soumises à un fort hydrodynamisme lié aux courants d'eaux provenant du golfe de Gabès. La salinité subit des variations significatives en fonction de la marée surtout dans la partie occidentale de la lagune. Les valeurs exceptionnelles rencontrées dans la partie orientale lagune sont, essentiellement, dues à la forte évaporation, aux faibles apports d'eau douce et à une circulation réduite des eaux. Pour sa part Mastouri (1991) a relevé en septembre une salinité de 43 ‰ au niveau de la concession de l'AST.

En conclusion, il faut rappeler que les faibles échanges des eaux avec le domaine marin se faisant presque, exclusivement, par le canal d'Ajim (Jedoui, 1978, 1980), montrent le caractère confiné du bassin, en particulier dans sa partie orientale, où la température et la salinité subissent les plus grandes variations.

OXYGENE DISSOUS

Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau de surface oscillent entre 4 et 9 mg.l⁻¹, pour toutes les stations (figure 4). Les fortes concentrations sont relevées en automne et au printemps, presque au niveau de l'ensemble des stations. Elles sont dues à l'interaction atmosphère-mer, à une importante activité photosynthétique et aux courants dûs aux vents. Ces derniers jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux de la lagune. Les faibles teneurs en oxygène sont enregistrées

pendant la saison estivale au niveau des stations localisées dans la partie orientale à faible bathymétrie et au rythme très lent du renouvellement de l'eau. Le déficit de cette partie en oxygène dissous peut être expliqué par la stabilité des eaux, d'une part, et par l'abondance des végétaux, des matières organiques oxydables, des organismes faunistiques et des germes aérobies, d'autre part. Il en résulte qu'en période estivale le taux d'oxygène dissous connaît une régression allant jusqu'à l'anoxie du milieu, notamment pendant la nuit (Mastouri, 1991). Quand la température s'élève, la teneur en oxygène diminue en raison de sa plus faible solubilité, mais aussi à cause de la consommation accrue par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient, intensément au point d'entraîner la manifestation des eaux colorées.

Les teneurs maximale et minimale sont, respectivement, de l'ordre de 7 mg.l^{-1} en janvier et $2,7 \text{ mg.l}^{-1}$ en août. L'oxygénation satisfaisante constatée en hiver est, principalement, due à une bonne aération de l'eau de la lagune, sous l'effet des courants induits par les vents assez violents, froids et très fréquents en cette saison. S'agissant du problème de désoxygénation qui surgit en été, il est tributaire de plusieurs facteurs, dont notamment: la forte insolation qui accélère l'évaporation de l'eau et le processus de dégradation de la biomasse phytoplanktonique et macroalgale, l'accalmie, l'élévation spectaculaire de la température à cause des vents "sirocco" et la forte turbidité de l'eau.

DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (D.C.O)

Les teneurs y afférente sont inférieures à 10 mg.l^{-1} (figure 5). Les concentrations les plus élevées sont observées dans la partie orientale de la lagune (stations 3, 4, 5 et 6). Cependant, on note des fortes concentrations en D.C.O. (entre 10 et 35 mg.l^{-1}), au niveau de toutes les stations pendant le mois de mars 1993. Cette augmentation a pour origine une décomposition accrue, par voie microbienne, de la matière végétale ou animale ainsi que des fécès. Nous en déduisons une pollution organique chronique de la lagune et qui atteint son maximum au mois de mars. Les résidus de la nourriture distribuée aux poissons d'élevage peuvent, également, faire partie des facteurs responsables.

MATIERES EN SUSPENSION (MES) ET CHLOROPHYLLE-A

Les concentrations en MES et en chlorophylle-a dans l'eau de surface varient respectivement de 10 à 60 mg.l^{-1} et de 3 à 35 mg.m^{-3} (figures 6 et 7).

Les teneurs en MES ne présentent pas une variabilité spatio-temporelle significative. L'importance quantitative des MES et leur homogénéité dans l'eau de surface sont la conséquence d'une remise en suspension permanente des sédiments par les courants de marée et surtout par la houle.

De même les teneurs en chlorophylle-*a* sont homogènes dans l'eau de surface et y restent élevées, dénotant ainsi l'enrichissement de la lagune de Boughrara en éléments eutrophisants et témoignant d'une forte production primaire engendrée par des "blooms" phytoplanctoniques assez fréquents aux mois de juillet, août et septembre. Cependant, la concentration maximale est observée au mois d'août à la station 4 (située au niveau de la concession exploitée de l'AST), où les MES semblent être d'origine organique, puisque à cette concentration élevée en chlorophylle-*a* correspond une quantité faible des MES. Par contre au niveau des autres stations et pendant le reste de l'année, les MES demeurent assez abondantes par rapport aux taux du pigment analysé. Les MES semblent donc avoir une origine détritique.

Pour conclure, on peut dire que les MES sont, en grande partie, composées du phytoplancton durant les mois de juillet août et septembre, période critique marquée par des teneurs exceptionnelles en chlorophylle-*a* (supérieure à 20 mg.m^{-3}) et se traduisant par l'apparition des nappes d'eaux colorées (tableau 1) et une crise dystrophique plus au moins aigue. En dehors de cette période nous avons pu détecter une prédominance des particules détriques dans les MES. De son côté lors de l'été 1991, où l'ensemble de la lagune a été envahi, pendant plusieurs semaines par des eaux colorées, de teintes variables, Mastouri a signalé la présence de la chlorophylle-*a* à des teneurs inhabituelles de l'ordre 70 mg.m^{-3} , au niveau de la concession exploitée par l'AST.

SELS NUTRITIFS

NITRITES

Les concentrations en nitrites sont comprises entre $0,3$ et $1,5 \mu\text{atg.l}^{-1}$ soit entre 3 et $20 \mu\text{g.l}^{-1}$ (figure 8). Toutefois, nous avons obtenu des teneurs élevées (entre 50 et $90 \mu\text{g.l}^{-1}$) pendant les mois de novembre, décembre et janvier. Les nitrites évoluent dans le même sens que l'azote total. Ils résultent de l'oxydation de l'ammonium et constituent l'une des formes minérales de l'azote, utilisées par le phytoplancton. Ils sont habituellement, présents dans l'eau de mer à de faibles concentrations, moins de $1 \mu\text{atg.l}^{-1}$ (Rodier, 1984).

Dans un milieu déficitaire en oxygène et où le taux de renouvellement des eaux est assez faible, comme c'est le cas de la partie orientale de la lagune de Boughrara. Les nitrites proviennent surtout de la réduction des nitrates et des apports des eaux continentale ou marine riches en cet élément. Enfin il est à signaler que les teneurs les plus faibles ont été enregistrées durant la période des efflorescences phytoplanctoniques.

NITRATES

Comme pour les nitrites, les nitrates suivent l'évolution du cycle de l'azote. Elles présentent des pics maxima très nets de l'ordre de $250 \mu\text{g.l}^{-1}$ aux mois de novembre, décembre, mars et avril. En dehors de cette période les teneurs obtenues fluctuent entre 30 et $150 \mu\text{g.l}^{-1}$ (figure 9). Les

concentrations les plus basses ont été obtenues pendant les mois de juin, août et septembre. Elles sont dues à une consommation accrue de cette forme azotée, par le phytoplancton et la flore en général, durant la saison chaude.

Malgré, la régression des teneurs liées aux efflorescences phytoplanctoniques, qui sont assez fréquentes durant la saison chaude, nous n'avons pas détecté des concentrations basses (inférieures à $20 \mu\text{g.l}^{-1}$), d'où l'importance quantitative de cet élément dans l'eau de surface de la lagune.

AMMONIUM

L'ammonium représente la forme minérale azotée la plus toxique pour la vie aquatique. On le rencontre surtout dans les eaux superficielles à des concentrations pouvant s'élever à plusieurs dizaines de $\mu\text{atg.l}^{-1}$.

Dans l'eau de surface de la lagune, des valeurs importantes (oscillant entre 1,9 et $5,3 \mu\text{atg.l}^{-1}$) sont observées dans les eaux superficielles (figure 10). Il est à noter, également, que cet élément provient des excréctions animales, de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés et des rejets urbains et aquacoles. De même, pour sa part, Mastouri (1991) a relevé, en septembre, une teneur importante de l'ordre de $5.31 \mu\text{atg.l}^{-1}$, et ce malgré l'épuisement du milieu en cet élément lors des efflorescences phytoplanctoniques, affectant l'ensemble de la lagune pendant plusieurs semaines.

PHOSPHORE MINERAL

Les phosphates inorganiques atteignent des maxima variant de 150 à $200 \mu\text{g.l}^{-1}$ aux mois de décembre et février. En dehors de cette période, les teneurs restent relativement faibles (inférieures à $30 \mu\text{g.l}^{-1}$) au niveau des différentes stations (figure 11). Les concentrations enregistrées sont plus importantes au nord qu'au sud de la lagune. Ceci est lié à la présence au nord des courants d'eaux permanents et venant du golfe de Gabès qui est riche en cet élément dans sa partie sud en particulier. En effet d'après Darmoul (1988), les phosphates inorganiques présentent des teneurs supérieures à $50 \mu\text{atg.l}^{-1}$ dans la zone des rejets du phosphogypse, en face de Ghannouch (à 3 km au nord de Gabès). Par ailleurs, d'après Allain, Furnestier et Maurin, (1966) les concentrations en cet élément restent faibles, tout particulièrement pendant la saison estivale, dans l'ensemble du bassin oriental de la Méditerranée.

Toutefois, nous signalons que, dans les conditions normales, les phosphates inorganiques sont présents dans l'eau de mer à des concentrations comprises entre 0,5 et $1 \mu\text{atg.l}^{-1}$. Lors des blooms phytoplanctoniques, ces teneurs peuvent chuter au dessous de $0,01 \mu\text{atg.l}^{-1}$ et constituent un facteur limitant de la photosynthèse (Rodier, 1984). Ce constat n'a pas été confirmé par nos résultats, il en est de même pour le golfe de Gabès (Mastouri, 1993).

PHOSPHORE ET AZOTE TOTAUX

Les concentrations en phosphore total fluctuent entre 25 et 350 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (figure 12), soit environ entre 0,3 et 4 $\mu\text{atg.l}^{-1}$. Les fortes teneurs sont observées pendant les mois de décembre et février. Le maximum enregistré à la station 6 au cours du juin résulte du fait que les prélèvements ont été, exceptionnellement, effectués au port de pêche de Boughrara en raison des contraintes d'ordre climatique. De même nous avons noté des teneurs élevées en phosphore total au niveau des stations 1, 2 et 7, qui communiquent facilement avec les eaux du golfe de Gabès. Nous en déduisons que ces eaux constituent une source d'enrichissement de la partie nord de la lagune en phosphore total.

L'azote total est présent dans l'eau de surface à des teneurs variant de 50 et 500 $\mu\text{g.l}^{-1}$ (figure 13), soit environ entre 11 et 50 $\mu\text{atg.l}^{-1}$. Les concentrations maximales ont été obtenues aux mois de novembre, décembre, mars et juillet. Elles sont dues surtout à des apports telluriques importants et à la dégradation accrue de la matière organique suite aux poussées phytoplanctoniques printanière et estivale. Le rythme de distribution et la quantité de nourriture peuvent, également, être à l'origine d'un accroissement sensible des teneurs en azote total.

Le phosphore et l'azote, éléments nutritifs primaires, jouent un rôle important dans le développement des algues. Ils favorisent leur multiplication et contribuent à l'eutrophisation, phénomène évolutif au cours duquel le milieu s'enrichit en matières nutritives d'une manière excessive, et par voie de conséquence, en macroalgues et en phytoplancton . Il en résulte une intense dégradation, qui peut devenir irréversible. Les éléments responsables de cet enrichissement sont, essentiellement, le phosphore et l'azote, mais le potassium, le magnésium, les sulfates et certains oligo-éléments peuvent y prendre une part active (Rodier, 1984).

IV - CONCLUSION

L'examen et le dépouillement des résultats acquis, au terme de cette étude réalisée au cours de l'année 1993, a permis de mettre en évidence le caractère chronique de l'eutrophisation, dont souffre la lagune de Boughrara. Celle-ci subit des perturbations bio-écologiques consécutives à des efflorescences phytoplanctoniques, qui sont assez fréquentes durant les mois, de juillet, août et septembre, comme en témoignent les teneurs en chlorophylle-a (largement supérieures à 20 mg.m^{-3}). Lors de cette période critique et assez chaude on constate une dominance de la biomasse phytoplanctonique dans la composition des MES. Cette dominance s'inverse, pour le reste de l'année au profil des particules d'origine détritique sous l'effet de la remise en suspension permanente des sédiments par les courants de marée et surtout par la houle. Il en découle, également, que le climat sub-désertique de la région et l'évaporation de l'eau très intense en été sont à l'origine d'un accroissement sensible et brutale de la salinité (supérieure à 40 ‰) et de la température (supérieure à 30°C). Dans ces conditions favorisant la dégradation de la matière organique, les

teneurs en oxygène dissous subissent une régression allant jusqu'à l'anoxie du milieu, surtout dans la partie orientale et pendant la nuit.

Le phosphore et l'azote totaux présentent une variabilité très importante dans l'espace et dans le temps. Ceci peut être attribué à plusieurs facteurs tels que la nutrition des poissons élevés dans les cages flottantes, les apports telluriques eutrophisants, les apports d'eau provenant du golfe de Gabès, la dégradation de la matière organique et la remobilisation des composés azotés et phosphatés à partir des sédiments.

Pour ce qui est des sels nutritifs, les concentrations y afférentes connaissent une certaine diminution durant la période allant de mars à septembre, sous l'effet d'une consommation accrue par le phytoplancton. Pour le reste de l'année, ces éléments suivent la même évolution que le phosphore et l'azote totaux.

Enfin, il ressort de nos résultats l'impact néfaste de l'exploitation de la lagune à des fins d'élevages intensifs. Cet impact se manifeste par des crises dystrophiques très prononcées en été et par une pollution organique de plus en plus accrue.

La dégradation de l'écosystème lagunaire que constitue, la mer de Boughrara est aggravée par le problème d'envasement et une mauvaise circulation des eaux entre la mer et la lagune surtout sa partie orientale. Pour remédier à cette situation, il est impératif d'engager une étude pluridisciplinaire et approfondie de la lagune de Boughrara en vue de mettre au point un plan d'aménagement et de valorisation durable de cet écosystème devenu très vulnérable.

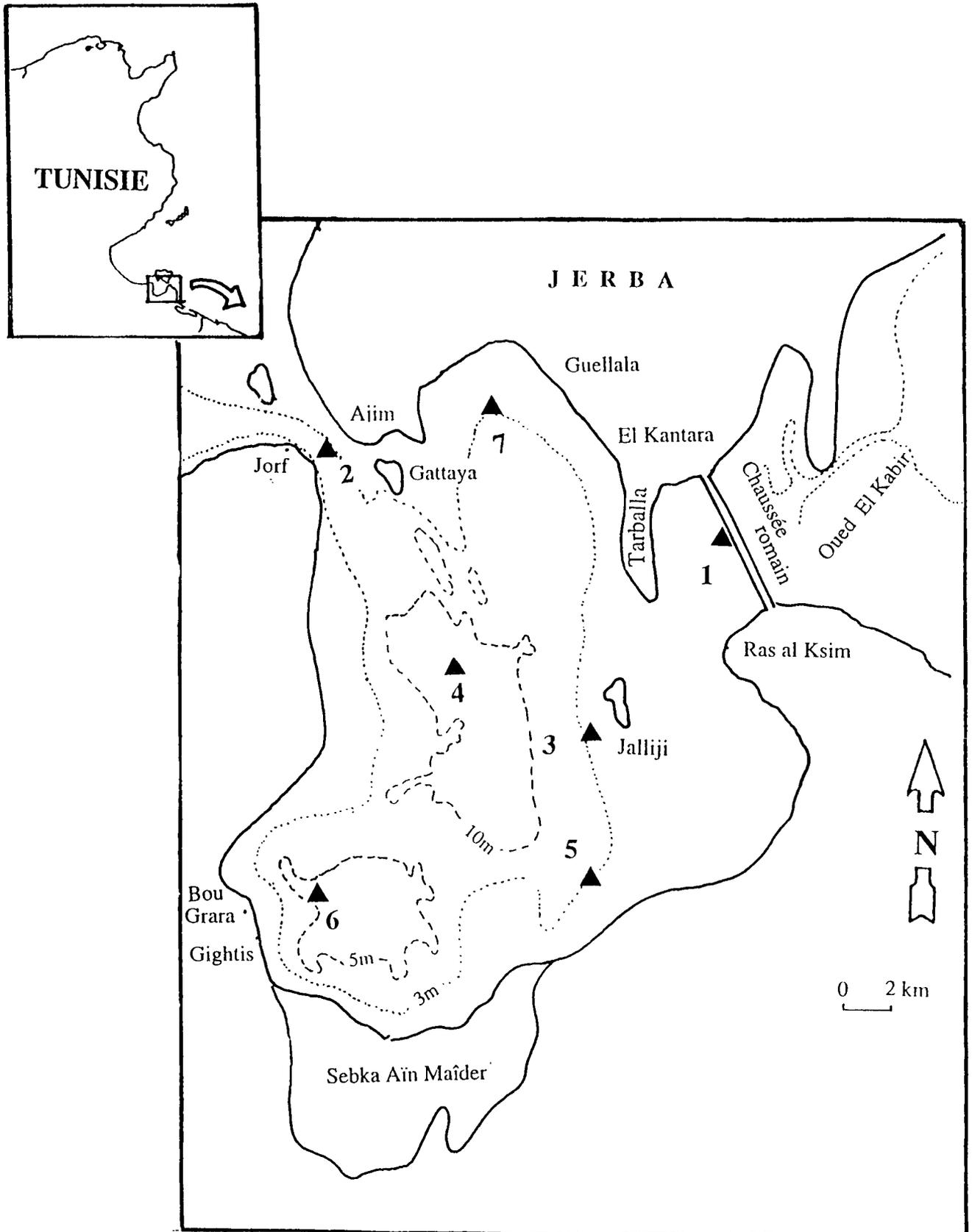


Figure 1: Répartition des stations hydrobiologiques

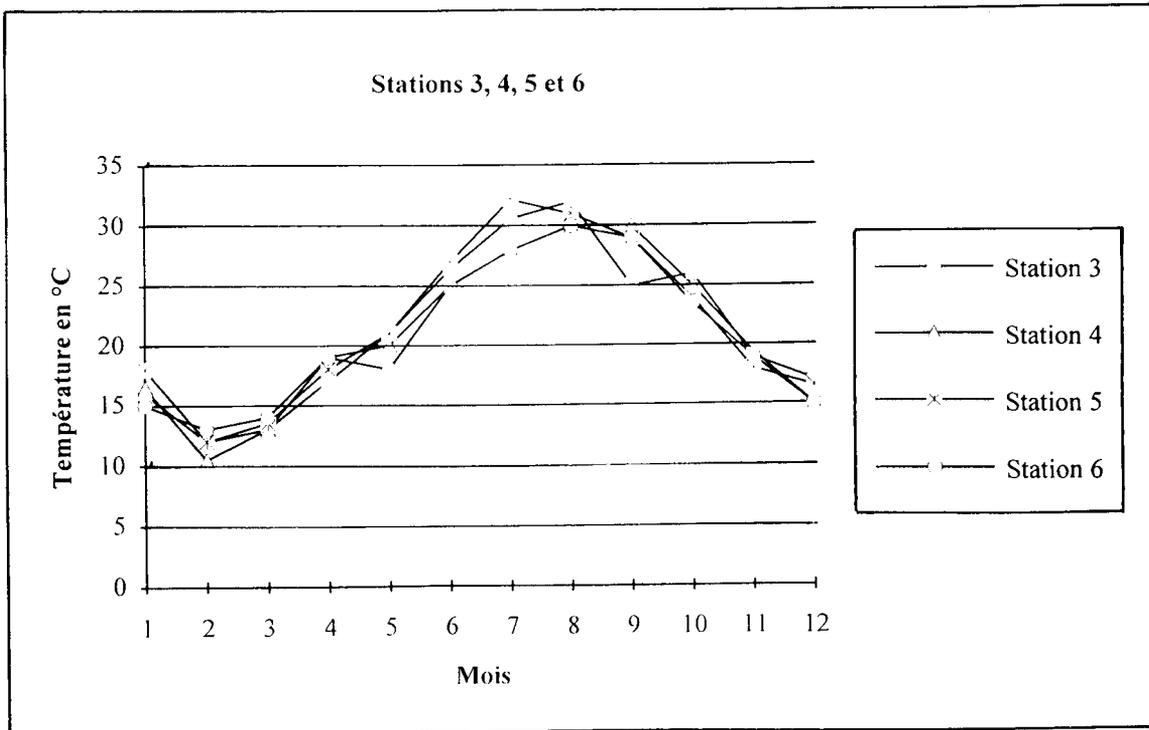
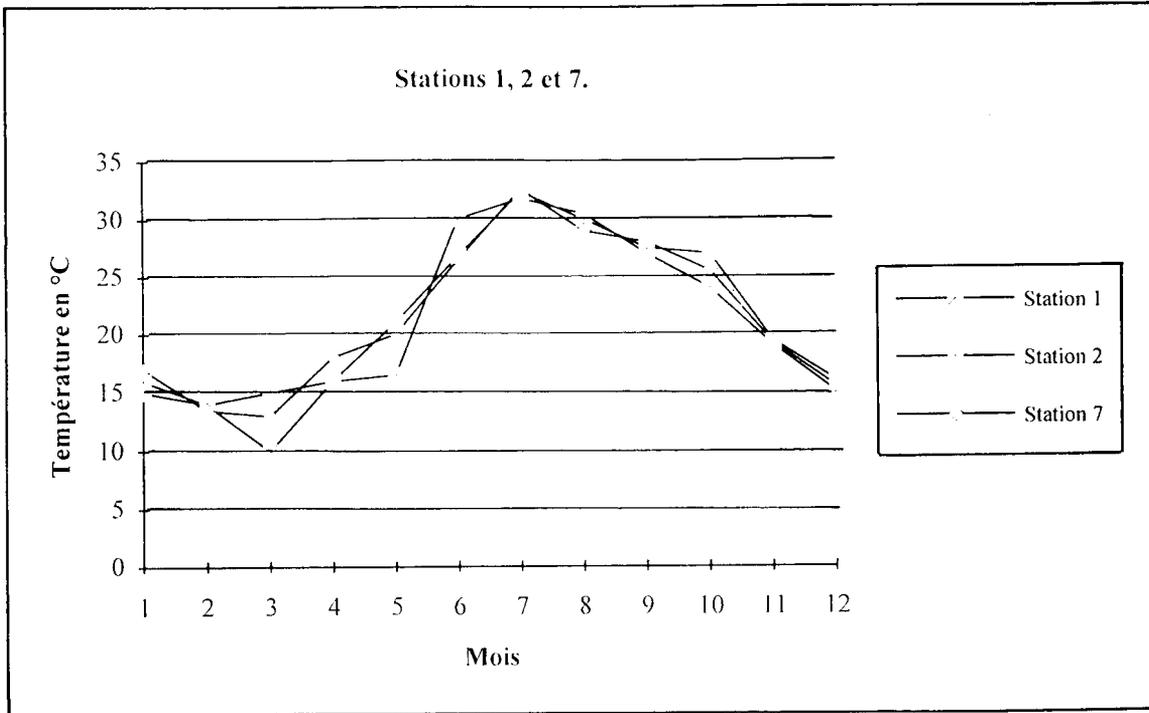


Figure 2: Température de l' eau de surface

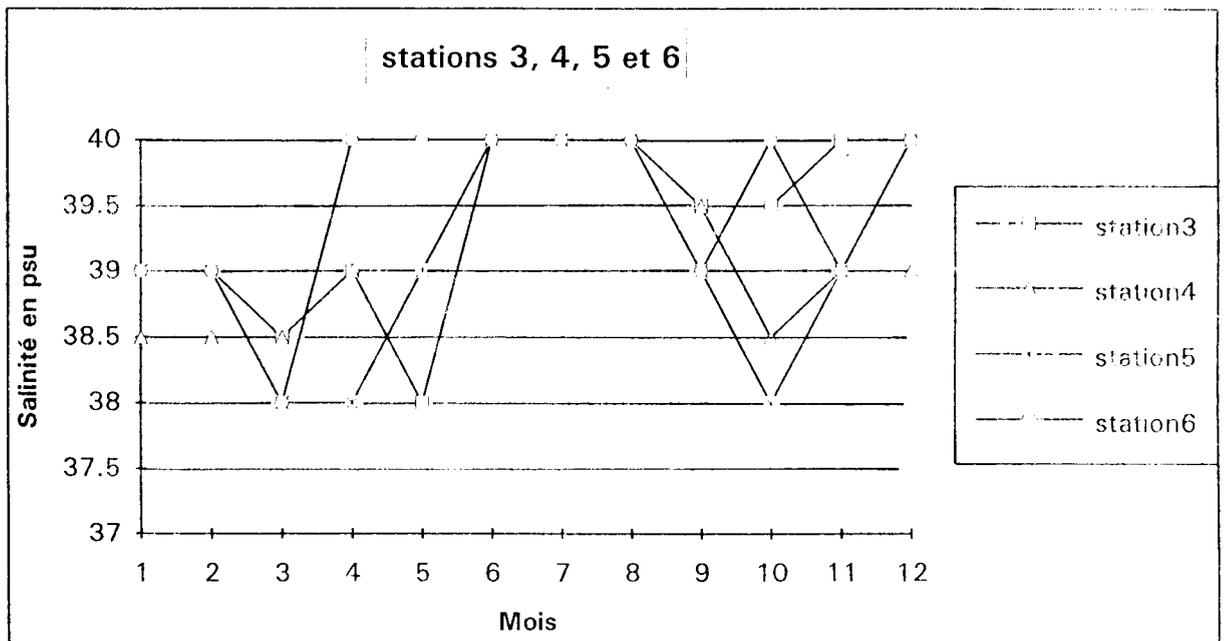
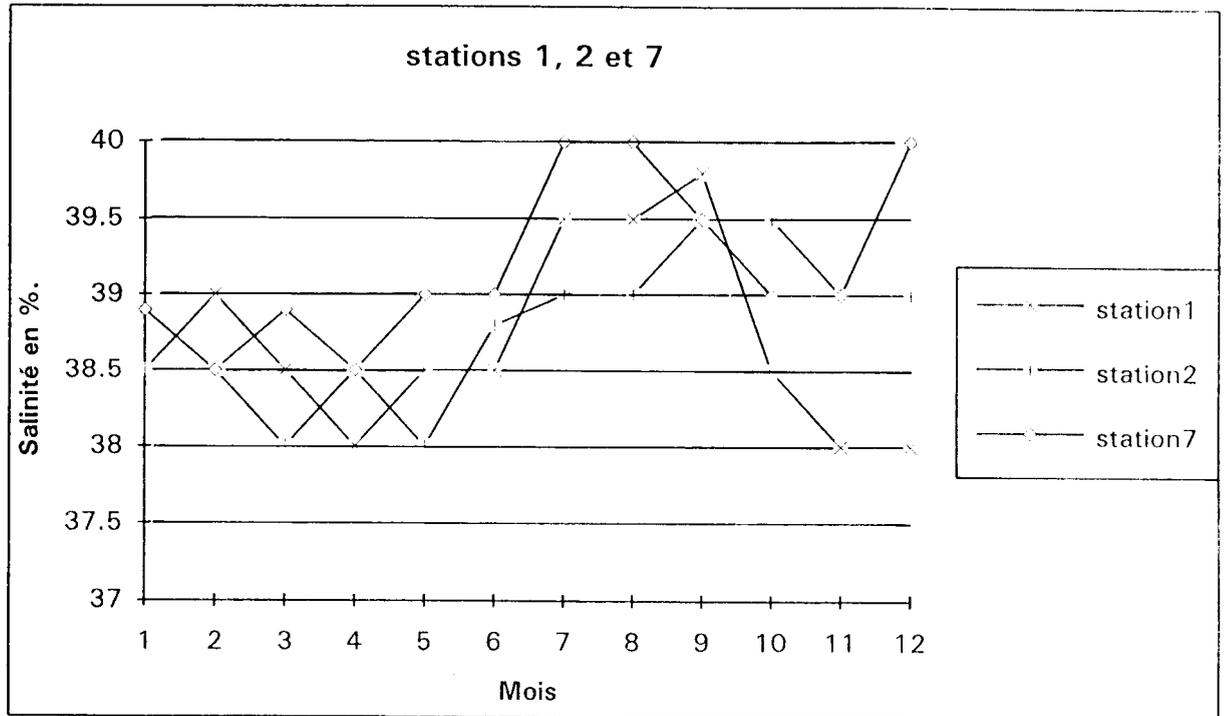


Figure 3: Salinité de l'eau de surface

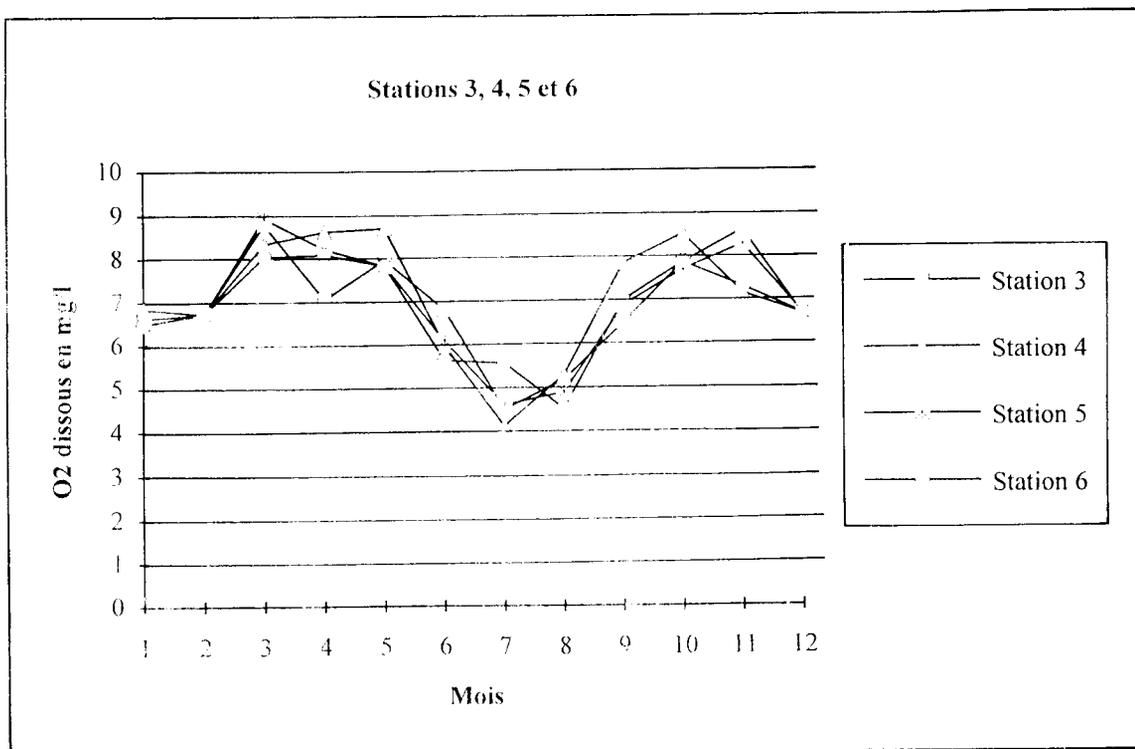
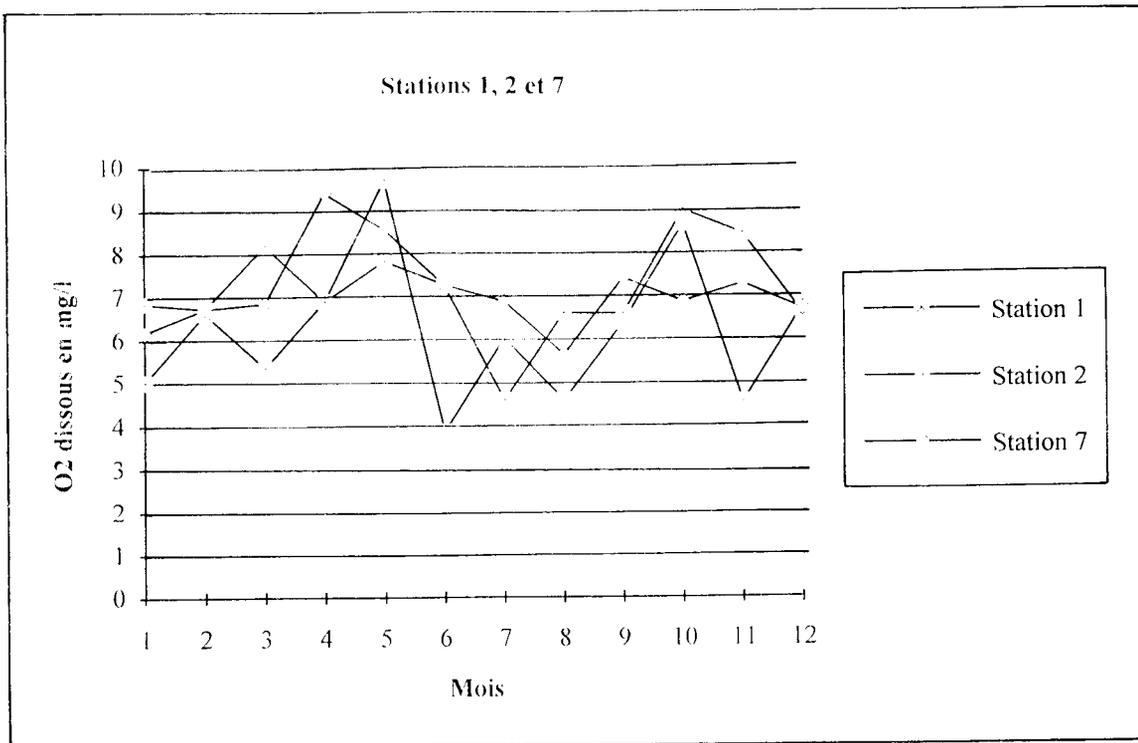


Figure 4: Oxygène dissous dans l'eau de surface

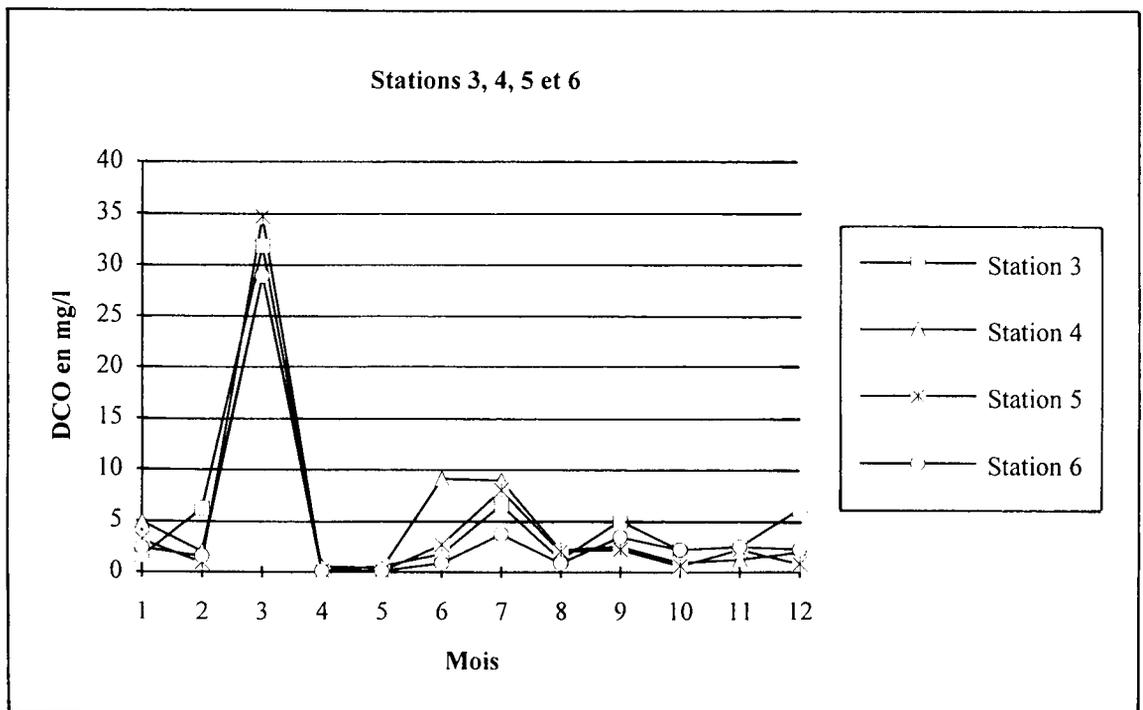
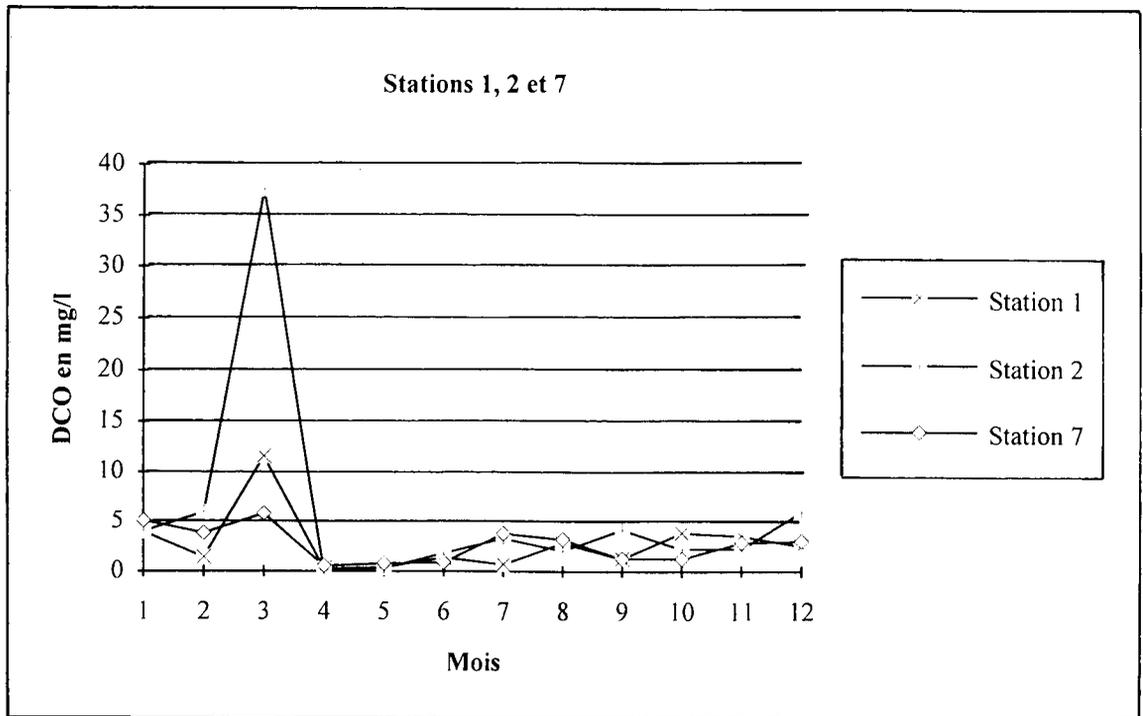


Figure 5: Demande Chimique en Oxygène de l' eau de surface

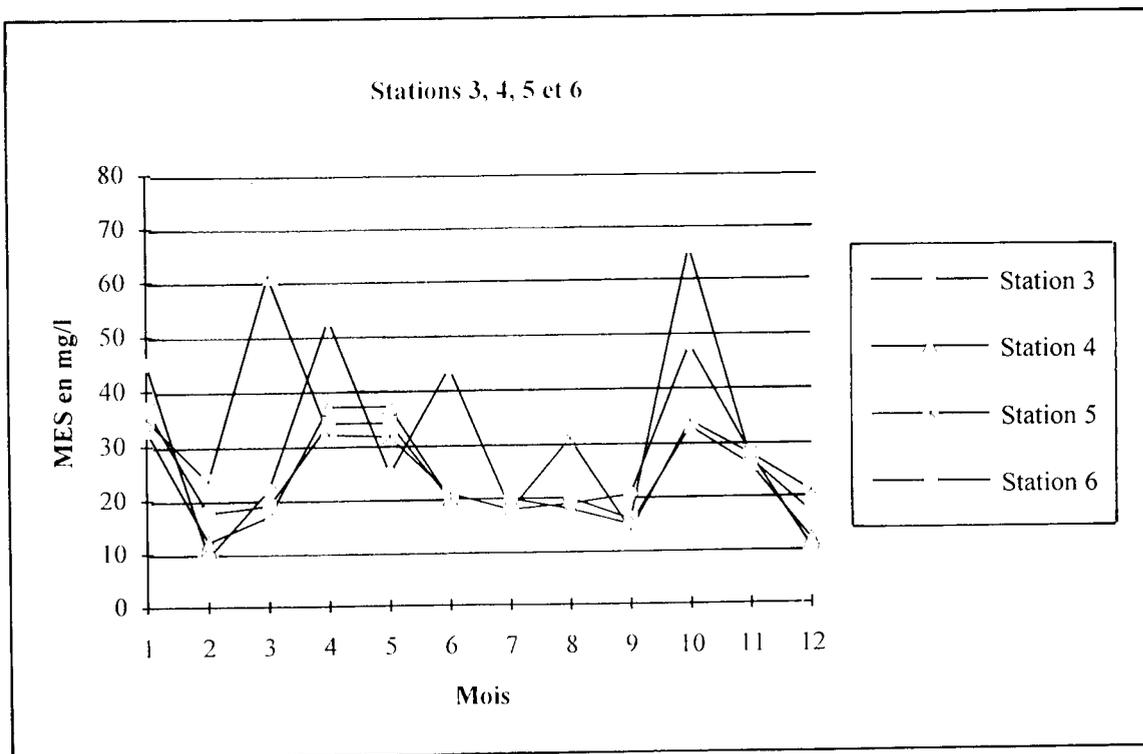
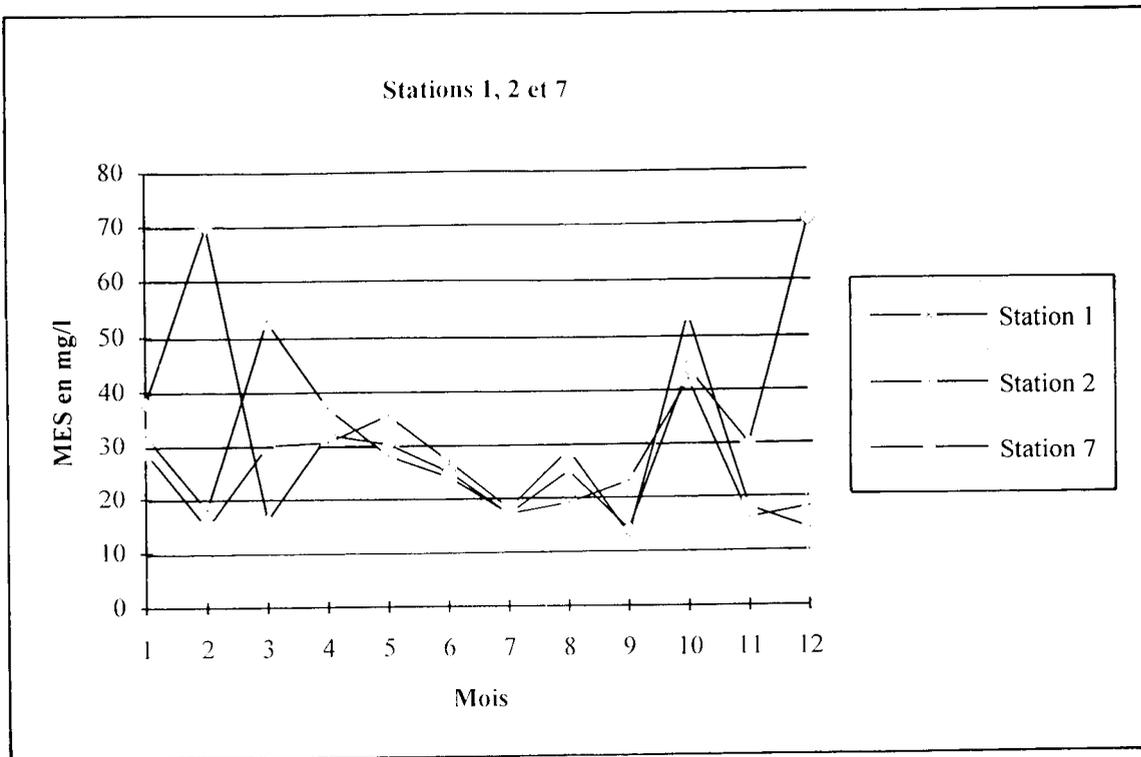


Figure 6: Matières en suspension dans l'eau de surface

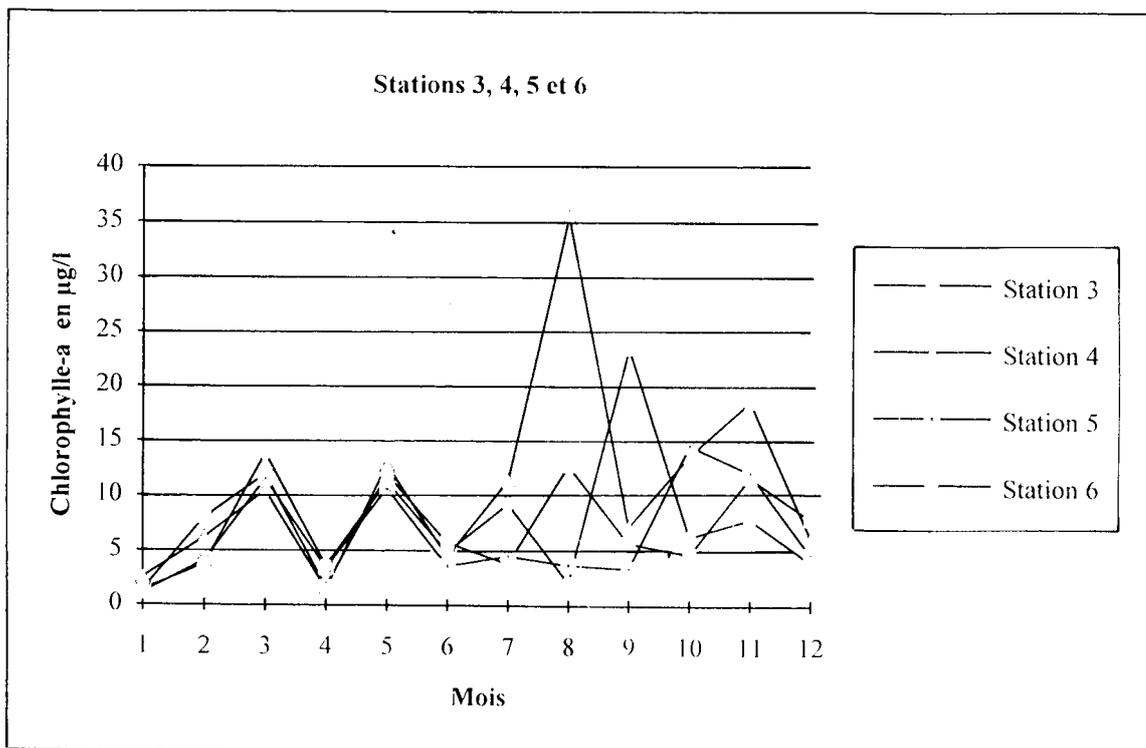
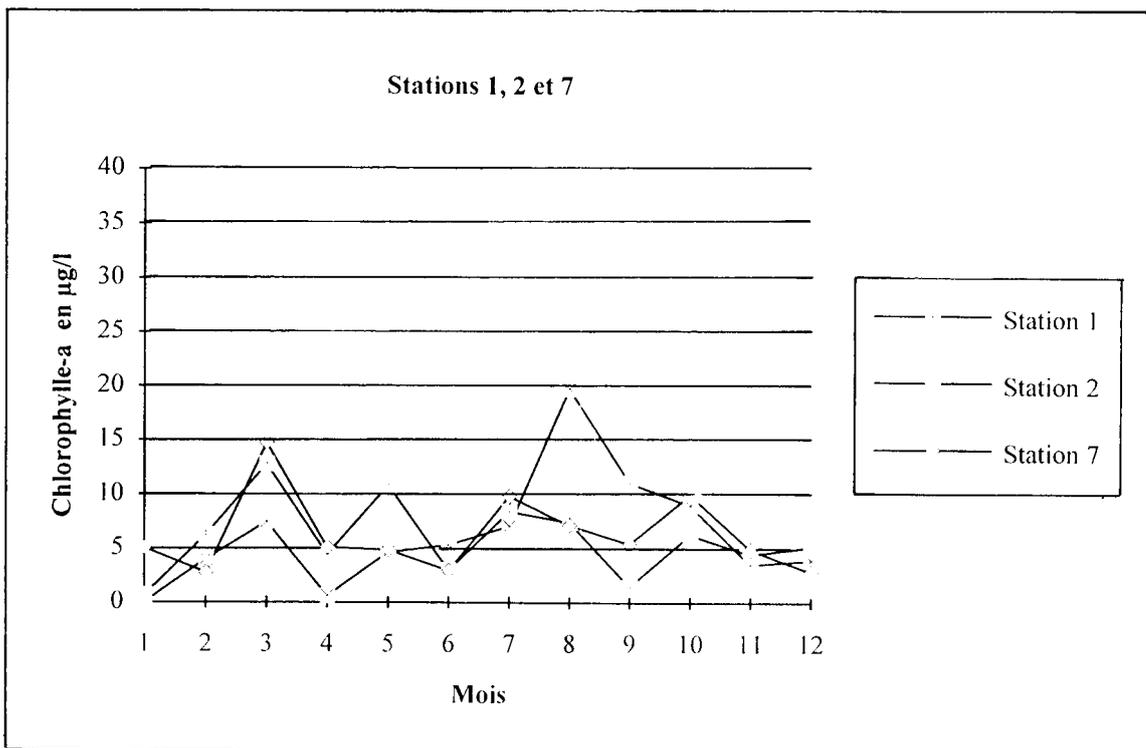


Figure 7: Chlorophylle-a dans l'eau de surface

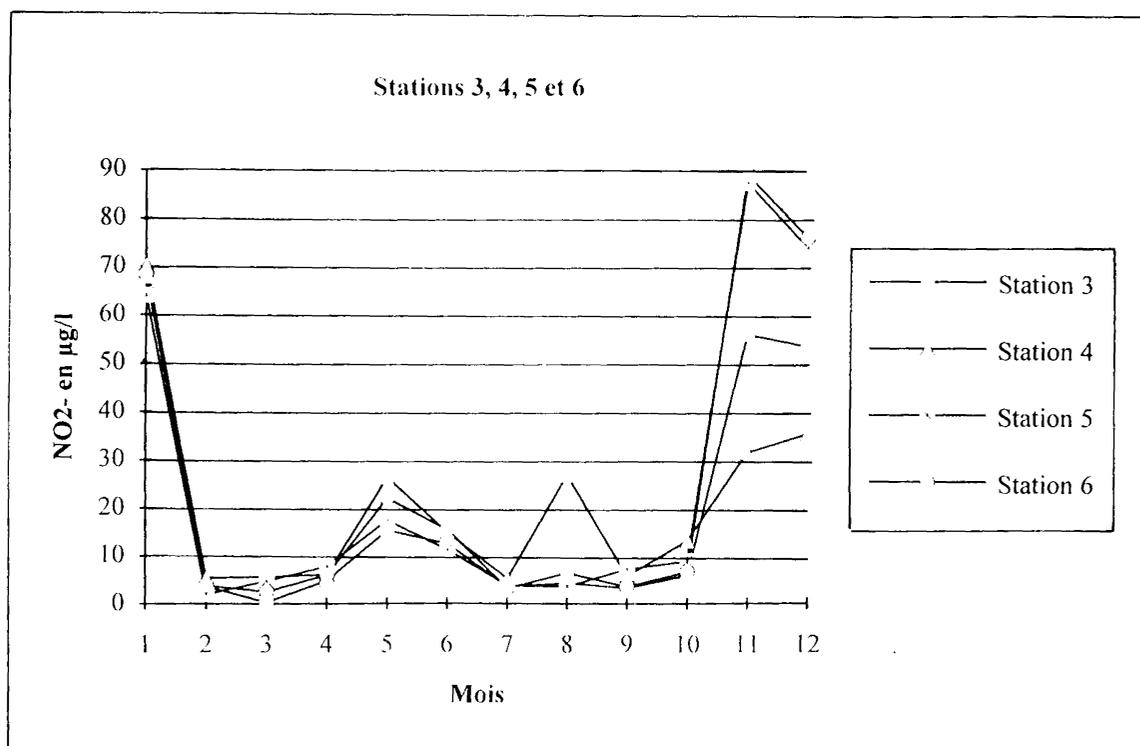
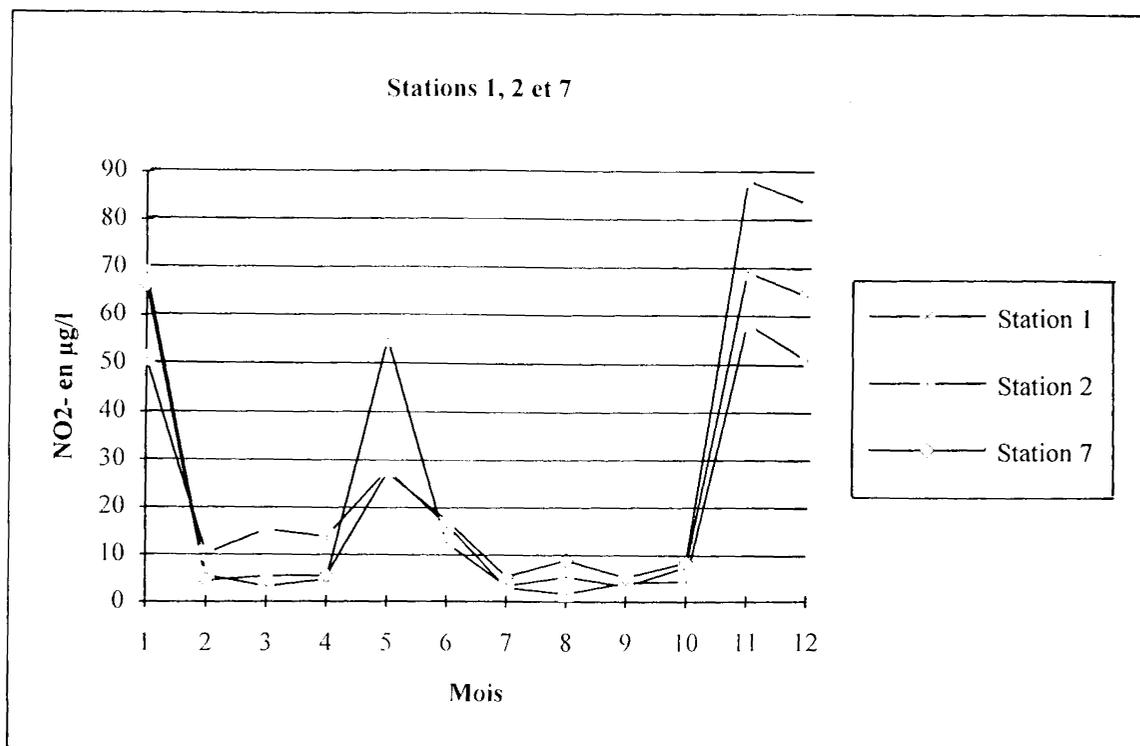


Figure 8: teneurs en nitrites dans l'eau de surface

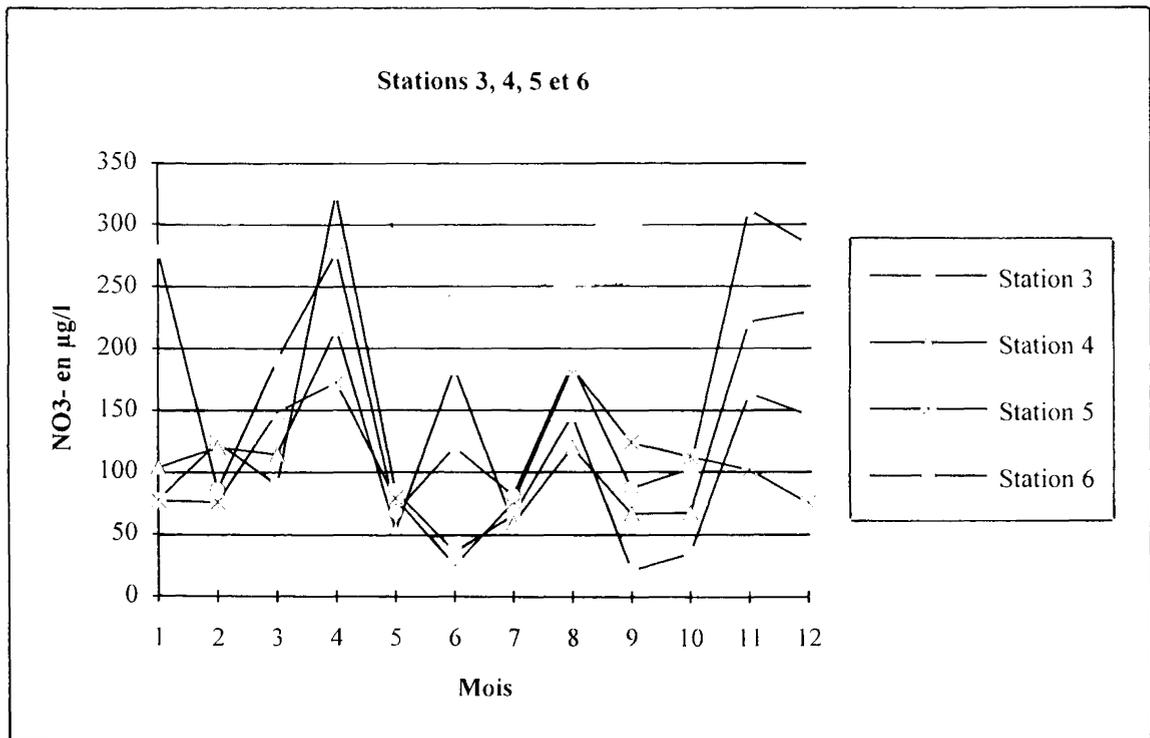
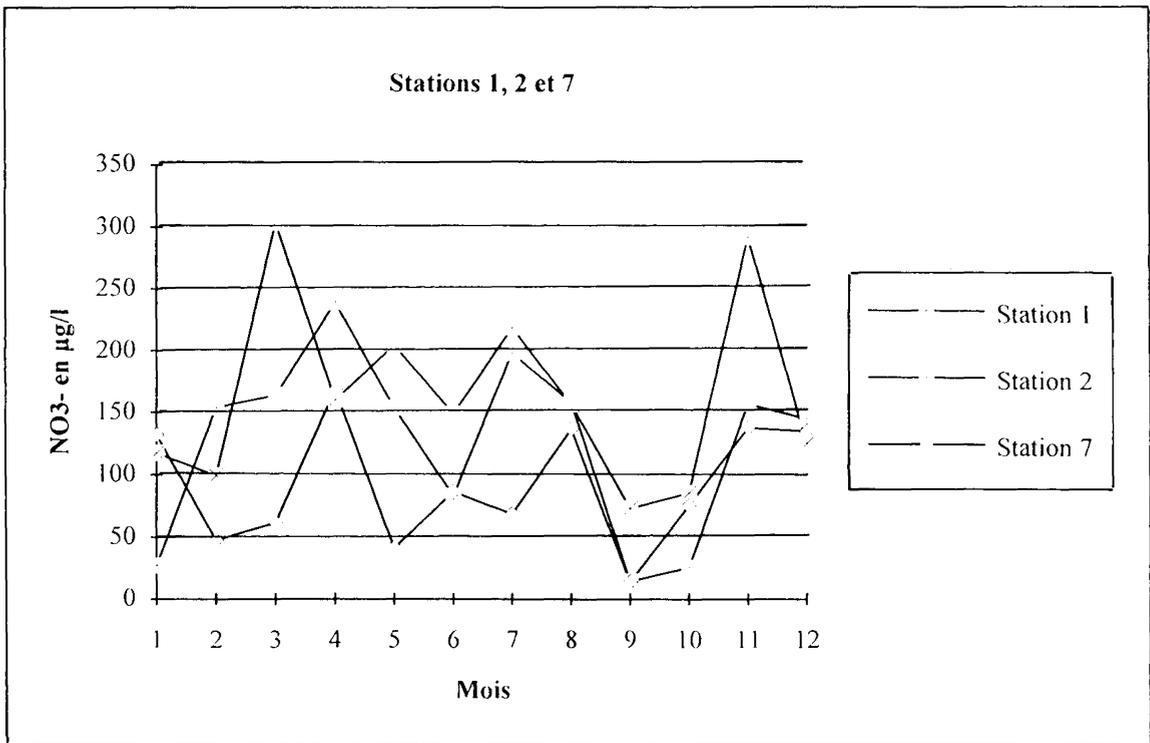


Figure 9: Teneurs en nitrates dans l'eau de surface

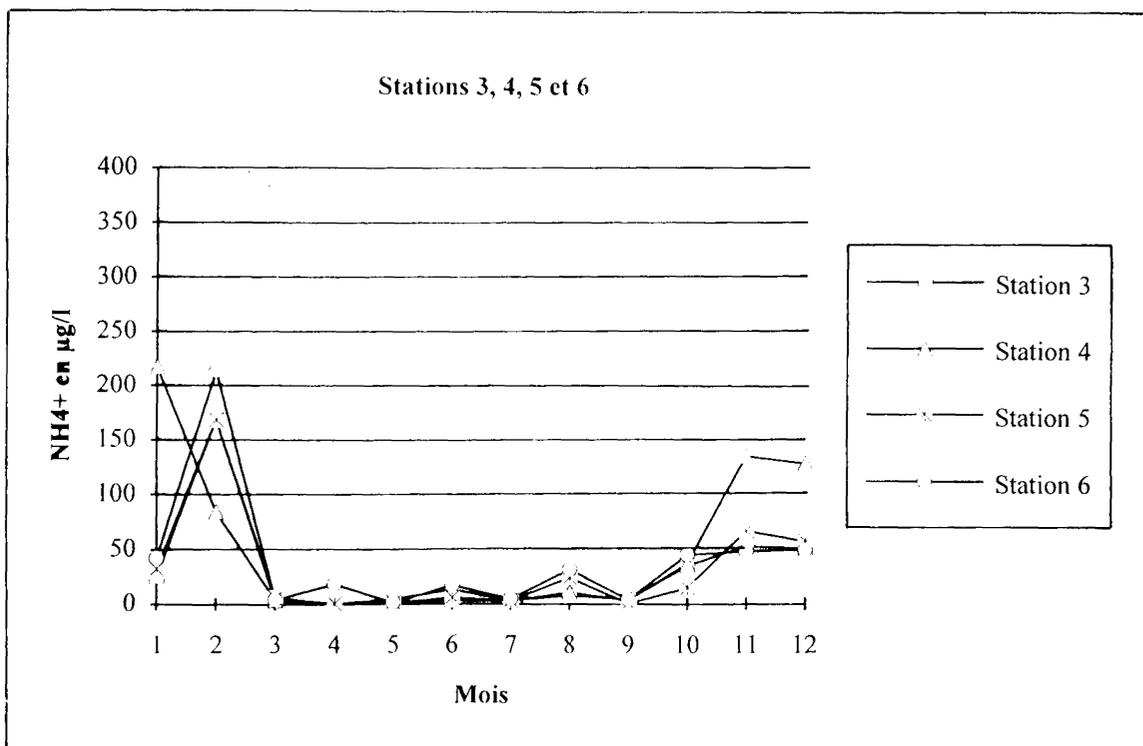
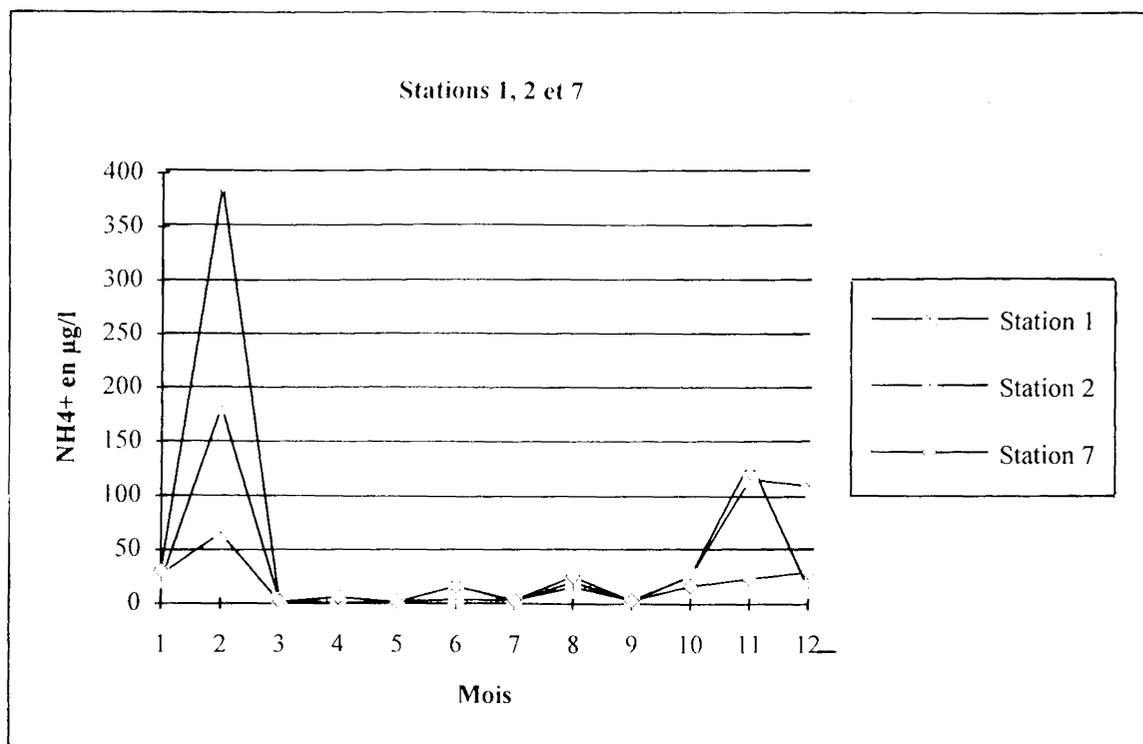


Figure 10: Teneurs en ammonium dans l' eau de surface

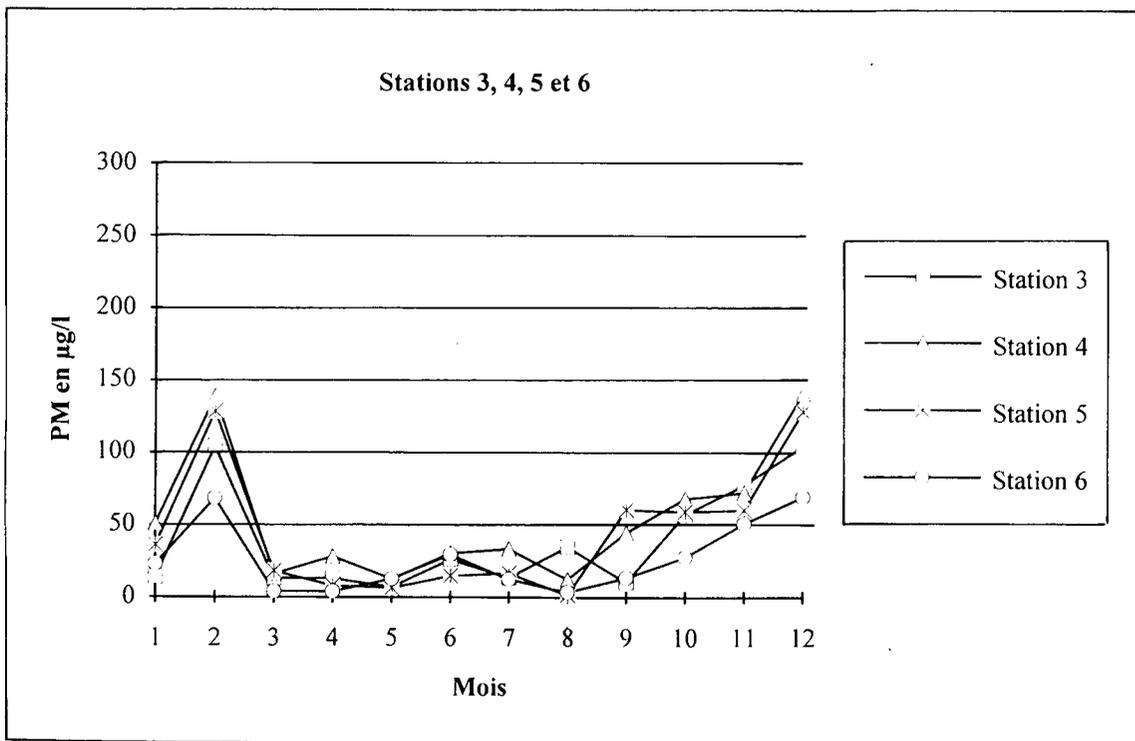
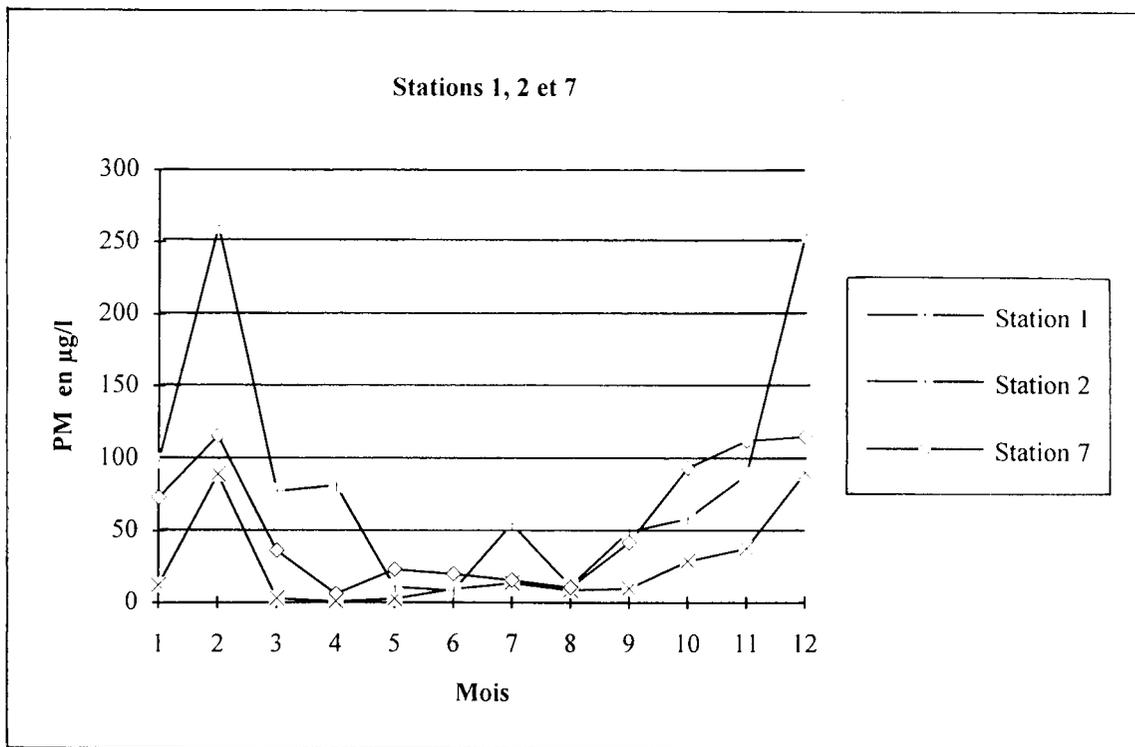


Figure 11: Teneurs en phosphore minéral dans l'eau de surface

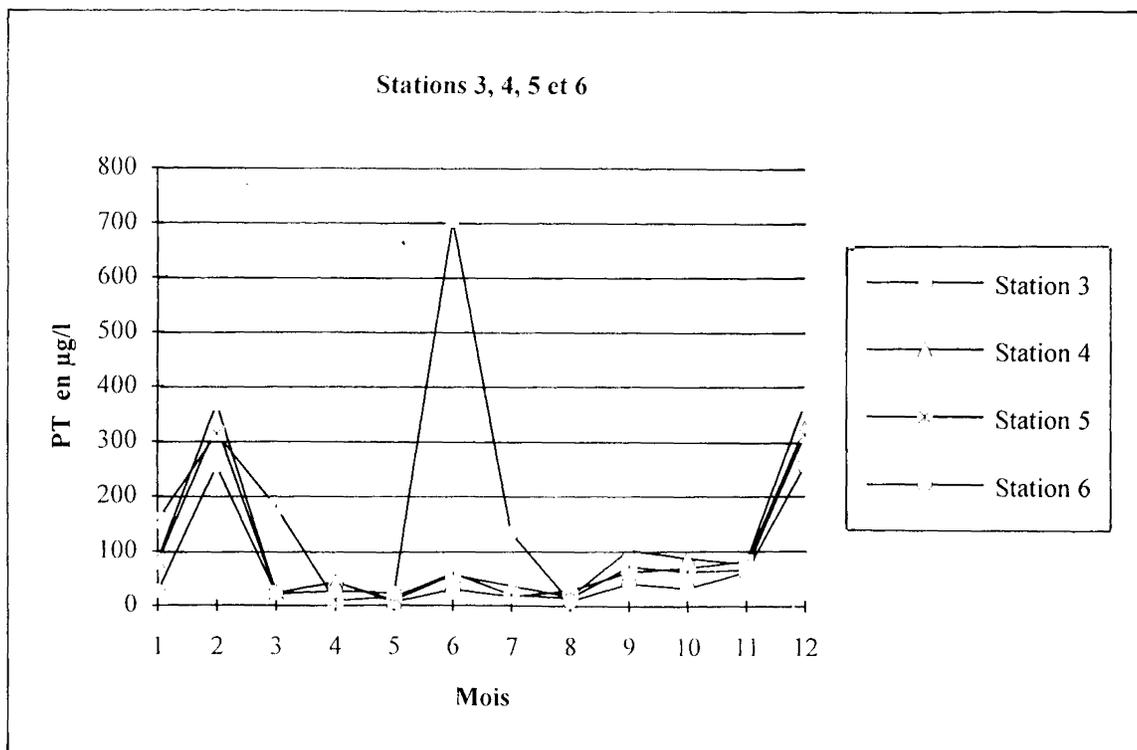
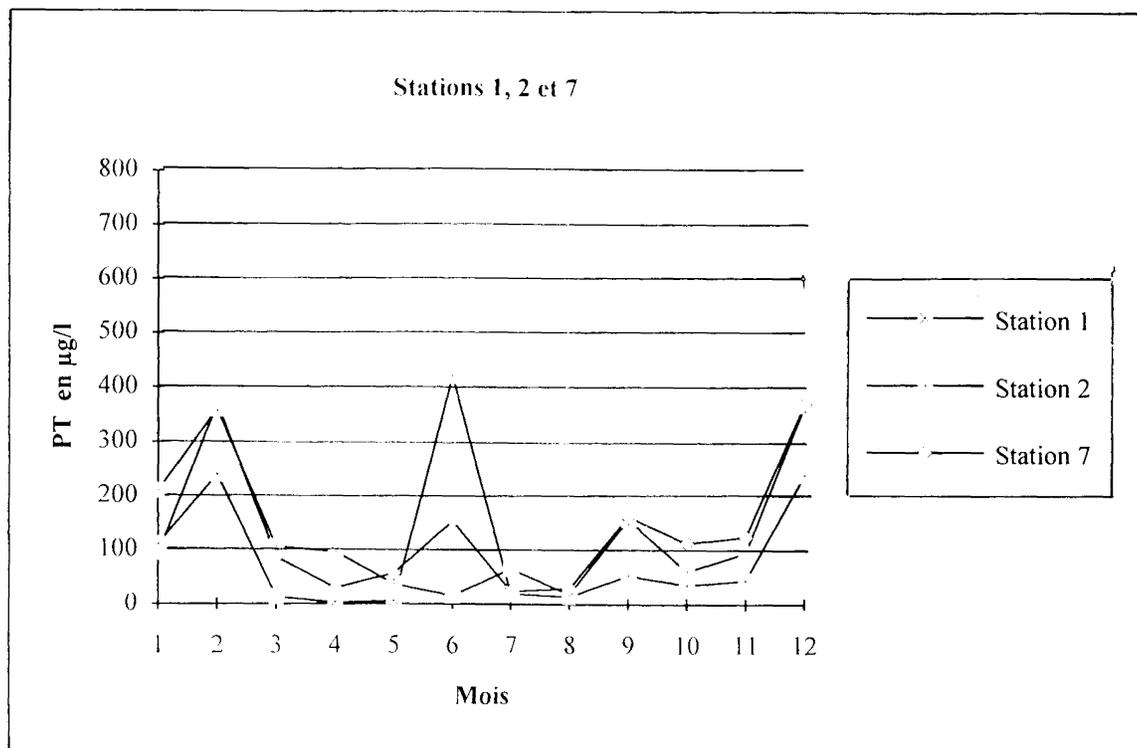


Figure 12: Teneurs en phosphore total dans l' eau de surface

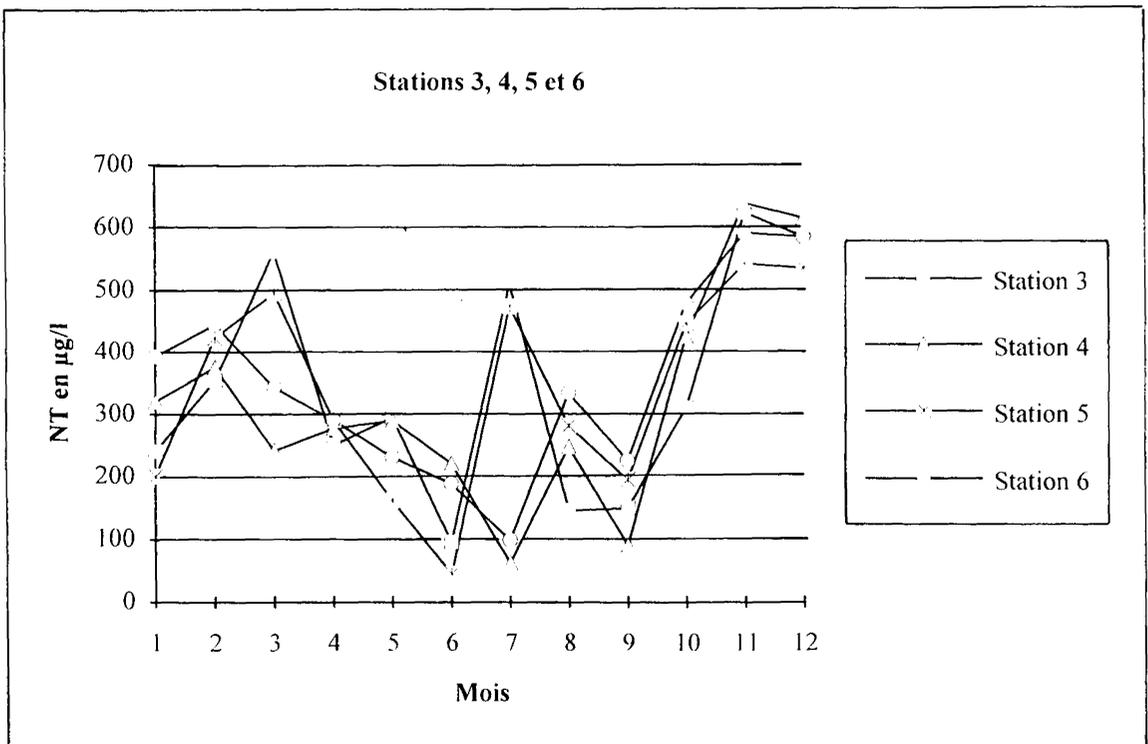
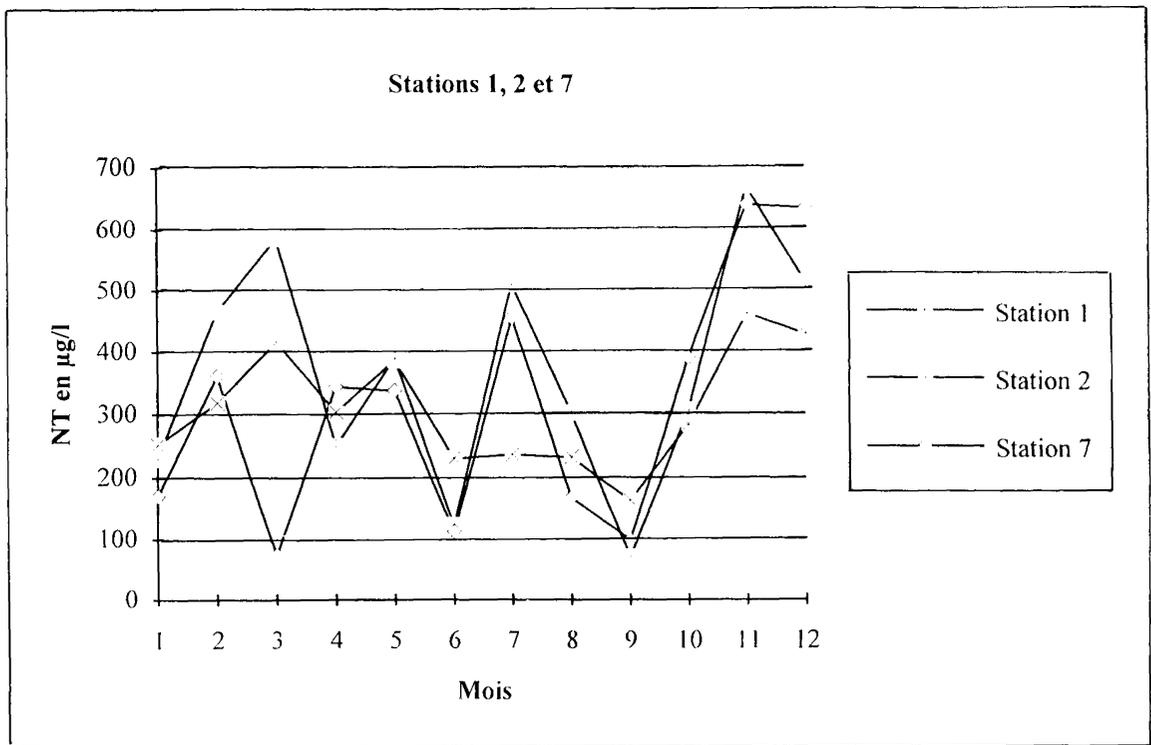


Figure 13: Teneurs en azote total dans l'eau de surface

BIBLIOGRAPHIE

- Alain Ch., Furnestin.M.L. et Maurin C.**,1965: Essai de synthèse sur l'océanographie physique et biologique dans la zone d'influence du courant atlantique en Méditerranée Sud et du Levant. Comm. INT. Exploi. Scient. Mer Médit. Schéma présenté à la conférence d'expert réunis à Split (4-11 Dec. 1965). 1-38.
- Aminot A. et M. Chaussepied**, 1983: Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO. 395 p.
- Darmoul B. et al.**, 1980: Effet des rejets industriels de la région de Gabès (Tunisie) sur le milieu marin récepteur. Bull. Inst. Nat. Scient. Oceanogr. Pêche. Salammbô 7. 5-61.
- Darmoul B.**, 1988: Pollution dans le Golfe de Gabès (Tunisie). Bilan de six années de surveillance (1976-1981). Bull. Inst. Nat. Scient. Tech. Océanogr. Pêche, Salammbô 15. 61-83.
- F.A.O.**, 1975: Manual of methods in aquatic environment research. Part 1: Methods for detection, measurement and monitoring of water pollution. FIRI/T 137.
- Jedoui Y.**, 1980: Etude hydrologique et sédimentologique d'une lagune en domaine méditerranéen: Le bahiret el Boughrara (Tunisie). Thèse de 3 ième cycle. Université de Bordeaux 1: 190p.
- Jedoui Y., Bobier C., Pujos M.**, 1978: Premiers résultats d'une étude courantologique dans les bouches du Bahiret et Boughrara. Interêt pour la connaissance de l'hydrologie du bassin. Bull. Off. Nat. Pêches. Salammbô. n° spe., 2 (1-2) 321-336.
- Mastouri A.**, 1991: Crise dystrophique survenue dans la mer de Boughrara durant l'été 1991. Rapport technique de mission. INSTOP-Salammbô.
- Mastouri A.**, 1993: Prospection et étude des eaux colorées dans le golfe de Gabès durant l'été 1992. INSTOP-Salammbô (en cours de parution).
- Rodier J.**, 1984: L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduelles et eau de mer. 7 ème édition, Dunod. 1365 p , Paris.
- SEPIA International**, 1983: Commissariat Général à la Pêche. Mise en valeur de la Bahira el Boughrara. Pêche et Aquaculture (Rapport final)

- Zaouali J.**, 1970: Contribution à l'étude écologique du lac de Tunis et de la mer de Boughrara. DEA. Université de Tunis. Faculté des Sciences.
- Zaouali J.**, 1971: Etude de l'écologie du lac de Tunis et de la mer de Boughrara (Tunisie). Leurs peuplements malacologiques. Doctorat du 3^{ième} cycle. Université de Caen.
- Zaouali J.**, 1974: Les peuplements malacologiques dans les biocénoses lagunaires tunisiennes. Etude de la biologie de l'espèce pionnière *Cerastoderma glaucum* poiret. Doctorat d'Etat. Université de Caen.
- Zaouali J.**, 1976: Contribution à l'étude de la bionomie benthique de la mer de Boughrara. Archive de l'Institut de Pasteur. p261-269.