

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur

UNIVERSITE DE CONSTANTINE
INSTITUT DE CHIMIE
*Département de Chimie Analytique
et Physique*

THESE

Présentée pour l'obtention du titre de

MAGISTER

En Chimie de la pollution

PAR

Abdelali FIALA

Thème

**CARACTERISATION DES EAUX DE
L'OUED RHUMEL ET KEBIR**

Soutenue le 15 Janvier 1996

Devant la commission d'examen

Mr	A.HOUAM	M.C	U.de Constantine	Président
Mr	N.EL HAYEK	M.c	U.de Constantine	Rapporteur
Mr	A.CHIBANI	M.C	U.de Constantine	Rapporteur
Mr	C.MOUATS	M.C	U.de Constantine	Examineur
Mr	M.BOUMAHRAZ	M.C	U.de Annaba	Examineur
Mr	L.TIFOUTI	M.C	U.de Annaba	Examineur

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur

UNIVERSITE DE CONSTANTINE
INSTITUT DE CHIMIE
*Département de Chimie Analytique
et Physique*

THESE

Présentée pour l'obtention du titre de

MAGISTER

En Chimie de la pollution

PAR

Abdelali FIALA

Thème

**CARACTERISATION DES EAUX DE
L'OUED RHUMEL ET KEBIR**

Soutenu le 15 Janvier 1996

Devant la commission d'examen

Mr	A.HOUAM	M.C	U.de Constantine	Président
Mr	N.EL HAYEK	M.C	U.de Constantine	Rapporteur
Mr	A.CHIBANI	M.C	U.de Constantine	Rapporteur
Mr	C.MOUATS	M.C	U.de Constantine	Examinateur
Mr	M.BOUMAHRAZ	M.C	U.de Annaba	Examinateur
Mr	L.TIEOUTI	M.C	U.de Annaba	Examinateur

قرآن كريم

(و هو الذي أنزل من السماء ماء فأخرجنا به نبات كل شيء فأخرجنا منه نضرا نخروج منه ميا متراكبا و من النخل من طلعها قنوان دانية و جنات من أعناب و الزيتون و الرمان مشتها و غير متشابه انظروا إلى ثمرة إذا أثمر و ينعه إن في ذلكم لآيات لقوم يؤمنون ❖)

❖ صدق الله العليم ❖

A ma mère

AVANT _ PROPOS

Après plus de deux années de travail réparties entre le terrain, la collecte de données nécessaires et le laboratoire de traitement des eaux de l'Institut de Chimie de l'Université de Constantine, sous la Direction de Monsieur N. AL-HAYEK, Maître de Conférences à l'Université de Constantine et, malgré les innombrables contraintes, ce travail concernant la caractérisation des eaux de l'oued Rhumel a pu être mené à terme grâce à la collaboration des Professeurs de l'Université de Chambéry et de l'Université de Poitiers en France ainsi à celle des ingénieurs et techniciens de l'Institut National des Ressources Hydrauliques de Constantine.

C'est pourquoi je souhaite exprimer ma reconnaissance à Monsieur A.CHIBANI chef du Département de Chimie Analytique de l'Institut de Chimie de l'Université de Constantine pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et je lui adresse mes remerciements pour avoir bien voulu accepter d'en être le rapporteur.

Je suis très reconnaissant à Monsieur A. HOUAM, Maître de Conférences à l'Université de Constantine, pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury de cette thèse.

Monsieur C. Mouats, Maître de Conférences à l'Université de Constantine a accepté bien volontiers de juger ce mémoire; je l'en remercie sincèrement.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à Monsieur M. BOUMAHRAZ Maître de Conférences à l'Université de Annaba d'avoir bien voulu siéger à ce jury.

Que Monsieur L. TIFOUTI, Maître de conférences à l'Université de Annba veuille bien trouver ici l'expression de mes plus vifs remerciements.

Enfin, j'adresse mes remerciements à tous ceux qui de près ou de loin, m'ont aidé à la réalisation de ce mémoire, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma reconnaissance et l'expression de mes sincères remerciements.

- SOMMAIRE -

	Page
INTRODUCTION	1
PARTIE 1: SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
PARTIE 2: SITUATION DU TERRAIN D'ETUDE	30
PARTIE 3: EXPERIMENTATION	43
PARTIE 4: RESULTATS ET DISCUSSIONS	60
CONCLUSION GENERALE	155
ANNEXES	158
BIBLIOGRAPHIE	199
TABLE DES MATIERES	205

- INTRODUCTION -

- INTRODUCTION -

Depuis longtemps déjà l'homme, par ses multiples activités, n'a cessé d'étendre ses besoins et de compliquer leur gestion: Croissement démographique et urbanisation, développement industriel et de l'agriculture Les eaux superficielles représentent la fraction accessible à ces besoins. Les cours d'eau qui traversent d'immenses régions couvrent une partie importante de ces besoins et servent parallèlement d'exutoire aux rejets urbains et industriels de toute nature.

Actuellement et sous la pression des besoins considérables de la civilisation moderne, l'approvisionnement en eau douce devient de plus en plus difficile, ainsi on songera à l'utilisation des eaux de surface car l'emploi des eaux douces et des nappes s'est apparu insuffisant. Or dans le monde entier les eaux de surface continentale et les eaux de mer sont de plus en plus polluées soit par des déchets déversés par les égouts des agglomérations et des industries [1] soit par les engrais et les pesticides utilisés en agriculture et apportés par les eaux de ruissellement [2].

Il est donc nécessaire de contrôler régulièrement les eaux superficielles en général, et particulièrement les différents oueds alimentant les barrages-réservoirs.

Le but de cette étude, qui s'inscrit dans le cadre d'une thèse en vue de l'obtention du diplôme de magister, est la

contribution à la caractérisation de la pollution des eaux de l'oued Rhumel, rivière saisonnière très importante dans le Constantinois, dans le but d'améliorer son état.

Ce mémoire présente quatre parties dont la première concerne une synthèse bibliographique sur les différents paramètres impliqués par cette étude. La deuxième partie est consacrée à la présentation du terrain d'étude, la méthodologie d'étude: le choix des points de prélèvement, les moments de prélèvement, l'échantillonnage, la conservation et le transport des échantillons. La troisième partie développe les conditions expérimentales de ce travail et présente les méthodes d'analyses utilisées pour les déterminations des différents paramètres mesurés. La quatrième partie présente les principaux résultats obtenus avec discussion pour présenter l'état actuel de pollution des eaux de l'oued Rhumel et Kébir qui risque, si l'on n'y pense pas un peu plus sérieusement, de s'aggraver au point de compromettre l'existence de la population riveraine et la vie aquatique dans ce cours d'eau.

- PARTIE 1 -

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE 1- SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Cette première partie de notre étude est une approche de synthèse bibliographique concernant les différents paramètres utilisés pour la mesure de la qualité de l'eau de l'Oued RHUMEL.

Dans cette partie nous abordons les critères globaux de pollution situés par rapport au cycle du carbone.

Avant cela nous présentons l'importance de l'oxygène dissous dans l'évolution du degré de pollution.

Nous parlons par la suite des cycles de l'azote, du phosphore et des autres paramètres que nous avons effectués.

1.1- Oxygène dissous (O_2)

Le taux d'oxygène dissous est un des paramètres les plus sensibles à l'apport de la pollution organique dans un cours d'eau [3].

L'évaluation du degré de pollution d'une eau est actuellement basée d'une part sur la détermination globale des matières oxydables qui sont donc susceptibles de prendre l'oxygène au milieu récepteur et d'autre part sur les analyses de substances chimiques toxiques dont le choix est fixé par la nature de l'organisme pollueur [4].

Dans une étude sur la pollution par les matières organiques, la variable clef à surveiller est donc la teneur en oxygène.

Dans un oued non pollué cette teneur en oxygène oscille légèrement autour de la valeur de saturation, elle sera légèrement supérieure à cette valeur durant la journée quand par photosynthèse, il y a une production d'oxygène, et elle sera légèrement inférieure à cette valeur durant la nuit, quand cette production est inexistante mais que la respiration continue.

Après déversement de matières organiques la valeur moyenne est inférieure à la valeur de 100% de saturation en oxygène et même pendant la journée, la teneur en oxygène peut être inférieure à 100% de saturation.

Au fur et à mesure que les matières organiques sont dégradées, l'eau est enrichie avec des matières fertilisantes (comme le nitrate, le phosphate et l'ammonium) une croissance massive d'algues est la conséquence et donc, une importante production d'oxygène durant la journée.

En revanche durant la nuit la teneur en oxygène peut encore descendre considérablement au dessous de 100% de saturation à cause de la respiration de ces mêmes algues et la dégradation des matières organiques issues d'algues mortes.

Plus loin sur l'oued la présence des matières fertilisantes devient moins importante. Elles sont incorporées dans les cellules d'algues et de bactéries qui sédimentent sur le fond de l'oued, la croissance d'algues devient donc moins massive et en conséquence la teneur en oxygène oscille avec une amplitude plus modeste autour de la valeur moyenne de 100% de saturation.

Une surveillance de la teneur en oxygène jour et nuit indique donc la réponse qui est donnée par l'oued à un déversement des matières organiques, et permet de connaître la zone où ce

déversement ne se fait plus sentir.

Egalement sont indiqués les zones où la teneur en oxygène descend en dessous d'un certain seuil critique, la hauteur de ce seuil et la fréquence avec laquelle , ne doivent pas être dépassés, sont à définir en fonction de la qualité que l'organisme responsable exige de l'oued (à noter qu'en dessous de 5 mg d'oxygène par litre beaucoup d'espèces de poissons périssent et qu'une teneur de 3 mg d'oxygène par litre est insuffisante pour chaque espèce de poissons [5]).

1.2- Présentation des critères globaux et cycle du carbone

Dans des milieux complexes, comme peuvent l'être les eaux résiduaires ou mêmes les eaux naturelles, il est impossible de connaître la concentration de tous les polluents organiques présents; on a donc recours à des tests globaux non spécifiques.

Dans un premier temps, et compte tenu du fait que le rejet d'un effluent organique dans le milieu naturel a pour incidence principale de diminuer la quantité d'oxygène de ce milieu, l'évaluation de cette pollution organique est déterminée par la quantité d'oxygène demandé ce qui conduit à définir les tests globaux de la pollution.

1.2.1. La demande chimique en oxygène (D.C.O.)

Elle mesure toutes les matières oxydables par le bichromate de potassium en milieu sulfurique dans les conditions

de l'essai.

1.2.2- La demande biochimique en oxygène (D.B.O.)

Estime les matières organiques biodégradables.

1.2.3- L'oxydabilité au permanganate

Concerne l'évaluation des matières oxydables par le permanganate de potassium en milieu acide ou basique.

1.2.4- LE CARBONE ORGANIQUE TOTAL (C.O.T.)

Le dosage par absorption dans l'infra-rouge du dioxyde de carbone produit par la combustion catalytique des matières organiques à 950 °c permet la détermination du C.O.T.

1.2.5- La demande total en oxygène (D.T.O.)

Mesure l'oxygène consommé par la combustion catalytique à 200°c des matières organiques.

Ces critères globaux sont par ailleurs, liés au cycle du carbone.

1.2.6- Le cycle du carbone dans les eaux de surface

Le cycle du carbone, comme ceux des principaux éléments entrant dans la constitution des matières organiques, est un cycle bio-géochimique, cycles qui sont d'ailleurs pour la plupart interdépendants.

On ne peut donc parler du cycle de carbone sans faire appel à de nombreuses sciences (géologie, pédologie, biologie, biochimie ...) qui sortent largement du cadre de cette étude. Nous nous contenterons donc de donner les grandes voies de transformation du carbone en étant cependant astreints à sortir du cadre trop étroit de la chimie du carbone dans l'eau quand cela sera nécessaire.

De façon générale, le cycle du carbone peut être schématisé selon la figure 1 [6].

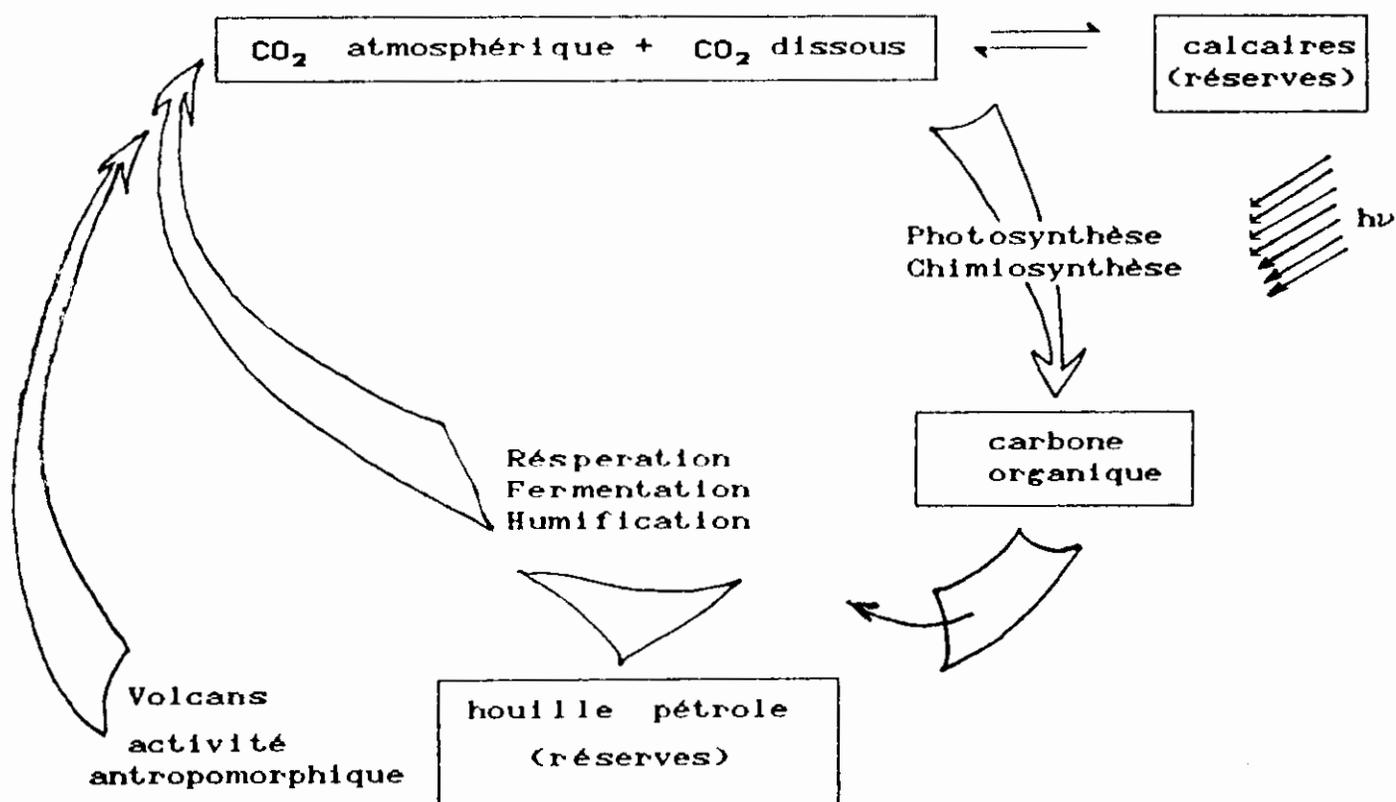


Figure 1: Le cycle du carbone

Néanmoins, l'hydrosphère joue un rôle important dans ce cycle puisqu'elle est considérée comme le réservoir de gaz carbonique (gaz carbonique qui constitue l'unique source de carbone inorganique à partir de laquelle s'effectue la synthèse de toutes les substances biochimiques). En effet, la masse de gaz carbonique dissous représente environ cinquante fois la masse de gaz carbonique atmosphérique dont la concentration atteint $330 \text{ cm}^3/\text{m}^3$.

La figure 2 schématise le cycle du carbone dans l'eau [7].

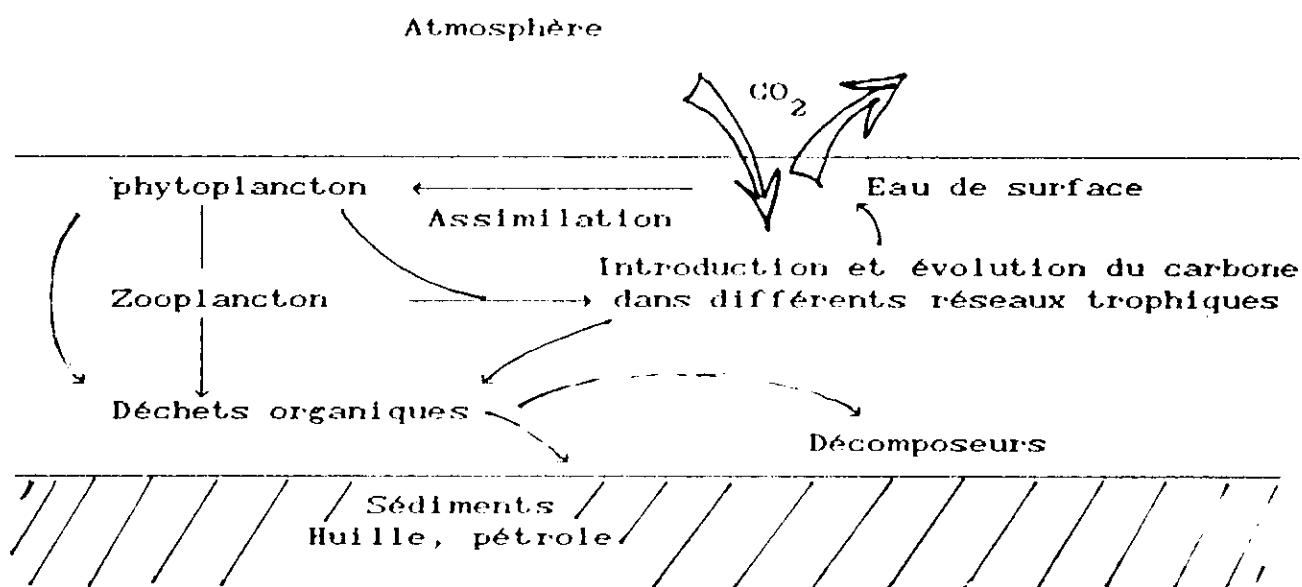


Figure 2: Cycle du carbone dans l'eau.

Nous pouvons donc remarquer les faits suivants :

- que se soit dans la lithosphère ou en dehors de celle-ci, la transformation du carbone minéral en carbone organique (on parle d'assimilation) fera presque uniquement appel à des réactions caractéristiques du monde végétal (assimilation chlorophyllienne);

- la transformation du carbone organique en carbone minéral fera appel à des réactions caractéristiques de tout le monde vivant (respiration, fermentation, humification).

Nous noterons qu'à l'heure actuelle, les activités anthropomorphiques ont pris place dans le cycle du carbone (combustion).

1.2.6.1- Les transferts de gaz carbonique entre atmosphère et lithosphère

Ces transferts sont régis par deux grands phénomènes: la dissolution du gaz carbonique dans l'eau, dissolution obéissant à la loi de HENRY et les équilibres calcocarboniques.

1.2.6.1.1- La loi de HENRY

La loi de Henry, exacte pour des pressions suffisamment faibles indique que la solubilité d'un gaz augmente quand la pression partielle de ce gaz au dessus de la phase liquide augmente. Soit :

$$C_s = H.P$$

C_s : concentration du gaz dans la solution

H : constante de Henry, caractéristique du gaz, dépendant de la température

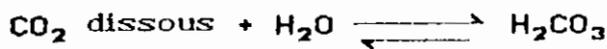
P : pression partielle du gaz

Les variations de solubilité des gaz en fonction de la

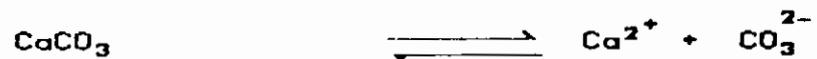
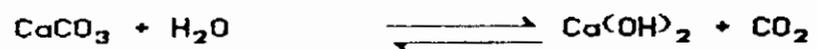
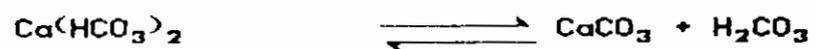
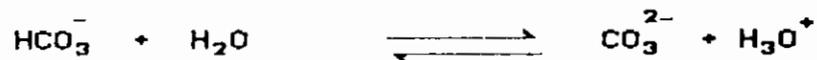
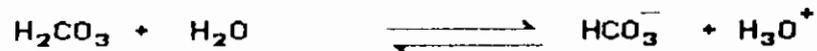
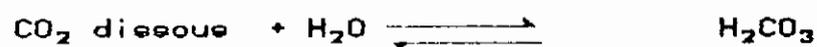
température se font dans un sens inverse de ce que l'on observe pour les solutés solides ou liquides: en général, la solubilité des gaz varie en proportion inverse de la température.

1.2.6.1.2- Les équilibres calcocarboniques

Les équilibres calcocarboniques vont aussi intervenir sur la quantité de gaz carbonique dissous. En effet les équilibres existants entre les six éléments fondamentaux d'une eau naturelle influent sur l'équilibre:



et vont régir la concentration des différentes formes du carbone minéral dans l'eau; ces équilibres dépendent également de la température mais aussi de la force ionique du milieu.



Ce dernier équilibre, caractérisé par une constante de

solubilité K_s , est l'équilibre de base de la formation des calcaires, forme de stockage naturel du carbone minéral.

Tous ces équilibres sont importants: les biologistes estiment que 50% du gaz carbonique produit est rejeté dans l'atmosphère sont absorbés par les océans.

Ainsi le transfert du gaz carbonique dans l'atmosphère, seule forme circulante du carbone minéral, dépend de sa pression partielle, de la température, du pH et de la force ionique du milieu.

1.2.6.2- Transformation du carbone minéral en carbone organique

Cette transformation s'effectue au cours de la photosynthèse et de la chimiosynthèse.

1.2.6.2.1- La photosynthèse

La photosynthèse ou l'assimilation chlorophyllienne caractérise tous les végétaux verts qu'ils soient aériens ou aquatiques.

les pigments photorécepteurs de l'énergie lumineuse, situés dans des organites cellulaires appelés chloroplastes, sont essentiellement représentés par la chlorophylle A et la chlorophylle B. Ces chlorophylles permettent le déroulement de la phase lumineuse de la photosynthèse, phase qui permet la synthèse des molécules riches en énergie (adénosinetriphosphate (A.T.P), nicotinamide adénine dinucléotide phosphate N.A.D.P).

Le gaz carbonique n'intervient que dans une seconde phase

appelée phase obscure car elle ne nécessite plus d'énergie lumineuse, l'énergie nécessaire à la fixation du gaz carbonique et sa transformation étant alors apportée par les molécules synthétisées au cours de la première phase.

La seconde phase débute par une réaction entre le gaz carbonique et le ribulose 1-5 diphosphate pour conduire finalement à la synthèse de glucose et d'amidon, le ribulose 1-5 diphosphate étant constamment resynthétisé selon un cycle appelé cycle de CALVIN.

Schématiquement on peut représenter ce cycle de la façon suivante (fig. 3):

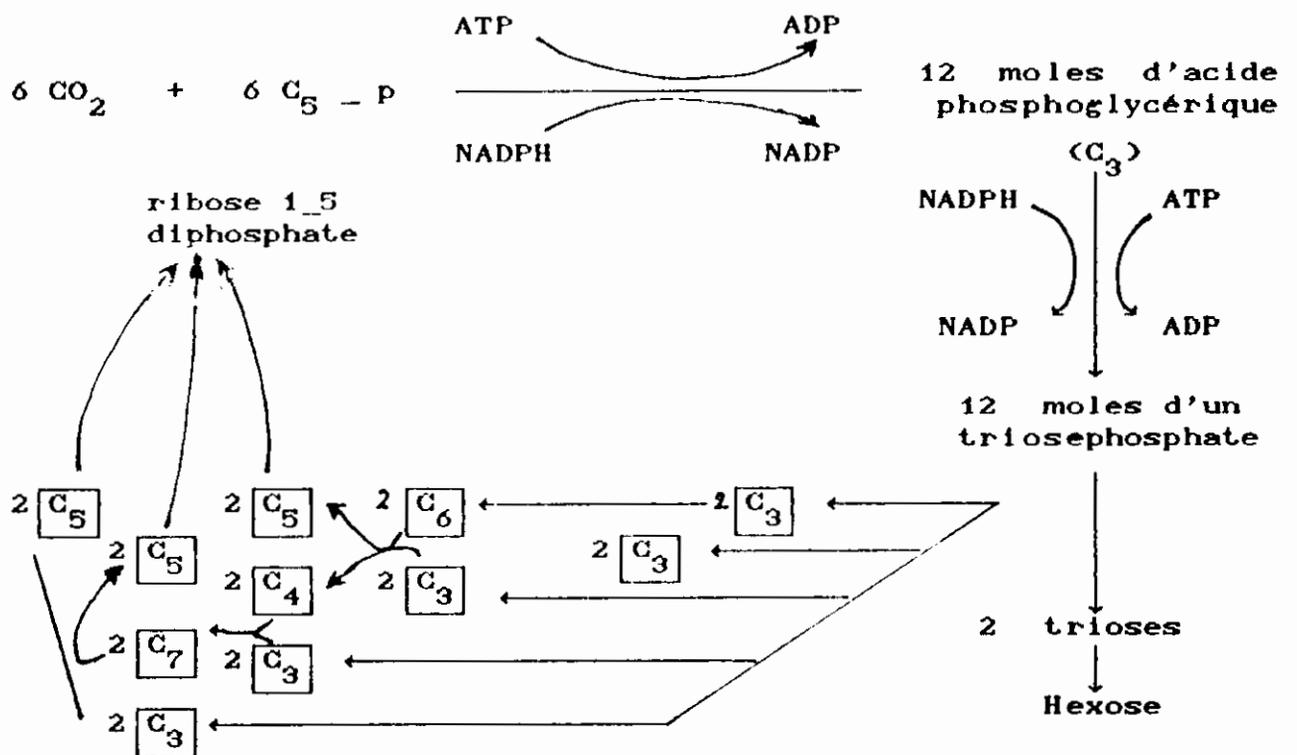


Figure 3: Cycle de CALVIN.

1.2.6.2.2- La chimiosynthèse

Dans ce cas, l'énergie utilisée n'est plus celle des photons mais celle dégagée par une réaction chimique ($\text{SH}_2 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$; $\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$; $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ etc...).

De très nombreuses bactéries sont chimiosynthétiques. Ces deux étapes, photosynthèse et chimiosynthèse, sont fondamentales dans le cycle du carbone. On estime à 100 milliards de tonnes de carbone par an, la quantité de carbone minéral ainsi transformé [8].

1.2.6.3- Evolution du carbone organique en carbone minéral

Nous nous intéressons ici à la dernière phase du cycle du carbone; phase qui fait largement appel aux êtres vivants. En effets les principales réactions qui conduisent à la formation de CO_2 font partie du métabolisme oxydatif, ensemble de réactions qui permet aux êtres vivants de régénérer les molécules riches en énergie dont ils ont besoin.

Ces processus de dégradation concernent tout particulièrement les sucres dont le glucose à travers les phénomènes de respiration cellulaire et de fermentation.

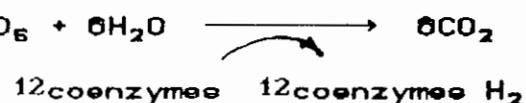
1.2.6.3.1- La respiration cellulaire

On parle de respiration lorsque les réactions du métabolisme oxydatif utilisent dans l'étape finale de l'oxygène comme accepteur d'électrons.

D'une manière générale, les processus biochimiques liés à la respiration sont inverses de ceux de la photosynthèse. Nous nous détaillerons que les étapes nous permettant de comprendre comment est formé le gaz carbonique.

Après une dégradation du glucose en molécules plus petites par déshydrogénations successives, dégradation aboutissant à l'acide pyruvique (on parle de glycolyse), vont se produire un certain nombre de décarboxylations successives, décarboxylations qui entrent dans un processus réactionnel appelé cycle de KREBS qui représente le segment terminal commun des voies métaboliques de tous les groupes d'éléments nutritionnels (protéines, glucides, lipides).

Le bilan d'ensemble de la glycolyse et du cycle de KREBS peut s'exprimer de la façon suivante :



chaque coenzyme H_2 pouvant conduire à la formation de 3 molécules d'ATP, on voit que la respiration (glycolyse + cycle de KREBS) peut conduire à la formation de 36 molécules d'ATP par mole de glucose.

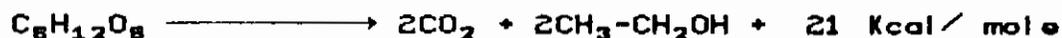
Contrairement à ce processus correspondant à un gain énergétique élevé, une autre voie conduit à la transformation des matières organiques en gaz carbonique c'est la fermentation.

1.2.6.3.2- La fermentation

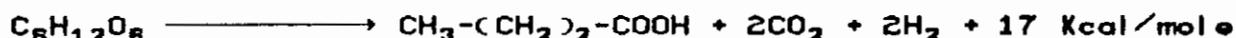
Contrairement à la respiration, les processus réactionnels mis en jeu se déroulent en l'absence d'oxygène libre. On distingue plusieurs types de fermentation selon le degré de dégradation

final du glucose:

- fermentation alcoolique (cas des levures)



- fermentation butyrique (bactéries de la famille des clostridium)



Nous noterons qu'il existe d'autres types de fermentation qui ne conduisent pas à la formation de gaz carbonique (fermentation lactique, acétique).

Par la suite la deuxième voie que nous citerons et qui permet de faire évoluer le carbone organique vers une minéralisation est l'humification.

1.2.6.3.3- L'humification

Une partie des substances humiques est entraînée dans les eaux (et tout particulièrement les acides fulviques, du fait de leur solubilité) par lessivage des sols. Ces substances interviennent dans le cycle du carbone puisqu'elles sont tout d'abord synthétisées à partir de la matière organique fraîche provenant des résidus animaux et végétaux s'incorporant au sol.

Sous l'action des microorganismes et de complexes enzymatiques exocellulaire, les sucres et les protéines sont dégradés en métabolites qui se condensent pour former l'humus. Ces condensations mettent en jeu des dérivés partiellement oxydés d'origine végétale (lignine, cellulose, quinone provenant d'oxydation partielle de composés phénoliques) qui vont se polymériser ou se complexer avec des sucres, des protéines, des acides aminés.

Globalement nous pouvons donc schématiser la synthèse des matières humiques de la façon suivante (fig. 4):

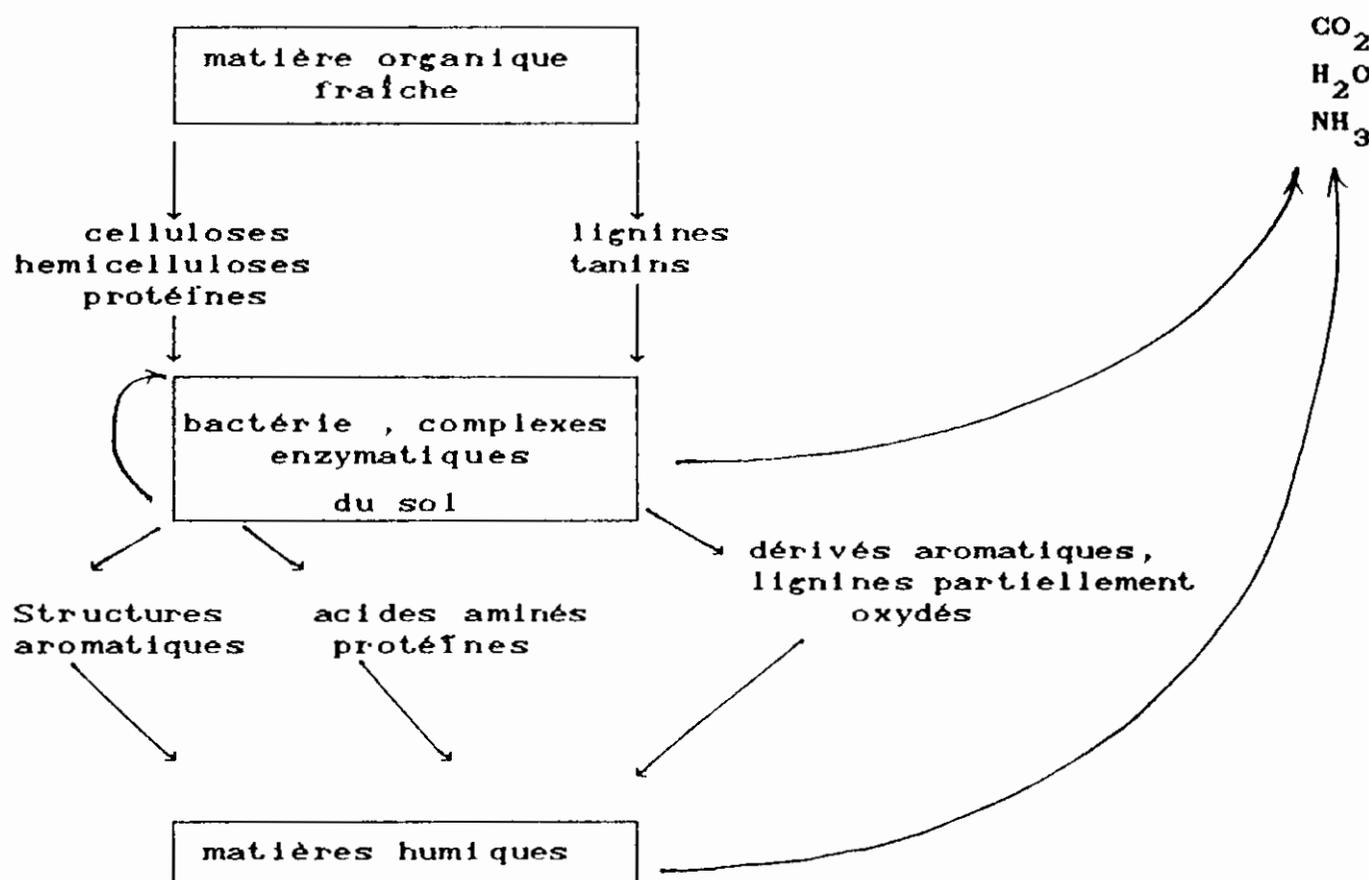


Figure 4: Synthèse des matières humiques.

La minéralisation des acides humiques vers le stade final gaz carbonique est très lente; les matières organiques humifiées étant en fait beaucoup plus résistantes à la biodégradation que la matière organique fraîche, du fait des polymérisations dont la dégradation nécessitera l'intervention d'un grand nombre d'espèces

bactériennes et de phénomènes d'adsorption qui se traduisent par une protection de l'humus vis-à-vis de la dégradation microbienne.

Il reste à noter qu'une voie non négligeable de la minéralisation de la matière organique est la combustion surtout due à l'activité anthropomorphique touchant surtout les réserves de matière organique (carburant).

Cette étude de l'évolution du carbone dans le milieu naturel nous a permis de rappeler la complexité des phénomènes mis en jeu.

De plus, les activités humaines augmentent encore la diversité des substances organiques susceptibles de se retrouver dans les eaux.

1.3- Origine et formes de l'azote dans l'eau

Pour caractériser la pollution azotée, on a introduit dans notre étude la détermination de l'ion ammonium, les nitrites et les nitrates.

Ce chapitre présente l'origine de l'azote dans les eaux et la relation entre ces différentes formes.

1.3.1- Le cycle de l'azote - origine des nutriments azotés

L'azote est la seule substance nutritive qui n'existe pas dans la "matrice rocheuse initiale" et dont l'origine est exclusivement atmosphérique (l'air en contient 79%) [9]; tous les engrais minéraux à base d'azote proviennent d'ammoniac synthétisé naturellement ou industriellement, à partir de l'azote de l'air. Les tableaux 1 et 2 et le schéma 1 ci-après représentant les

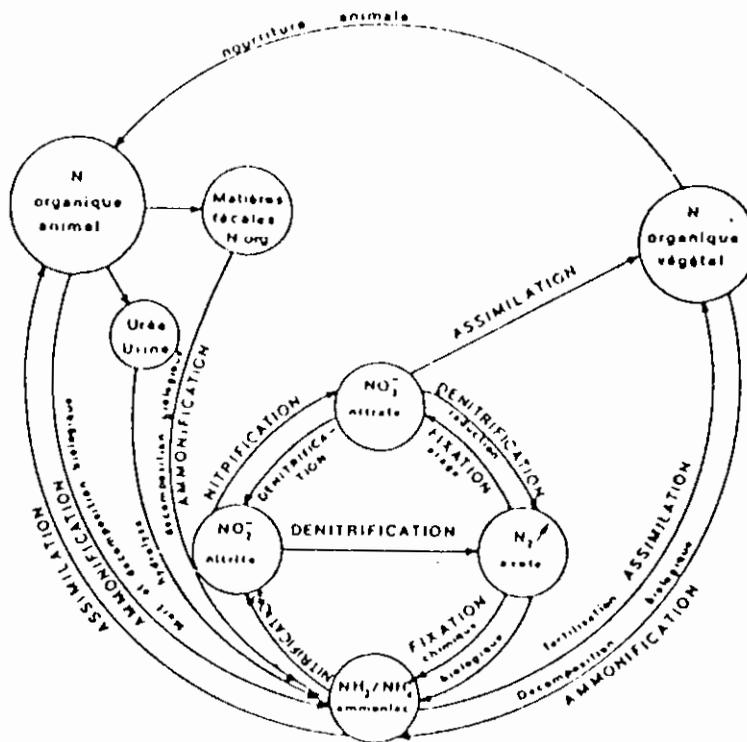


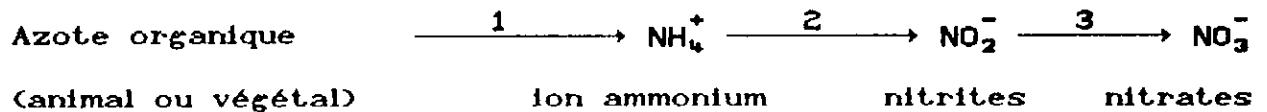
Schéma 1: Cycle de l'azote

cycles et origines de l'azote, la nature des différentes formes chimiques et la nature des réactions chimiques de transformation d'une forme à une autre, résumant les paramètres intéressants de cette étude.

1.3.1.1- Origines principales des ions nitrates

- a) Les engrais : qui fournissent de l'azote sous toutes ses formes et même directement sous la forme ion nitrate.
- b) La matière organique azotée : issue des excréments animaux (élevage) et humains (eaux usées domestiques).
- c) La matière organique végétale : phénomène de minéralisation de l'humus et des débris de végétaux.

1.3.1.2- Evolution de la structure chimique de l'azote pour aboutir à l'ion nitrate



Ces réactions sont des transformations effectuées par des microorganismes.

1.3.1.3- Cycle d'absorption de l'ion nitrate:

L'absorption de l'ion nitrate se fait

- Soit directement par Les plantes.
- Soit par L'intermédiaire des microorganismes (avec phénomène de blocage momentané).

Ce cycle d'absorption est très important pour les problèmes de l'environnement liés à l'ion nitrate dans les sols; en effet, la présence de l'ion nitrate et sa concentration à un moment donné dans le sol sont évidemment le résultat global de ces deux processus antagonistes: production et absorption.

Nous savons que plusieurs paramètres (saison, climat, pratique culturale) peuvent détruire cet équilibre en modifiant les vitesses des deux processus: la production devient supérieure à l'absorption et l'ion nitrate excédentaire, va, du fait de sa grande mobilité, pénétrer dans le sol et atteindre les eaux souterraines (et le réseau hydrographique de surface).

Tableau 1: Sources et possibilités d'absorption de l'azote
Extrait de Vollenweider [10] .

Composés azotés	Absorption	Source
N ₂ atmosphérique et dissous	en grande quantité par les organismes fixateurs d'azote, pourvu qu'il y ait des oligoéléments (P.ex. MO, Co)	L'atmosphère. A saturation, l'eau en contient environ 25 mg/l.
Nitrates et Nitrites	par tous les végétaux	a) atmosphère b) drainage des terres c) effluents d'égouts traités.
Ammonium	par tous les végétaux	a) drainage des terres b) excréctions animales (dans et hors de l'eau) c) effluents d'égouts d) effluents industriels e) décomposition des matières organiques
Composés organiques dissous	par les algues hétérotrophes, par les bactéries.	a) production extra cellulaire par les microorganismes (y compris les fixateurs d'azote) b) drainage des terres c) décomposition des matières organiques par les micro- organismes d) effluents des égouts.

TABLEAU 2 : FORMES DE L'AZOTE PRESENT DANS L'EAU

Extrait de Vollenweider [10].

AZOTE GAZEUX	AZOTE DISSOUS		AZOTE EN SUSPENSION
<p>N₂ N₂O NO</p>	<p>Combinaisons inorganiques</p>	<p>combinaisons organique d'acides peptides & polypeptides Albumines dissoutes autres & combinaisons organiques</p>	<p>organismes, détritus avec absorption de combinaisons inorganiques et organiques</p>
	<p>Sels d'azote déterminés séparément (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻).</p>	<p>Azote Kjeldahl(**)</p>	
<p>Azote total (*) dans le filtrat</p>			
<p>AZOTE total dans l'eau brute</p>			
<p>Formes décelables par analyses chimiques</p>			

* Azote total = Azote Kjeldahl + nitrites + nitrates

** Azote Kjeldahl = azote organique + ion ammonium NH₄⁺

1.4- Cycle du phosphore - origine et forme des nutriments

phosphorés

1.4.1- Filières de production

Depuis une vingtaine d'année, l'industrie du phosphore et de ses composés s'est énormément développée. Ils existes deux grandes filières de production. Utilisation du phosphore et de ses

dérivés:

- La filière directe, la plus importante en tonnage, qui part du phosphate naturel et qui par attaque acide aboutit aux engrais (Ceux-ci constituent 88 % de la quantité globale de phosphore utilisée dans le monde) et aux détergents (propriétés chélatantes et dispersantes).

- Une filière plus noble, partant également du phosphate naturel et passant par la production de phosphore élémentaire qui aboutit à des produits dérivés très spéciaux (plastifiants, insecticides, additifs pour textiles, usages métallurgiques etc....) concernant des secteurs d'activité très divers, mais le tonnage total correspondant est faible (quelques % de la consommation globale).

1.4.2- Principales origines des ions phosphates

1.4.2.1- Le phosphore: élément indispensable à la vie;

Il participe au métabolisme de diverses substances biochimiques, notamment par sa faculté de transport d'énergie, et c'est pourquoi on le rencontre comme élément majeur dans toutes les parties vitales du corps humain (53,3% (*) des os, 48% (*) dans les muscles et le cerveau (**)) et dans les végétaux, mais en plus faible proportion globale (0,8 à 1% en P_2O_5 de la masse végétale sèche dans les végétaux).

* En P_2O_5 par rapport à la teneur en cendres.

** 0,8 à 1% en phosphore de la matière sèche du cerveau des animaux.

Constituants importants de la matière vivante il est évident que l'on va donc le trouver dans toutes les formes de nourriture humaine ou animale, mais également dans les excréments (humains et animaux, environ 36 % (*)); Ces rejets domestiques et d'élevage constituent une des deux sources principales de nutriments phosphorés pour le milieu naturel.

1.4.2.2- Le phosphore, élément majeur du développement végétal:

A ce titre, il est fourni à la plante par deux voies:

- minéralisation de l'humus du sol, celui-ci étant formé et reconstitué par les amendements organiques végétaux et animaux du sol et les résidus des récoltes.
- Principalement par l'apport d'engrais

Nous notons que par chance pour le milieu naturel aquatique environnant, la mobilité de cet ion dans le sol est très faible.

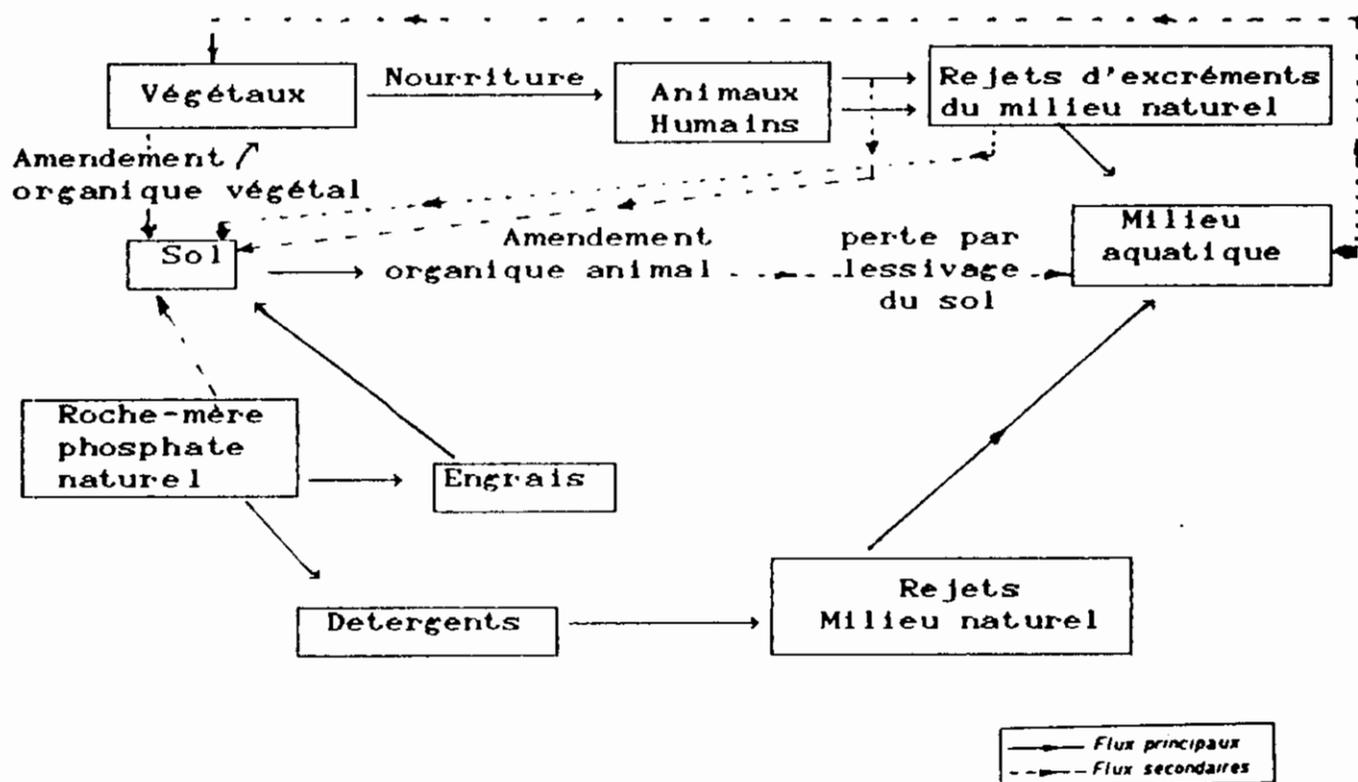
1.4.2.3- Le phosphore et les détergents

La deuxième source principale d'apport de nutriments phosphorés est liée à leur présence dans les détergents évacués par leurs eaux usées urbaines. La plupart des détergents contiennent de 20 à 40% de phosphate sous diverses formes (principalement polyphosphates) et l'essor important de la production des polyphosphates (triplement en France de 1960 à 1972: 54000 tonnes à 150000 tonnes), est lié à leurs remarquables qualités d'agents séquestrants et dispersants, compléments indispensables et de faible coût de l'agent tensioactif de base, que comporte le détergent.

1.4.2.4- "Le cycle" du phosphore

Le cycle global du phosphore est beaucoup plus simple que celui de l'azote puisque il n'y a pas d'échange avec l'atmosphère; il en est de même de la dynamique du phosphore dans le sol, ce cycle a été résumé dans le schéma (N°2) et le tableau 3 ci-après.

SCHEMA N°2. Le cycle du phosphore



On constate un déséquilibre très net du cycle avec enrichissement du milieu aquatique principalement par les détergents puis à un degré moindre par les excréments humains et animaux et par ruissellement sur les sols agricoles (à noter que cet entraînement sous forme particulière lors de l'érosion, peut

être très variable d'un site à l'autre).

TABLEAU 3: Sources et possibilité d'absorption du phosphore
Extrait de Vollenweider

Composés phosphorés	Absorption	Source
Phosphates soluble	Tous végétaux et animaux	a) Drainage des terres y compris excréments animaux; effluents des fermes b) Excréments des animaux aquatiques c) Effluents domestiques d) Effluents industriels e) Produit par le métabolisme des algues.
Phosphore combiné dans de substances organiques.	Les algues hétérotrophes et les micro-organismes.	a) Produits extracellulaire des micro-organismes b) Décomposition bactérienne et fongique de la matière organique.
Phosphate sous forme de minéraux insolubles	Tous les végétaux et animaux après solubilisation lente des phosphates	a) Parfois de grandes quantités dans les particules de sol entraînées par pluies & vents forts b) Petites quantités venant de l'érosion des roches.

1.4.2.5- Formes du phosphore

Contrairement à l'azote le phosphore est assez abondant dans la roche mère (0,3 à 1% en P_2O_5 en terrain cristallin ou volcanique, 0,05 à 0,3% en P_2O_5 en terrain sédimentaire) mais ces quantités importantes (souvent supérieures à 11000 kg en P_2O_5 /ha de terres arables) sont pour la plupart sous des formes chimiques inaccessibles pour la plante.

On rencontre (tableau 4):

a) Phosphates minéraux insolubles de la roche mère (la majorité); sous forme de phosphate de calcium ($Ca_3(PO_4)_2$ apatites), de magnésium, de fer ou d'aluminium. Il constitue une réserve de fond quasi-inutilisable directement, mais qui libère lentement des formes dissoutes utilisables.

Les processus de libération sont complexes; ils comportent des phénomènes de précipitation, solubilisation fonction du pH (si le pH diminue, les phosphates de fer et d'aluminium précipitent s'il augmente ce sont ceux du calcium qui précipitent), les phénomènes d'absorption sur les argiles et le complexe argile humique et des processus microbiens.

b) Phosphore organique; il constitue environ 10% (très variable) du phosphore total; combiné dans la matière organique dans un rapport $N/P_2O_5 = 4$, c'est une forme importante puisque facilement mobilisable pour la plante par voie bactérienne (minéralisation de l'humus avec formation de phosphate).

Il convient de noter le phénomène important d'adsorption réversible du phosphore sur le complexe argilo-humique; ce phosphore reste mobilisable pour la plante et cette adsorption qui

évite la précipitation du phosphore dans le sol sous des formes insolubles est un véritable mécanisme régulateur dans le cycle du phosphore (500 à 3000 kg de phosphore adsorbé par hectare).

c) Le phosphore soluble sous forme d'ion phosphate (mobile dans le sol) est en faible proportion 0,2 à 0,5kg par hectare (en P_2O_5).

TABLEAU 4 : FORMES DU PHOSPHORE PRESENT DANS L'EAU
d'après Vollenweider

P- total				
P-dissous		P en suspension		
Orthophosphates (PO_4^{3-})	Colloïdes organiques ou phosphore absorbé à un colloïde adsorbant	Sels inorganique & complexes adsorbants tel que $Fe(OH)_3$ + ion ortho-phosphate	Organismes	Absorbé à des débris ou combiné en forme organique
Polyphosphates				
Phosphore minéral	Phosphore organique	<p style="text-align: center;">← Dosage de P dans l'eau brute →</p>		
<p style="text-align: center;">Dosage dans le filtrat, du P total des PO_4^{3-} avant et après hydrolyse</p>				

1.5- Les composés minéraux

Les composés minéraux présents dans les eaux naturelles, trouvent essentiellement leur origine dans les échanges qui se

produisent entre l'eau et le sol. Ils résultent aussi du métabolisme des éléments constitutifs de la biomasse aquatique.

1.5.1- Les électrolytes minéraux

La nature chimique des terrains conditionne la composition électrolytique des eaux naturelles. Il en résulte des qualités d'eaux extrêmement variées.

On peut classer toutefois les constituants minéraux en deux catégories : les éléments fondamentaux et les éléments caractéristiques.

1.5.1.1- Les éléments fondamentaux

Sont ceux que l'on retrouve dans toutes les eaux naturelles; ils représentent le système calcocarbonique associé aux ions issus de la dissociation de l'eau; ils sont au nombre de six:

H_2CO_3 , HCO_3^- , CO_3^{--} , Ca^{++} , OH^- , et H^+ .

Leur présence découle de la dissolution dans l'eau du gaz carbonique et au passage en solution sous l'effet de l'acidité carbonique du carbonate de calcium.

Les eaux riches en calcium ou eaux dures, se rencontrent dans les régions où le sol organique est épais et les formations calcaires présentes; dans les zones où le sol organique est mince et les formations calcaires rares ou absentes, le calcium est à plus faible concentration, les eaux sont douces, mais il n'est

pratiquement jamais absent.

Ainsi nous avons été conduit à mesurer le pH, le Titre hydrotimétrique et l'alcalinité.

1.5.1.2- Les éléments caractéristiques

Regroupent l'ensemble des autres ions minéraux qui résultent aussi souvent de l'action dissolvante de l'acide carbonique (Mg^{++} , Fe^{++} , Mn^{++} , Al^{+++} , Cl^{-} , SO_4^{--} , NO_3^{-} , SiO_3^{--} , ...).

Leur présence donne sa particularité à l'eau; Lorsque elle contient successivement Mg^{++} , Fe^{++} , Cl^{-} , SO_4^{--} , elle sera dite magnésienne, ferrugineuse, chlorurée, séléniteuse, etc.

C'est pourquoi nous avons mesuré la concentration des ions Mg^{++} , Na^{+} , K^{+} , Cl^{-} , SO_4^{--} .

Notons enfin qu'une évolution approximative de la minéralisation d'une eau peut être très facilement effectuée par mesure de la conductivité électrique.

- PARTIE 2 -

SITUATION DU TERRAIN

PARTIE 2- SITUATION DU TERRAIN D'ETUDE

2.1- Le milieu

2.1.1- Le bassin versant

2.1.1.1- Localisation géographique

L'oued Rhumel, principal cours d'eau dans la wilaya de Constantine reçoit des affluents le long de son cours et prend le nom de oued El-Kébir dans la wilaya de JIJEL.

Le bassin versant de cet oued, délimité sur la carte structurale d'après Vila (1978) [11], recouvre, comme nous pouvons le constater sur la figure 5 une importante surface sur ces deux premiers tiers. Limité au sud par les chotts du sud Constantinois, il s'étend de Zighoud Youcef au Nord-Est à Ain-Fakroun au Sud-Est, et de Arbaoun au Nord-Ouest à Setif au Sud-Ouest.

Au delà de ces deux premiers tiers, le Rhumel coule sous le nom de oued El-Kebir, dans la wilaya de JIJEL son bassin versant se rétrécit considérablement et ne s'étend plus que du djebel Sidi-Driss à l'Est au col de Fédoules à l'Ouest, et continue ainsi à se rétrécir jusqu'à la mer dans la baie de JIJEL.

En fonction de divers éléments qui seront discutés respectivement, nous avons pu délimiter trois "régions géographiques" numérotées du nord au sud comme l'indique la figure 5.

2.1.1.2- Géologie

Un cours d'eau, siège de transport d'éléments de diverses natures, verra ses paramètres physico-chimiques fortement influencés par la nature géologique des terrains drainés.

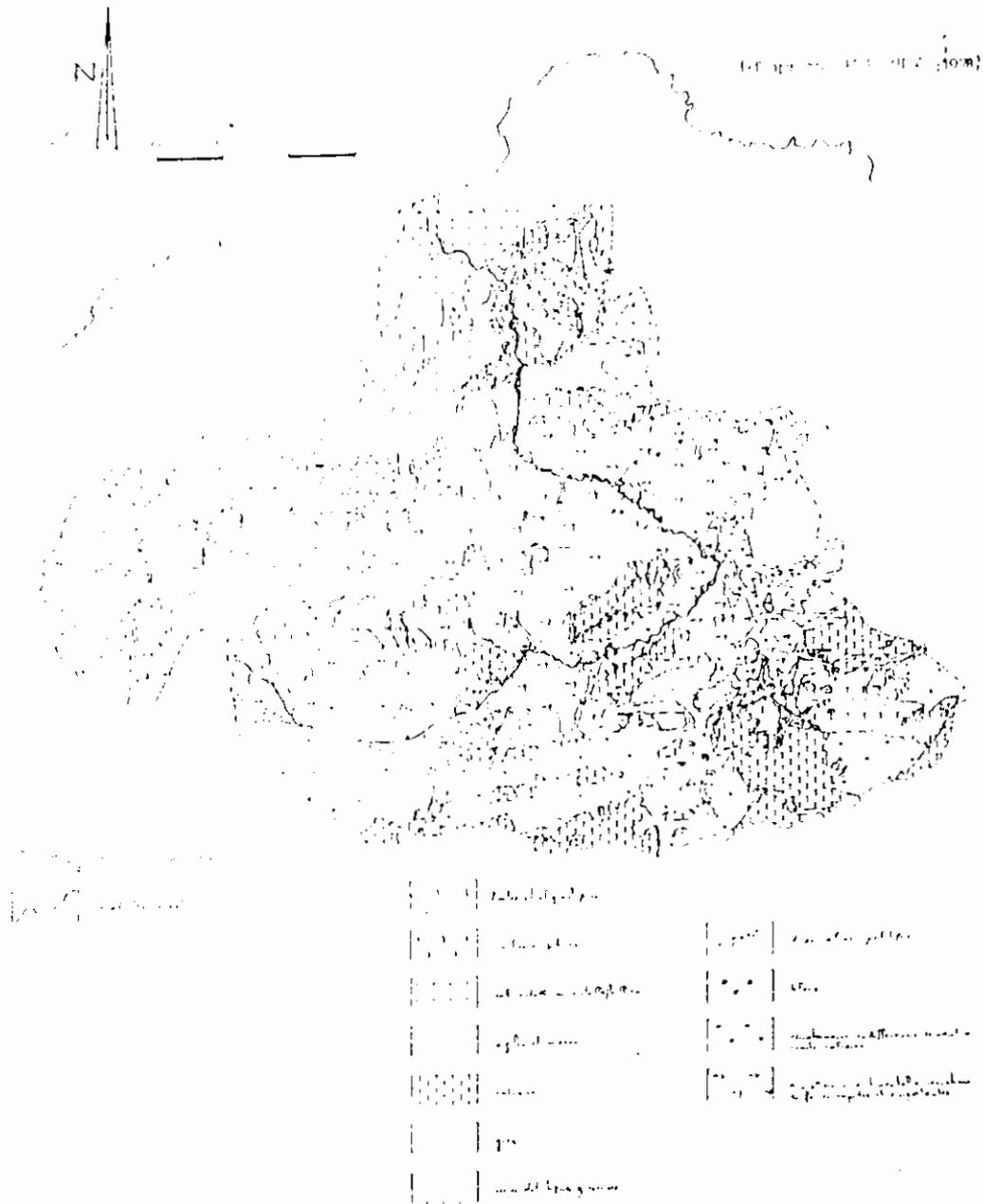
De part l'importante étendue du bassin versant de l'oued Rhumel et Kebir, sa géologie reflète celle de la zone centrale du tell de l'Est Algérien et montre des variantes au niveau des zones délimitées. Les observations géologiques sont basées sur la carte structurale au 1/500000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale établie par Vila (1978), (fig.6).

Prenant sa source dans la nappe tellienne calcaire et marneuse des monts de Ferdjloua (ou Fedj-Mzala), le Rhumel gagne les roches récentes du quaternaire indifférencié, composées tantôt d'argile à gypse ou de marne et tantôt de couches calcaires. Au Sud-Est du bassin, la nappe tellienne calcaire et marneuse laisse affleurer au niveau des djebels Guerloun, Fortas, Oum-Settas, Felten et Chettaba des séries entièrement carbonatées (calcaires).

Dans la zone moyenne, le bassin versant est surtout formé des matériaux récents déjà rencontrés en amont, de nature argilo-marneuse et calcaire. Des nappes de charriage de grès numidien se retrouvent en retrait dans le Constantinois à l'Est et des grès autochtones à l'Ouest. Dans cette zone moyenne le Rhumel creuse des gorges profondes dans le rocher calcaire de Constantine et celui du Khneg.

En aval, l'oued creuse son lit dans la nappe tellienne calcaire-marneuse du djebel Msid-Aïcha affluent à travers les charriages gréseux à l'Est et à l'Ouest. Les grès et séries

détritiques des monts d'El-Milia laissant affleurer la roche éruptive de nature granitique sont drainés par l'oued Boussiaba affluent de l'oued El-Kebir qui atteint alors la nappe cotière dont le rocher est cristallin ou cristallophyllien.



- Figure 6 - Carte structurale

2.1.1.3- Géomorphologie

Le bassin versant fait partie de l'Atlas tellien qui constitue dans son ensemble un pays surtout montagneux où les plissements d'orientation Est-Ouest et l'érosion considérable qui a suivi explique les caractéristiques dominantes de la région. La carte structurale citée au §.II.1.1.2 servira de base pour cette étude géomorphologique (fig. 6).

Prenant naissance à l'Ouest dans les monts de Djemila dont l'altitude varie entre 100 et 1500 mètres, l'oued gagne la haute plaine des Ouled Abdenour où le relief est extrêmement plat de Bellaâ à Oued Athmania.

S'écoulant vers Constantine, l'oued sépare le plateau de Boumalek et le djebel Chettaba, du djebel Felten et du plateau de Guettar El Aich.

Dans sa zone moyenne, le bassin versant couvre la partie Nord des hautes plaines, immenses étendues ondulées où l'altitude se situe souvent autour de 500 mètres, quoique cette subhorizontalité est rompue par des tronçons de chaînes au Sud-Est (Djebels Oum-Settas, Fortas, Chettaba...) pouvant atteindre 1729 mètres au djebel Guerioun. Le relief est moins accidenté pour les deux tiers Sud où on a assisté à de rares îlots boisés. Vu la prédominance de matériaux tendres, les régions moyennes et Sud sont très marquées par l'érosion en griffe et en nappe (solifluxion).

Après s'être engouffré au niveau de la zone moyenne dans des canyons, tels que ceux de Constantine et du Khneg, l'oued arrive dans la dépression de Mila et franchit la chaîne numidique tantôt dans des gorges profondes réduisant son lit, tantôt dans

une vallée permettant la culture intensive (maraîchage et arboriculture) sur les terres (où les superficies restent réduites) grâce à l'irrigation pratiquée par des pompages dans l'oued lorsque les berges ne souffrent pas de glissements souvent dangereux.

2.1.1.4- Climatologie

Le bassin versant doit à sa position, un climat de type méditerranéen avec des hivers doux, des pluies d'automne, d'hiver et de printemps, des étés chauds et secs, mais néanmoins loin d'être désertique. Il reçoit un taux de pluviométrie minimal de 300 mm/an au Sud-Ouest et à plus de 1500 mm/an au Nord. Sur un tiers de sa surface, la pluviométrie est supérieure à 600 mm/an.

Pour caractériser le climat du bassin versant, on peut employer les termes d'inégalité entre les régions, entre les saisons et entre les années. La région côtière au climat maritime, aux faibles écarts de température, est humide et bien arrosée. la pluviométrie varie entre 900 et 1500 mm/an [12].

Les plaines et collines sub-littorales, encore suffisamment pluvieuses où les taux de pluies se situent entre 500 et 1000 mm/an plus humides à l'ouest qu'à l'Est. L'atmosphère y est cependant plus sèche et des différences marquées entre l'été et l'hiver leur confèrent un climat déjà semi-continental restant encore du type méditerranéen.

La partie Sud correspondant à la troisième zone a un climat continental rude, souvent semi-aride ou méditerranéen steppique, avec des forts écarts journaliers et annuelles, des étés chauds et des hivers froids. A ce niveau la pluviométrie varie de 300 mm

dans la partie limitant la zone des sebkhas, à 600 ou 700 mm sur les djebels du Sud-Est.

Les différences d'année en année sont assez importantes; nous remarquons une variation de 686.6 mm/an en 1972-1973 à 380.7 mm/an en 1974-1975 à Hamma Bouziane, et de 1073 mm/an en 1972-1973 à 719 mm/an en 1974-1975 à Hamala au Nord de Grarem [11].

Ces différences sont encore sensibles d'une saison à l'autre; à Ain-Smara la pluviométrie a varié de 88 mm/an en JANVIER 1972-1973 à 1.6 mm/an en MAI de la même année et pour les mois de la même année de 229.5 mm/an à 0.0 mm/an à Hamala [12].

Les pluies, irrégulières, sont réparties sur une courte période. L'été est pratiquement sec de MAI à SEPTEMBRE; seuls tombent sur l'intérieur quelques orages très localisés; le maximum des pluies tombe en hiver. Cette irrégularité a déjà été constatée par Sarab (1978)[11], soulignant que la connaissance des extrêmes climatiques des semi-arides est plus importante que celle de la moyenne.

2.1.2- Aspects hydrologiques de l'oued Rhumel et Kebir.

L'oued Rhumel et Kebir reflète le type de cours d'eau méditerranéen. En Algérie du Nord, l'hydrologie est la conséquence d'une part, du caractère heurté et morcelé du relief et d'autre part, de l'étroitesse de bande tellienne qui ne dépasse jamais 150 à 200 km de large. C'est pourquoi les cours d'eau sont brefs; ils se nomment "Oueds" plutôt que rivières pour montrer leur caractère saisonnier.

Un oued apparaît comme une succession de cours d'eau dont

l'aspect, le débit, le mode d'alimentation, le nom même varient tout au long du trajet.

Le climat, tranché en deux saisons contrastées, a une influence directe sur les cours d'eau; leur régime est très irrégulier car ils vivent au rythme des averses. D'un caractère torrentiel, excessif en hiver, ils sont soumis pendant la saison sèche à une longue période de maigre. L'écoulement superficiel se réduit à de minces filets d'eau perdus dans le lit majeur des crues, et serpentant capricieusement autours des amas de blocs entre des flaques bordées de lauriers roses et de tamarins quelquefois tout écoulement aérien disparaît.

Cependant dans le cas de l'oued Rhumel et Kebir le débit reste plus important.

Pendant la saison humide, les oueds sont parcourus par des crues violentes et souvent dévastatrices. Ces crues sont subites, désordonnées et de courte durée. Les eaux charrient de grandes quantités de matériaux solides, des pans de berges s'écroulent et les champs sont parfois submergés.

S'écoulant de l'intérieur vers la mer, et prenant naissance à l'ouest dans les monts de Ferdjioua sous le nom de oued Soulani, le Rhumel en s'écoulant vers l'Est ne reçoit que de petits affluents plus nombreux sur la rive Nord où le relief est plus ondulé que sur la rive Sud.

En entrant dans la ville de Constantine, le Rhumel, qui s'oriente alors du Sud-Est à l'entrée de la ville, au Nord-Ouest au niveau de la mer, reçoit un affluent important l'oued Bou-Merzoug alimenté à l'Est par les monts de Oued-Zenati et au Sud-Est par les djebels Oum-Settas, Fortas,...

Au niveau de son cours moyen, l'oued Rhumel est grossi au Nord de Grarem par l'oued Smendou qui regroupe les eaux de Didouche Mourad et de Zighouf Youcef à l'Est. Au Sud de Grarem, le Rhumel qui prend alors le nom de oued El-Kebir reçoit un second important affluent, l'oued Endja ayant lui même comme affluent un petit oued portant le nom oued El Kebir et oued Sellah qui drainent les versants Nord des monts de Ferdjloua. A El Milla l'oued Bou Slaba alimenté par les monts environnants vient se déverser dans l'oued El-Kebir. En plus de ceux-ci, l'oued est alimenté tout au long de son trajet par des petits oueds temporaires.

Ayant souligné l'influence directe de la climatologie, on note les variations de la pluviométrie et du débit. A Aïn - Smara au cours de l'année 1972-1973 la pluviométrie varie de 95,2 mm au mois de mars à 14,8 mm en juillet de même que le débit, au cours de la même année et des mêmes mois, varie d'une année à l'autre indépendamment de la localisation. A Aïn - Smara le débit moyen annuel relevé au cours de l'année 1972-1973 est $2,02 \text{ m}^3/\text{s}$ et seulement de $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$ pour l'année 1974-1975. Pour les mêmes années, ce même débit varie de $6,88 \text{ m}^3/\text{s}$ à Aïn - Smara à $36,76 \text{ m}^3/\text{s}$ à Grarem.

Comme le montre ce dernier exemple et d'autres qu'on peut tirer de la référence 11, l'augmentation du débit de l'oued est plus importante que celle de la pluviométrie. Ceci est dû au fait que le bassin versant contribue à l'alimentation au fur et à mesure qu'on approche de la sortie du versant.

2.2- Environnement urbain et rural dans la wilaya de CONSTANTINE

2.2.1- Présentation de la wilaya

2.2.1.1- Au point de vue agglomération

La wilaya de Constantine englobe de grands centres urbains à savoir le chef lieu de wilaya, les daïrate d'El-Khrpub, Zighoud Youcef et des villes naissantes telles que Didouche Mourad, Hamma-Bouzlane, Aïn Smara ...

L'accroissement économique engendre l'extention du tissu urbain et crée par là même des problèmes tel que :

- augmentation du tonnage des déchets ménagers et de leur consistance

- augmentation du parc roulant avec perturbation du trafic routier (circulation difficile), qui se traduit par un dégagement de gaz nocifs.

- déséquilibre de l'espace bâti et de l'espace à réserver au vert.

- extention des commerces artisanaux et autres (commerce à profit) dans les cités créant des nuisances (bruit, rejet de déchets solides et liquides)

- vétusité du réseau d' assainissement

- naissance de bidonvilles provoquant une déficience dans l'hygiène publique (foyers d'épidémiologie).

Ce changement dans la structure de l'habitat et du mode de vie entraîne impérativement la mise en place de nouvelles structures, pour résorber ces méfaits tels que la gestion des déchets ménagers, le traitement des eaux usées, l'adaptation du réseau routier au besoins actuels, l'accroissement des espaces verts....

Néanmoins pour juguler ces problèmes qui deviennent menaçant, une restructuration à la limite des besoins est à réaliser dans les délais les plus courts afin d'être apte à dominer la métamorphose que sont entrain de connaître nos agglomération.

2.2.1.2- Au point de vue unités industrielles

Dans ce domaine, la wilaya de Constantine est devenue un grand centre industriel.

Les principales zones industrielles sont [13]:

- zone industrielle Palma et Chaabat-Er-Sas Constantine
- zone industrielle de oued Hmimime [CIMOTRA, PMO ex ALMO et [COPREBA]
- zone industrielle Ain-Smara [CPG, CGA...]
- zone industrielle de Didouche Mourad [Boulangerie industrielle, EMIB...]
- Cimenterie de Hamma- Bouziane
- Nouvelle zone d'El-Haria
- Unités Economiques et commerciales isolées, carrières...

Avec cette intensification des industries lourde et légère, de nombreux problèmes ayant trait à l'environnement urbain et rural sont apparus.

- pollution par les déchets industriels de grands espaces (terres agricoles, cours d'eau, boisement...)
- pollution des cours d'eau par les rejets liquides
- pollution atmosphérique (poussière, fumée..)
- dévalorisation de l'occupation des sols avec un grand

- augmentation de la consommation en eau des industries à l'encontre de la consommation en eau des populations et de l'agriculture.

2.2.1.3- Conclusion

Au vu de ce qui précède, il serait souhaitable de réunir périodiquement une commission élargie à tous les secteurs d'activité, avec un plan de travail bien défini au préalable pour le suivi et l'application stricte sur les dispositions prises pour la protection de l'environnement.

La situation actuelle est critique et les possibilités de redressement de cet état de fait sont énormes pourvu que chacun oeuvre dans l'amélioration et la préservation de cet environnement si fragile.

2.2.2- Différents types d'industries dans la wilaya

2.2.2.1- Industrie mécanique:

- complexe moteurs tracteurs (Oued Ahmimime)
- complexe pelles et grue (Ain-Smara)
- complexe compresseur compacteur (Ain-Smara)
- unité de production machine outil (Oued Hmimime)

2.2.2.2- Industrie de lait et dérivés:

- unité ORELAIT (Chaabat-Er-Sass)

2.2.2.3- Unité textile:

- COTITEX (Chaabat-Er-Sass)

2.2.2.4- Cimenterie et briqueterie:

- unité céramique (Ibn Ziad)
- cimenterie Hamma Bouziane

2.2.2.4- Cimenterie et briqueterie:

- unité céramique (Ibn Ziad)
- cimenterie Hamma Bouziane
- briqueterie (Didouche Mourad)

2.2.2.5- Unités ERDP:

- unité de stockage et distribution de produits pétroliers et gaziers (Bounouara - El Khroub)
- centre d'enfutage (Bounouara El Khroub)

2.2.2.6- Boulangerie - Minoterie - Biscuiterie:

- boulangerie industrielle (Didouche Mourad)
- biscuiterie - minoterie ERIAD (El-Khroub)
- ERIAD - unités 311 - 312 - 313 (Hamma Bouziane)

2.2.2.7- Industrie de boisson:

- unité EMIB (Didouche Mourad)

2.2.2.8- Industrie de tabac et allumette:

- unité 29 Mohamed Loucif (Constantine)
- unité 30 Amar Merouche (Constantine)
- complexe tabac et allumettes (El-Khroub).

- PARTIE 3 -
EXPERIMENTATION

PARTIE 3 - EXPERIMENTATION

Dans cette partie, on aborde le travail de terrain et de laboratoire effectué dans le but d'étudier et de caractériser l'eau de l'oued Rhumel depuis sa source jusqu'à la mer.

Le chapitre 1 développe les conditions expérimentales de notre étude dont les résultats sont présentés et discutés dans la partie 4.

Le chapitre 2 présente les méthodes d'analyse utilisées pour les déterminations des différents paramètres mesurés.

3.1- Conditions expérimentales:

Le but de notre intervention est l'évaluation de la qualité physico-chimique et l'étude de la pollution organique des eaux de l'oued Rhumel, car celles-ci n'ont pu être menées d'une manière exhaustive jusqu'à présent.

Le manque d'information sur la caractérisation des eaux des cours d'eau impliqués dans l'étude impose un suivi de la qualité de l'eau au moins sur deux années.

3.1.1- Les points de prélèvement:

Dans le choix des points de prélèvement la probabilité de pouvoir y constater une pollution importante a été considérée. Une vue sur la carte montre vite que l'oued sert de récepteur pour les eaux d'égoûts d'agglomérations importantes. Car leurs eaux usées

déversent directement sur le cours d'eau.

Les agglomérations dont il s'agit sont Tadjenant, Chelghoum-Laid, Oued Athmania, Ain Smara, Constantine, Hama Bouziane, Grarem, El Milia et El-Ancer.

Dans un premier temps les points de prélèvement se trouvent juste en amont d'une agglomération, à quelques kilomètres en aval de l'agglomération et à peu près au milieu de deux agglomérations consécutives. Cependant seulement onze points ont été retenus, car ils sont les plus représentatifs.

Les endroits exactes où les prélèvements ont été pris sont indiqués dans les tableaux 5 et 6 l'ordre des points suit la direction du courant.

TABLEAU 5 : Nom et emplacement des points de prélèvements sur le RHUMEL en amont de CONSTANTINE [14]

N°	Nom du point de prélèvement	Coordonnée Lambert	Distance depuis la source en Km
1	TADJENANT	804.3/318.9	11
2	Chelghoum Laid	817.6/326.6	30
3	Oued Athmania	831.0/331.7	54
4	Ain Smara	842.0/335.8	71
5	aval Ain Smara	849.0/342.9	85
6	Constantine	847.2/351.3	96

TABLEAU 6 : Nom et emplacement des points de prélèvement sur le Rhumel en aval de Constantine

N°	Nom du poin de prélèvement	Coordonnée Lambert	Distance depuis Constantine en Km
7	Pont El-Kehla	847.2/351.3	10
8	GRAREM	821.6/363.4	56
9	TISSERIMANE	820.0/376.8	76
10	El-Milla	817.7/390.3	93
11	Embouchure	802.9/401.4	109

3.1.2- Les moments de prélèvement:

Le programme des points de prélèvement, initialement prévu pour une campagne mensuelle sur deux années, s'est vu limité à vingt campagnes au total, regroupées en deux périodes d'étude successives (Septembre 1987 à Juin 1988 et Septembre 1988 à Juin 1989).

Les moments de prélèvement ont toujours été fixés à l'avance, des sorties n'ont pas été repoussées pour des raisons de crus.

Durant les deux périodes d'étude, les sorties de prélèvement ont été réparties à deux journées consécutives.

Les sorties ont eu lieu dès la matinée, les distances entre les points de prélèvement font qu'il peut y avoir un écart de temps de quatre à cinq heures entre le premier et le dernier prélèvement. Ceci a une influence sur la signification des teneurs en oxygène enregistrées.

3.1.3- Méthode de prélèvement:

Nous avons utilisé la méthode manuelle classique, car c'est la méthode universellement utilisée en surveillance de la qualité des eaux [15]: à l'aide d'un sceau, un aliquot d'eau est prélevé, depuis la berge du cours d'eau à un endroit le plus loin que possible vers le milieu de l'oued ou du pont qui l'enjambe. L'échantillon est ramené au laboratoire pour analyse.

Les prélèvements sont constitués des échantillons suivants :

- Un litre d'eau pris dans une bouteille en polyéthylène pour l'analyse générale à chaque point de prélèvement (N1 à N11).
- Un flacon en verre à oxygène de capacité de 250 ml est rempli d'eau à chaque point de prélèvement où l'oxygène est fixé in-situ.
- Des dilutions sont faites dans des couples de flacons en verre de 250 ml dont chaque couple l'un sert à la fixation de l'oxygène et l'autre à la détermination de la DBO5.
- Les échantillons ainsi prélevés sont transportés dans une glacière portative dont la température est approximativement de +4°C.
- Dès l'arrivée au laboratoire les mesures de la conductivité et du pH sont faites puis les échantillons sont stockés au réfrigérateur à ce moment commence l'analyse.

3.1.4- Paramètres mesurés:

Le tableau 7 donne la liste des paramètres mesurés et le symbole ou l'abréviation correspondant pour les représenter dans cette étude.

Tableau 7 : Paramètres mesurés

Paramètre	Symbole	Type de flacon	Conservation	Laboratoire
Température eau....	T			mesure in situ
pH.....	pH			
Conductivité électrique.....	CE			
Oxygène dissous....	O ₂	flacon en verre 250 ml		
Demande biochimique en oxygène après 5j....	DBO ₅	flacon en verre 250 ml		laboratoire traitement des eaux département de chimie analytique
Demande chimique en oxygène....	DCO			institut de chimie Université de Constantine
Chlorures..	Cl ⁻			
Sulfates...	SO ₄ ²⁻			
Phosphates..	PO ₄ ³⁻	flacon en Polyéthylène (1 litre)	réfrigération (T < 4 °c)	
Nitrates...	NO ₃ ⁻			
Nitrites...	NO ₂ ⁻			
Azote ammoniacal.....	NH ₄ ⁺			
Calcium....	Ca ²⁺			
Magnésium..	Mg ²⁺			
Sodium.....	Na ⁺			
Potassium..	K ⁺			
Dureté total.....	TH			
Titre alcalimétrique.	TA			
Titre alcalimétrique complet....	TAC			

3.1.5- Laboratoire d'analyse:

Les échantillons ainsi prélevés sont transportés dans une glacière portative et à l'arrivée au laboratoire de traitement des eaux de l'institut de chimie de l'université de Constantine (l'unique laboratoire où toutes les analyses ont été effectuées) le pH et la conductivité électrique ont été mesurés, ensuite et dans les 24 heures qui suivent, il y a eu la détermination de tous les paramètres à étudier.

3.2- Méthodes d'analyses

Tous les dosages concernant les paramètres impliqués par cette étude ont été effectués selon les protocoles décrits par les normes AFNOR (1986) [16].

3.2.1- Paramètres de base:

3.2.1.1- La température de l'eau (T)

Elle a été prise (au même endroit et au même moment) à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué en degrés Celsius.

Vu l'impossibilité de mesure au sein de l'eau, nous avons prélevé l'eau dans un seau de cinq litres de capacité et nous y avons plongé immédiatement un thermomètre sensible, soigneusement étalonné. Par la suite nous avons procédé à la lecture de la température en laissant le réservoir du thermomètre dans l'eau.

3.2.1.2- Le pH

La mesure du pH des eaux a été effectuée selon la méthode potentiométrique, au moyen de l'électrode de verre [15].

Principe :

La différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence (calomel KCl saturé) plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci. En effet, d'après les lois de NERNST, le potentiel de l'électrode est lié à l'activité des ions H^+ présents par la relation:

$$x = k + \frac{RT}{F} \cdot \text{Log} |H^+|$$

où R représente la constante des gaz, en joules/degrés moles;

T la température absolue (K);

F Le symbole du Faraday (96500 Cbs);

$|H^+|$ est l'activité des ions H^+ ;

k est une constante dépendant de la nature du verre de l'électrode et du dispositif de mesure .

La différence du pH de deux solutions X et S est définie à la même température, comme suit :

Les forces électromotrices des piles en volts :

Ex : électrode relais-verre de l'électrode de verre /solutionX,
solution du KCl saturée immobilisée / électrode de référence,

Es : électrode relais -verre de l'électrode de verre /solution S,
solution de KCl saturée immobilisée / électrode de référence,

doivent être mesurées, les deux piles étant à la même température et l'électrode de référence étant la même dans les deux cas .

Le pH de la solution X, symbolisé par pH(X), est alors relié au pH de la solution, pH(S), par la relation:

$$\text{pH(X)} - \text{pH(S)} = \frac{E_s - E_x}{2.3026 \frac{RT}{F}}$$

Dans cette équation, le numérateur et le dénominateur doivent être exprimés dans un système cohérent d'unités, de telle façon que le pH soit un nombre.

La détermination du pH revient donc à la mesure exacte d'une différence de potentiel, cette mesure s'effectue à l'aide d'un dispositif potentiométrique à amplificateur. Ce montage est nécessaire par suite de la grande résistance du circuit électrique et, en particulier, de l'électrode de verre.

Etant donné l'influence de la température sur le résultat de la mesure, l'électromètre employé devra être muni d'un dispositif permettant la compensation de la température et la conversion exacte de la force électromotrice en unités de pH, à la température de l'échantillon.

Les potentiels d'asymétrie de la membrane de verre et les potentiels de jonction et de diffusion entre l'électrode de référence (calomel/KCl saturé) et le liquide en essai, seront éliminés par un tarage de l'installation à l'aide de solutions de référence de pH connu. L'une de ces solutions étalons sera considérée comme étalon primaire.

Dés le retour au laboratoire, lecture sur pH-mètre (Metrohm Herisau E516 Titriskop) muni d'une électrode combinée (calomel/verre).

3.2.1.3- La conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique a été mesurée le jour même du prélèvement à l'aide d'un conductimètre de type CD 810 (TACUSSEL électronique) muni d'un élément de mesure qui est constitué par deux électrodes recouvertes de noir de platine, ayant chacune une surface S (cm^2) et maintenues parallèles à une distance l (1 cm) l'une de l'autre, et protégées par une gaine de verre (permettant un bon échange entre la solution et les électrodes) [18].

L'appareil est équipé d'un dispositif de compensation de température, commandé manuellement ou à action automatique, qui permet par lecture directe d'obtenir une bonne appréciation de la conductivité à la température de référence (20°C).

PRINCIPE :

Mesure de la résistance ou de la conductance électrique d'une colonne d'eau délimitée par deux électrodes de platine (ou recouvertes de noir de platine) maintenues parallèles.

Si R est la résistance de la colonne d'eau en Ohms, S sa section en centimètres carrés et l sa longueur en centimètres;

La résistivité électrique en Ohms-centimètres est:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

La conductivité électrique en siemens par centimètre est:

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{R \cdot S}$$

$\frac{l}{S}$ est appelée constante de l'élément de mesure et est le plus souvent exprimée en cm^{-1} .

La résistivité (ou la conductivité) varie avec la température. La température de référence pour l'expression de la résistivité ou de la conductivité est la température de 20°C . Pour

les eaux naturelles dont la conductivité est supérieur à 20 micro-siemens par centimètre ($\rho \leq 50000 \Omega.cm$) la conductivité γ_1 à la température t_1 est liée à la conductivité γ_2 , à la température t_2 par la relation linéaire.

$$\gamma_1 = \gamma_2 [1 + \alpha(t_1 - t_2)]$$

α est un coefficient qui dépend de la nature et de la concentration des éléments contenus dans l'eau.

3.2.1.4- L'oxygène dissous (O₂)

Le dosage de l'oxygène dissous dans l'eau a été effectué par voie chimique qui correspond à un dosage volumétrique fondé sur les propriétés oxydantes de l'oxygène dissous. Le mode opératoire correspond à la méthode dite de WINKLER, mais incorpore la modification dite d'ALSTERBERG (addition d'azoture de sodium pour tenir compte de l'influence des nitrites) [19].

Principe :

Réaction de l'oxygène dissous sur l'hydroxyde de manganèse (II) formé par l'addition de sulfate de manganèse et d'hydroxyde de sodium.

Passage en milieu acide qui permet à l'hydroxyde de manganèse (II) formé d'oxyde d'iode de potassium préalablement introduit, avec libération d'une quantité équivalente d'iode.

Dosage de l'iode à l'aide d'une solution titrée de thiosulfate de sodium.

Lors d'un prélèvement, des flacons de verre avec bouchons émeris ont été remplis complètement et l'oxygène dissous a été fixé sur le lieu de prélèvement en ajoutant de l'hydroxyde de

manganèse (II) et de l'iodure de potassium.

Les résultats sont exprimés en mg/l d'oxygène ou en pourcentage de saturation. Ce dernier taux est le rapport multiplié par 100 de la concentration d'oxygène (mg/l) dans l'échantillon sur la solubilité (mg/l) de l'oxygène à la température de l'eau lors du prélèvement. Les valeurs de la solubilité de l'oxygène en fonction de la température sont données dans la table de TRUESDALE repris par recueil de normes Françaises eaux méthodes d'essai 1986.

3.2.2- Paramètres géochimiques:

3.2.2.1- L'alcalinité (TA et TAC)

La détermination de l'alcalinité d'une eau par la mesure du "titre alcalimétrique" TA et du "titre alcalimétrique complet" TAC a été effectuée selon la méthode volumétrique [20] dont le principe est comme suit:

Détermination des volumes successifs d'acide fort en solution diluée nécessaires pour neutraliser, aux niveaux de pH 8,3 et 4,3, le volume d'eau à analyser. La première détermination sert à calculer le titre alcalimétrique (TA), la seconde à calculer le titre alcalimétrique complet (TAC).

Aucun remplissage de la burette n'intervient entre les deux lectures, TA sera inclus dans TAC, et, de ce fait, lui sera toujours inférieur (on peut opérer en μ).

On a opéré en présence d'indicateurs colorés. Les échantillons ont été analysés le plus tôt possible après leur prélèvement et au plus tard dans les 24 heures.

3.2.2.2- La dureté totale (TH)

La détermination de la somme des concentrations en calcium et magnésium dans les eaux de l'Oued Rhumel est réalisée par l'application de la méthode titrimétrique à l'EDTA [21] dont le principe est le suivant:

Titration molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène-diamine-tétra-acétique (EDTA) à pH 10. Le noir ériochrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium, est comme indicateur.

3.2.2.3- Le calcium (Ca^{++})

Le calcium est dosé (après avoir précipité le magnésium sous forme d'hydroxyde dans un milieu à un pH compris entre 12 et 13) par la même méthode que précédemment (dureté totale) mais en présence de l'indicateur murexide [22].

La concentration en calcium $C(Ca^{++})$, exprimée en milligrammes par litre, est donnée par la formule:

$$C(Ca^{++}) = 1000 \cdot 40.08 \cdot \frac{V_1 \cdot C}{V_2}$$

Où:

V_1 est le volume, en millilitres, de la solution d'EDTA utilisé pour le dosage,

V_2 est le volume, en millilitres, d'échantillon dosé (en général $V_2 = 50ml$),

C la concentration, exprimée en moles par litres, de la solution d'EDTA.

La concentration en magnésium est calculée par différence

entre le résultat de la dureté et celui du calcium.

3.2.2.4- Le magnésium (Mg^{2+})

La concentration en magnésium est calculée par différence entre le résultat de la dureté et celui du calcium.

3.2.2.5- Le sodium et le potassium (Na^+ et K^+)

Le dosage du sodium et du potassium est effectué par spectrométrie d'émission de flamme [23].

Principe :

Atomisation de l'élément recherché (éventuellement après dilution de l'échantillon) dans la flamme d'un spectromètre d'émission de flamme. Détermination, aux longueurs d'onde de 589nm pour le sodium et de 766,5nm pour le potassium de la concentration de l'élément recherché par la méthode directe de dosage à l'aide d'une courbe d'étalonnage ou par la méthode de dosage par encadrement.

Le spectromètre d'émission de flamme utilisé est l'Eppendorf

3.2.2.6- Les sulfates (SO_4^{2-})

Le dosage des ions sulfates dans les eaux a été effectué par la méthode néphélométrique [24]. elle est applicable à des eaux essentiellement limpides et non colorées, pour des concentrations en ions sulfates de 5 à 40 mg/l.

des échantillons de plus fortes concentrations peuvent être aussi analysés après dilution.

Principe :

Précipitation des ions sulfates en présence de chlorure de

baryum en milieu chlorhydrique à l'état de sulfates de baryum. Stabilisation du précipité à l'aide d'un agent stabilisant.

Meusurage néphélométrique de la solution d'essai à une longueur d'onde de 650 nm. Détermination de la concentration à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

3.2.2.7- Les chlorures (Cl^-)

Le dosage des ions chlore présents dans les eaux ont été dosés par la méthode volumétrique de Mohr [25].

Le dosage du chlore combiné à l'état de chlorure de potassium comme indicateur.

3.2.3- Paramètres fortement influencés par les activités humaines

3.2.3.1- Les nitrites (NO_2^-)

Méthode de dosage de nitrites dans les eaux par spectrométrie d'absorption moléculaire [26].

La diazotation de l'amino-4-benzène sulfamide par les nitrites, à pH 1,9, en présence de dichlorure de N-(naphtyl-1)diamino-1,2 éthane.

Mesure, à une longueur d'onde voisine de 540nm, de l'absorption du complexe rose formé.

3.2.3.2- Les nitrates (NO_3^-)

Méthode de dosage spectrophotométrique des nitrates dans les eaux [27].

Réaction des nitrates avec l'acide sulfosalicylique (formé par addition à l'échantillon, de salicylate de sodium et d'acide sulfurique). Le dérivé obtenu donne, en présence d'ammoniaque, une coloration jaune stable.

Mesure spectrophotométrique, à une longueur d'onde voisine de 415nm, de cette coloration.

3.2.3.3- L'ammonium (NH_4^+)

Méthode de dosage de l'azote ammoniacal dans les eaux, par mesure spectrophotométrique au réactif de Nessler [28].

Addition à l'échantillon de tartrate double de sodium et de potassium qui a principalement pour rôle d'éviter la formation ultérieure d'un louche dû à l'interférence du calcium et du magnésium éventuellement présents.

Réaction, en présence d'hydroxyde de potassium ou de sodium, entre le réactif de Nessler et les ions ammonium avec formation d'un composé de coloration variant du rouge orangé au brun.

Mesure spectrophotométrique à une longueur d'onde voisine de 420nm de la coloration obtenue.

3.2.3.4- Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Méthode de dosage spectrométrique des orthophosphates présents dans les eaux [29].

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption, l'une vers 700nm, l'autre plus importante à 880nm.

Dosage spectrométrique.

3.2.3.5- La demande chimique en oxygène (DCO)

Méthode de détermination par le dichromate de potassium de la demande chimique en oxygène (DCO) des eaux [30].

Principe:

La DCO est la quantité d'oxygène consommé par les matières réductrices contenues dans l'eau et oxydables dans les conditions de l'essai.

Cette détermination correspond donc à une estimation des matières oxydables par le bichromate de potassium en milieu sulfurique, à l'ébullition, en présence de sulfate d'argent (catalyseur d'oxydation) et de sulfate de mercure (complexant des chlorures).

L'excès de bichromate est dosé après deux heures d'ébullition par une solution de sulfate de fer et d'ammonium en présence de ferroïne comme indicateur.

3.2.3.6- La demande biochimique en oxygène (DBO)

La mesure de la DBO a été effectuée selon la méthode des dilutions [31] (méthode normalisée en Europe) dont le protocole expérimental est le suivant:

La méthode des dilutions consiste à utiliser une eau de dilution riche en oxygène dissous et en éléments de croissance pour les bactéries (azote, phosphore, oligoéléments).

Aussitôt que possible après le prélèvement, on procède à une dilution de l'échantillon en mélangeant une quantité connue de l'eau à analyser à l'eau de dilution. On détermine alors la teneur en oxygène dissous de cette dilution (T) qui est placée dans un

flacon bouché à l'émeri, rempli sans bulles d'air, et mis à incuber à l'obscurité pendant cinq jours à 20°C.

On détermine alors la teneur en oxygène dissous, soit T_5 . Un essai à blanc est réalisé dans les mêmes conditions sur l'eau de dilution, sa teneur en oxygène dissous au temps zéro est D_0 , au temps cinq jours D_5 .

Expression de la DBO_5

La DBO_5 s'exprime alors par la réaction:

$$DBO_5 \text{ (mg/l. d'oxygène)} = F(T_0 - T_5) - (F - 1)(D_0 - D_5)$$

où F étant le facteur de dilution utilisé.

- PARTIE 4 -

RESULTATS ET DISCUSSIONS

PARTIE 4 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'examen des températures enregistrées aux points de prélèvements N1 et N2 sur le Rhumel pendant la période d'étude (Annexe 1) met en évidence certaines campagnes particulières caractérisées par :

- La non existence de l'eau en ces lieux (12 campagnes sur 20 campagnes au total)
- Pas de régularité dans le temps de cette absence.

Les mêmes observations peuvent être faites sur chacun des paramètres impliqués par cette étude en ces deux endroits.

Ces deux remarques nous indiquent l'impossibilité de tirer des conclusions satisfaisantes sur l'évolution des différents paramètres à ces deux endroits, en conséquence la discussion approfondie des caractéristiques chimiques de l'oued Rhumel en ces lieux, s'est révélée peu importante. De cela il nous a paru raisonnable de s'empasser, néanmoins, le signalement de cette état de faits est d'un grand intérêt pour les concernés par les études futures de caractérisation des eaux du oued Rhumel.

4.1- Paramètres de base

4.1.1- La température de l'eau

Le choix de ce paramètre se justifie par le fait qu'il figure parmi les paramètres qui sont des importants indicateurs de l'état globale des rivières.

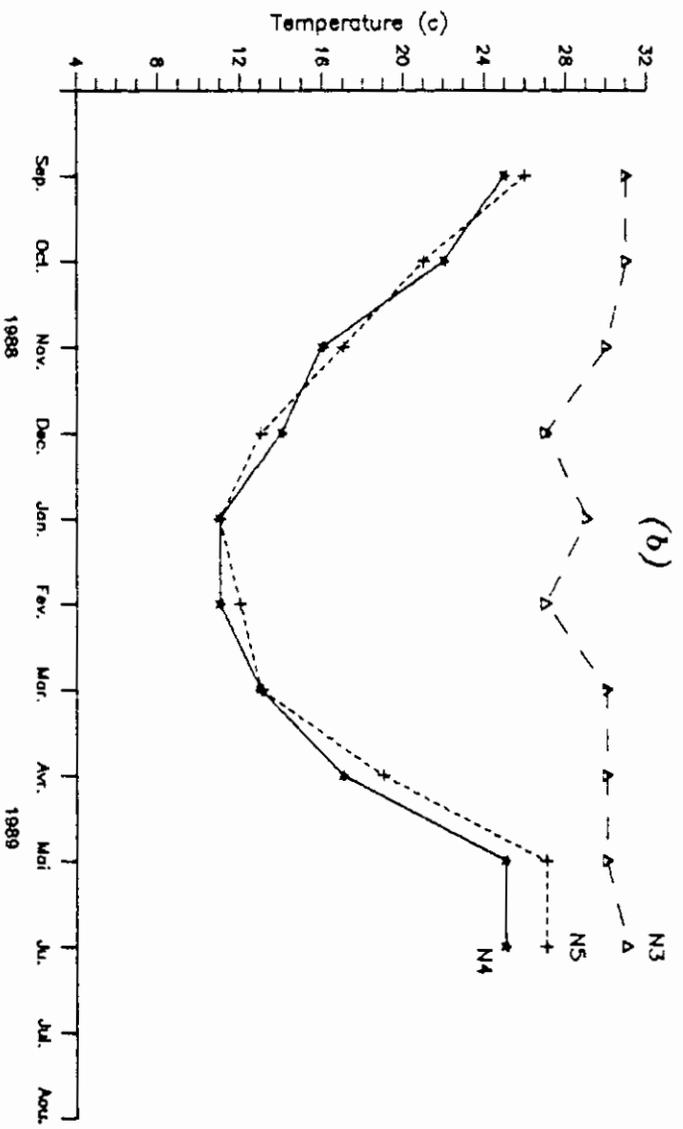
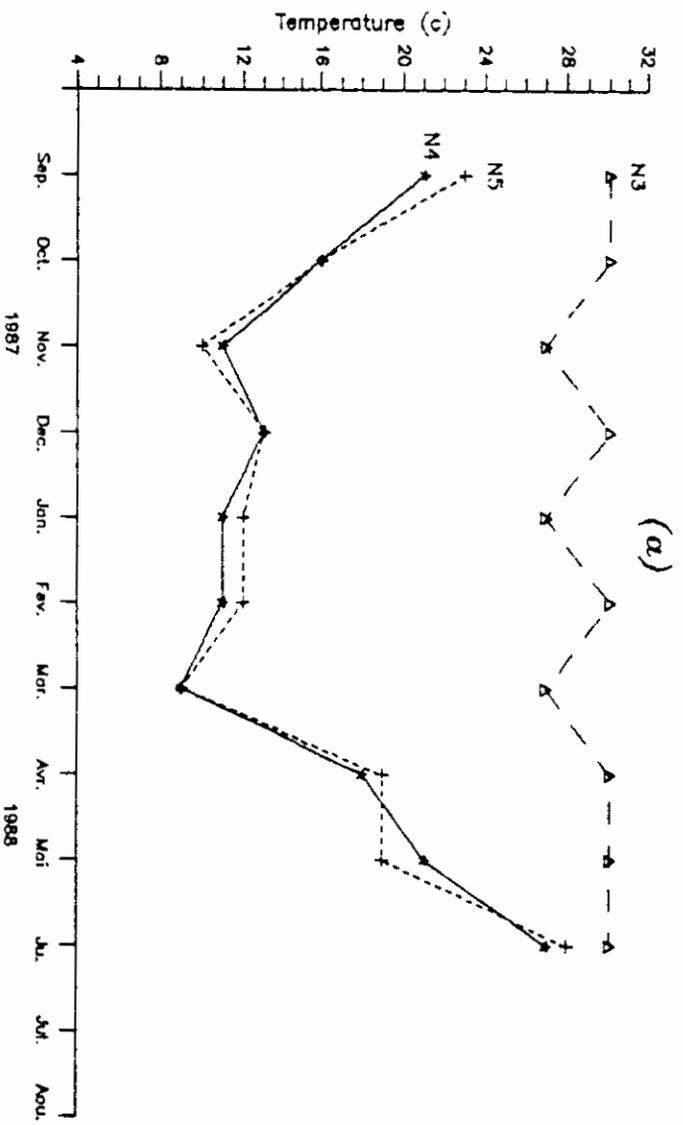
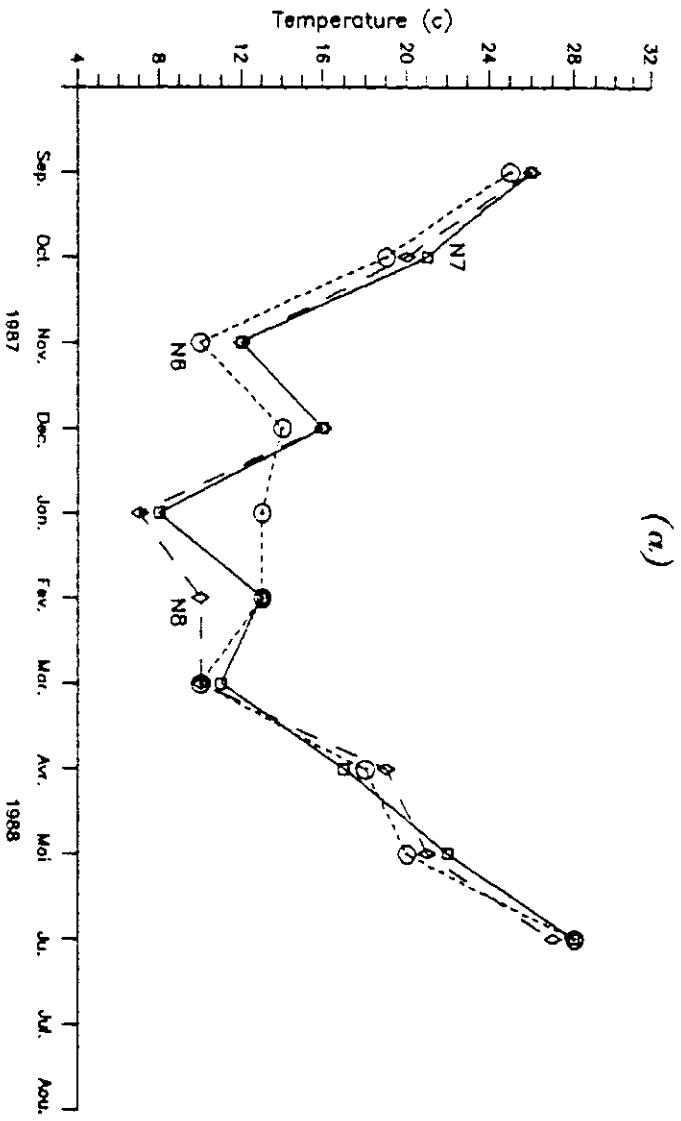


Figure 7: Evolution de la température à Oued Athmania, Oued Seguin et après Ain Smara (points N3, N4, et N5) sur les périodes: a: du 30 /09/ 1987 au 30 /06/ 1988 b: du 09 /09/ 1988 au 30 /06/ 1989

tels n'a été observé (concentration en oxygène dissous reste relativement élevée autour de 63,5 % saturation). Ceci est probablement dû à la vitesse d'écoulement d'eau et à la faible profondeur du oued à cet endroit qui agissent probablement à l'inverse de l'augmentation de la température qui devait diminuer la réaération [33].

4.I.I.I.2- Entrée de Constantine, Sortie de Constantine et Grarem (points N6, N7 et N8)

L'évolution des températures à Constantine (points N6 et N7) et à Grarem (point N8) (figure 8 a et b) montre pour l'ensemble de ces points de prélèvement une évolution très parallèle : une chute rapide pendant les premiers mois de la période d'observation (Septembre, Octobre et Novembre), suivie d'une stagnation peu importante à des températures relativement basses (entre 10 et 16°C) pendant les quatre mois qui suivent (Décembre, Janvier, Février et Mars), puis d'une remontée progressive dès la fin de mois de Mars. Le pic observé en mois de DECEMBRE de la première période d'étude (Septembre 1987-Juin 1988) ait probablement un lien avec les condition climatiques enregistrées en ce jour (temps ensoleillé de température ambiante de 19°C) ce qui explique sa disparition pendant la deuxième période d'étude (Septembre 1988-Juin 1989).



(b)

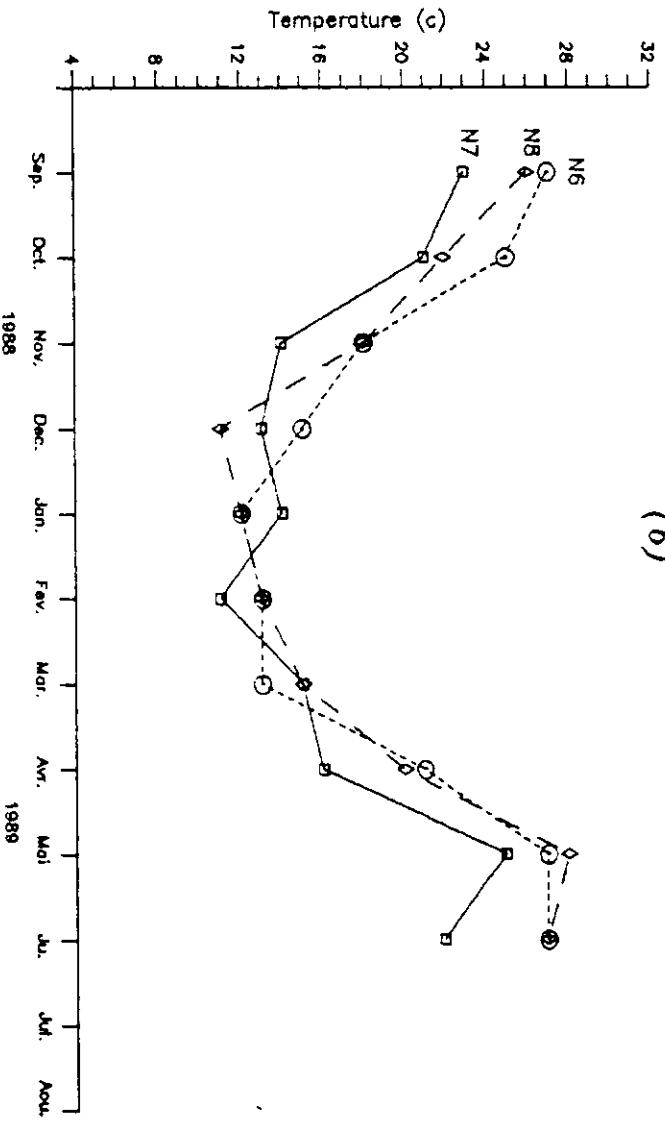


Figure 8: Evolution de température à l'entré de CONSTANTINE,
 sortie de CONSTANTINE (pont El Kehla) et GRAREM
 (points N6, N7 et N8) sur les périodes :
 a: du 30 /09/ 1987 au 30 /06/ 1988
 b: du 09 /09/ 1988 au 30 /06/ 1989

4.1.1.3- TISSERIMENE, EL-MILIA et embouchure (points N9, N10, et N11)

Les courbes de la figure 9 (a et b) illustrent l'évolution des températures pendant la période d'étude.

Les constatations faites sur ces courbes indiquent une variation saisonnière très semblable à celle indiquées ci-dessus (points N6, N7 et N8) marquée par une nette différence des valeurs entre deux régimes : le premier de DECEMBRE à MARS, le second d'AVRIL à NOVEMBRE.

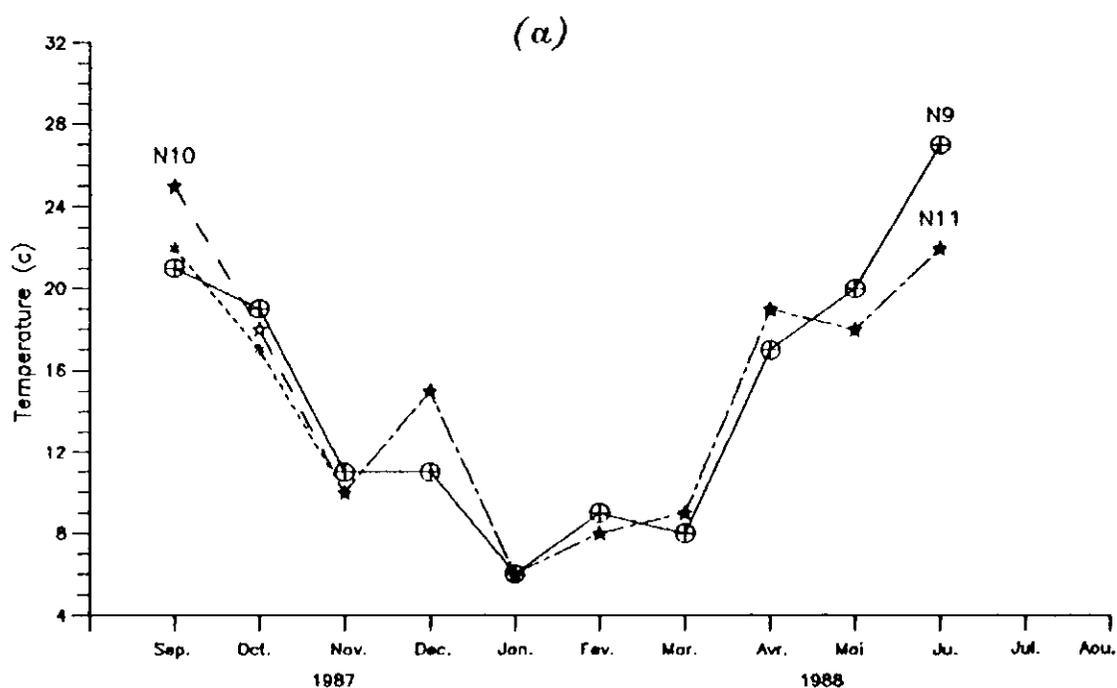


Figure 9a: Evolution de la température à Tisserimene, El Milia et embouchure (points N9, N10 et N11) sur la période: du 30/09/1987 au 30/06/1988

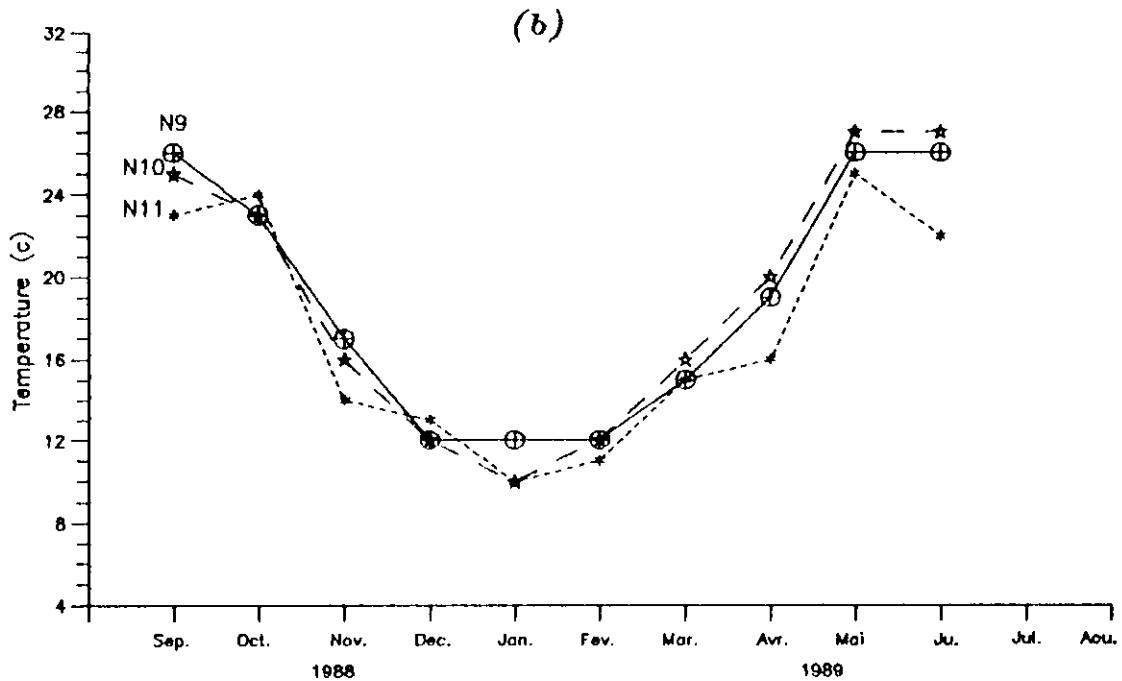


Figure gb: Evolution de la température à Tisserimene,
El Milia et embouchure (points N9, N10 et N11)
sur la période: du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.1.1.2- Variation espaciale aux différents points de prélèvement

Les hautes températures de 31°C, avec une fourchette saisonnière de 27°C en hiver à 31°C en été ont été mesurées au point N3.

En été, les températures moyennes ont été élevées au point N6, mais en hiver les températures moyennes enregistrées ont été du même ordre le long du oued Rhumel (fig. 10)

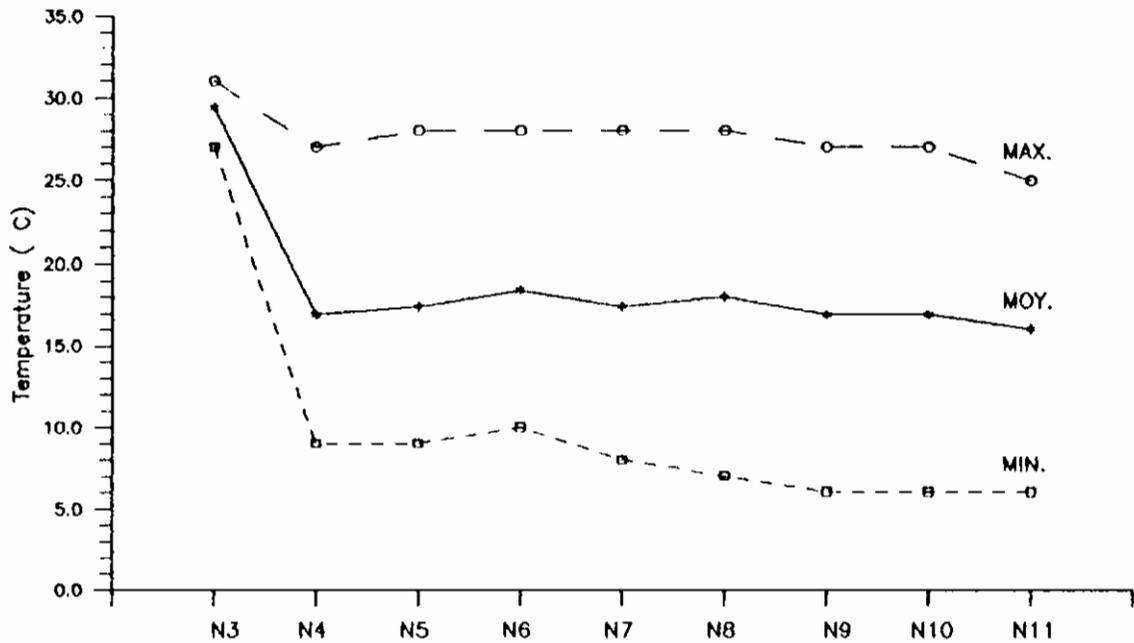


Figure 10: Variation des valeurs moyennes et extrêmes de la température le long du oued Rhumel

4.1.2- Le pH

Le choix de ce paramètre a été fixé pour la même raison indiqué au paravant concernant la température. Ce paramètre est particulièrement important vis-à-vis de la vie aquatique (poissons) [34].

4.1.2.1- Variation temporelle aux différents points de prélèvement

4.1.2.1.1- Oued Athmania, Oued Seguin et après Ain Smara (points N3, N4 et N5)

Les courbes obtenues (figure 11 : a et b) montre que le pH à Oued Athmania varie entre 7,1 et 8,0 unité de pH (valeur moyenne de 7,6 unités). A Oued Seguin (N4) les valeurs de pH varient de 7,4 à 8,4 unités, une valeur moyenne de pH égale à 7,8 unités est

enregistrée durant la période d'étude. Après Ain Smara le pH varie entre 7,3 et 8,5 avec une valeur moyenne de 7,9 unités. D'une façon globale, on constate d'après ces courbes que la variation du pH durant toute la période d'étude est peu significative (environs une unité).

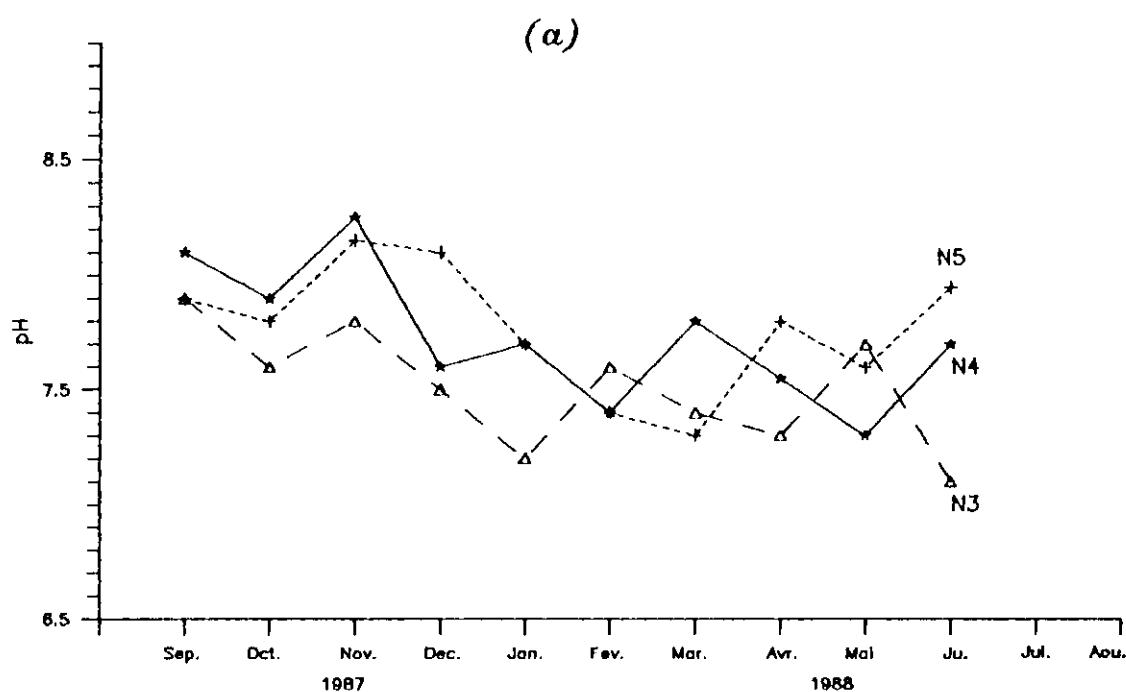
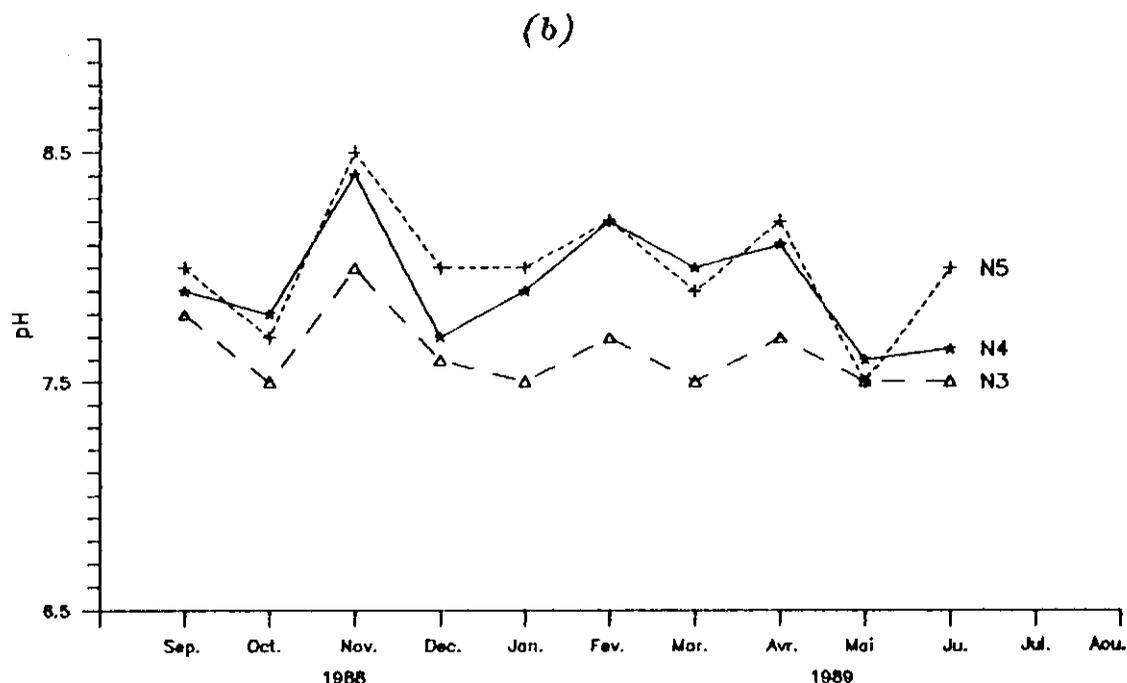


Figure 11a: Variation du pH aux points de prélèvement
N3, N4 et N5 sur la période:
du 30/09/1987 au 30/06/1988



*Figure 11b: Variation du pH aux points de prélèvement
N3, N4 et N5 sur la période:
du 09/09/1988 au 30/06/1989*

4.1.2.1.2- Constantine (points N6 et N7) et Grarem (point N8)

A l'entrée de la ville de Constantine (N6), la variation des valeurs de pH est entre 7,8 et 8,8 unités avec une valeur moyenne de 8,2. A la sortie de celle-ci (N7) le pH de l'eau du oued Rhumel varie entre 7,4 et 8,1 avec une valeur moyenne de 7,8 unités. Au point N8 (Grarem) la valeur maximale de pH enregistrée est 8,7 et la valeur minimale est de 7,5 unité.

Les courbes de la figure 12 :a et b montrent qu'il n'y a pas de fluctuation importante des valeurs de pH en ces points de prélèvement.

Les pics de ces courbes que nous constatons et qui sont occasionnels peuvent être attribués aux types de déversements (urbains) en ces lieux.

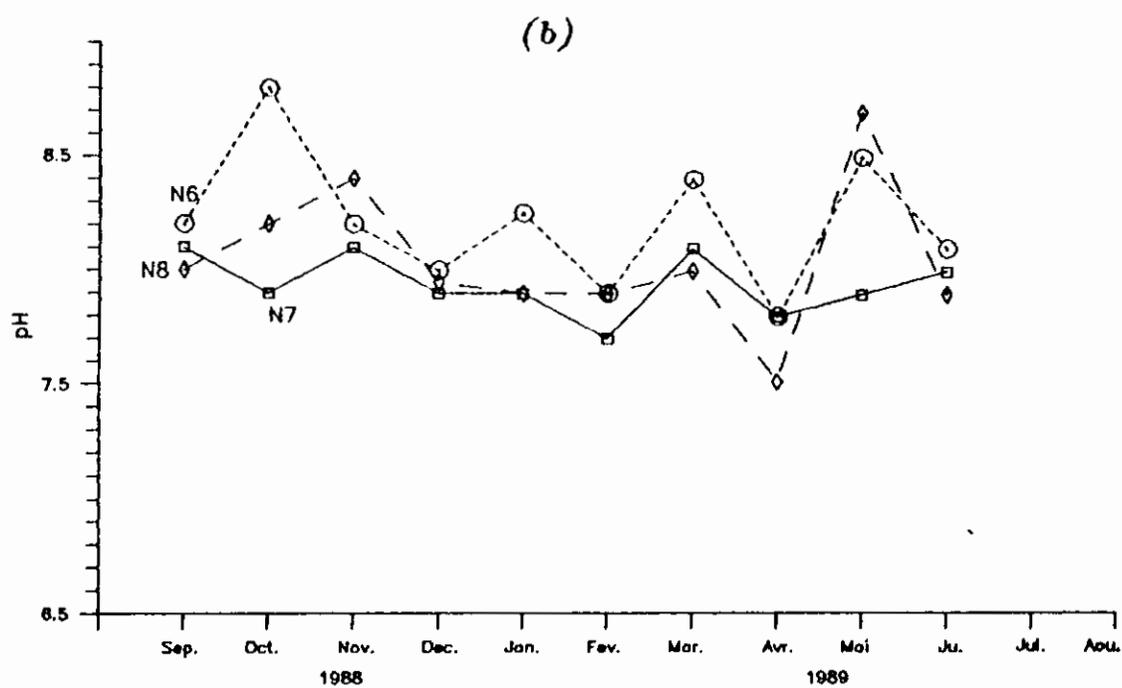
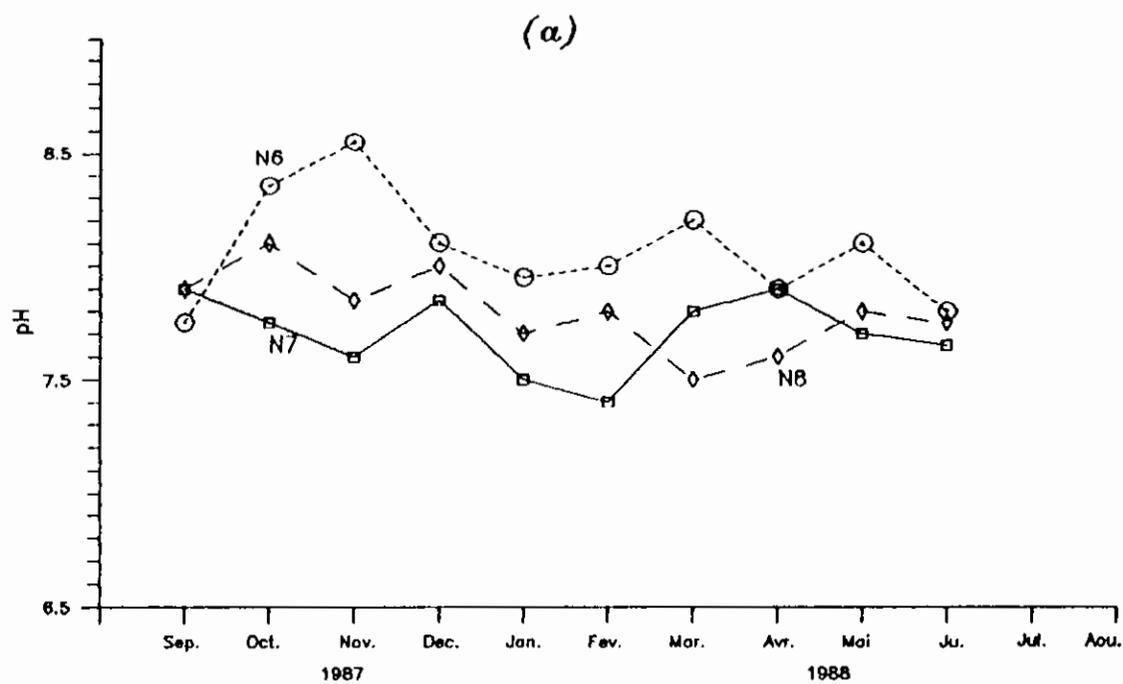


Figure 12: Variation du pH aux points de prélèvement

N6, N7 et N8 sur les périodes:

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.1.2.1.3- Tisserimene, El-Milia et embouchure (points N9, N10 et N11)

La figure 13 a et b - où est illustrée, pour deux périodes d'observation, l'évolution du pH sur le tronçon TISSERIMENE embouchure - montre que les pH ne varient pas d'une façon saisonnière ce qui laisse penser que l'activité algale est peu importante. Les valeurs maximales ont été relevées en Mai 1988 à Tisserimene et à El-Milia (pH 8,8 et 8,2 respectivement), valeurs légèrement alcalines donc le milieu contient des hydroxydes (OH^-) et des bicarbonates (HCO_3^-). Les valeurs les plus faibles ont été relevées à l'embouchure (N11) sur la période qui s'étale de JANVIER 1988 à AVRIL 1988. Ce qui correspond à une forte augmentation des débits de l'Oued Rhumel en cette période.

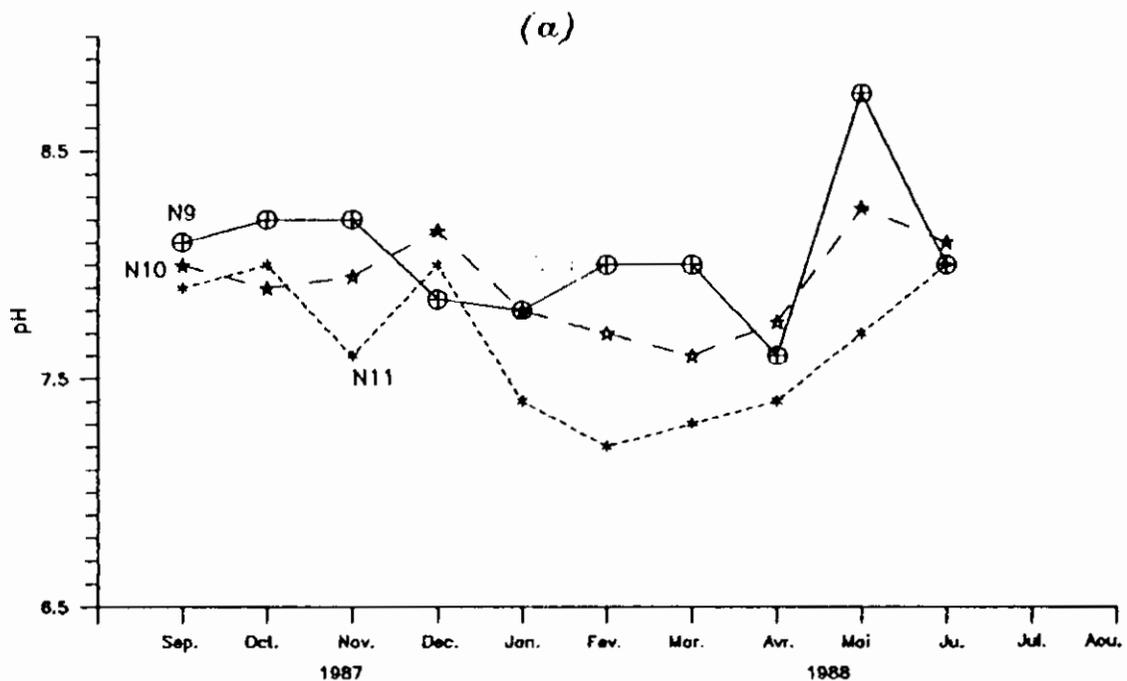


Figure 13a: Variation du pH aux points de prélèvement N9, N10 et N11 sur la période: du 30/09/1987 au 30/06/1988

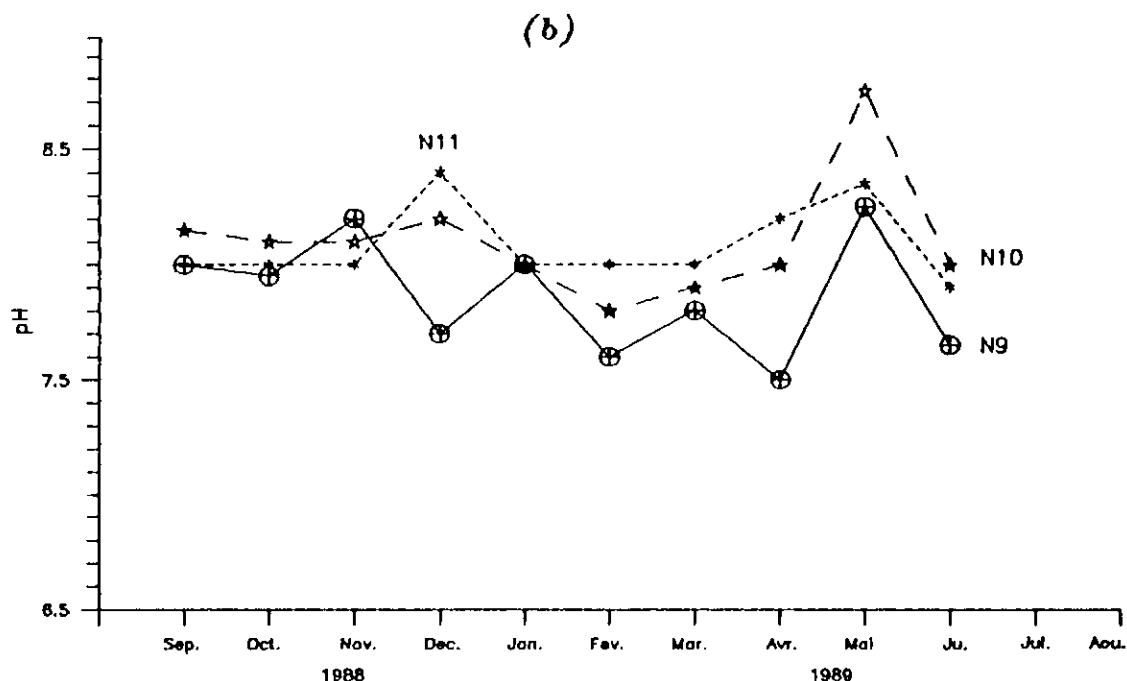


Figure 13b: Variation du pH aux points de prélèvement

N9, N10 et N11 sur la période:

du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.1.2.2- Variation spatiale aux différents points de prélèvement

La figure 14 représente le maximum, la moyenne et le minimum des pH obtenus aux différents points d'échantillonnages sur le Rhumel pendant la période d'étude.

L'examen des courbes nous conduit à deux remarques :

- d'une part, nous constatons que le pH augmente de $4/10^{\text{èmes}}$, d'unité en moyenne entre Oued Seguin (N4) et Constantine avec une légère descente entre Constantine et Grarem.

- d'autre part, nous pouvons observer que la plus part (7/11) des points de prélèvement ont un pH qui reste dans la fourchette guide de la classe A_1 (6,5 - 8,5).

Ceci montre clairement que Oued Rhumel ne reçoit pas les eaux

des effluents acides ou basiques d'où son état générale vis-à-vis de ce paramètre reste dans les normes internationales.

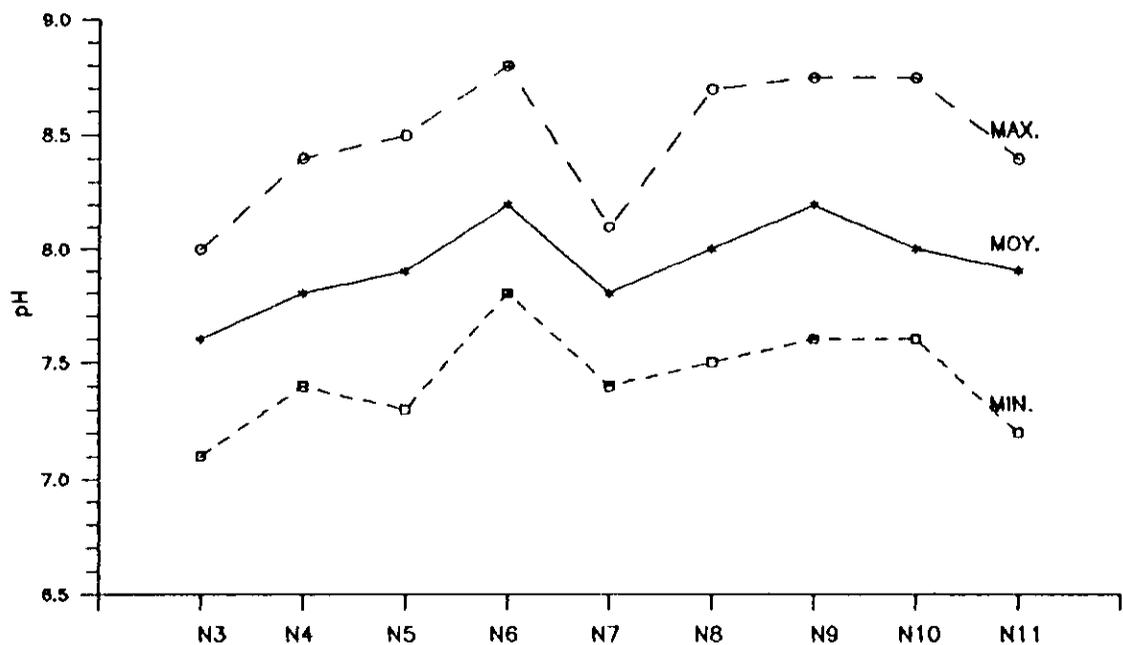


Figure 14: Variation des valeurs moyennes et extrêmes du pH le long du oued Rhumel

4.1.3. La Conductivité Électrique (CE)

4.1.3.1- Variation temporelle de la conductivité électrique aux différents points de prélèvement

4.1.3.1.1- Oued El-Athmania, Oued Seguin et en aval de Ain Smara (points N3, N4, et N5)

Les valeurs de la conductivité électrique de l'eau en ces points de prélèvement descendent dès l'automne pour atteindre des valeurs faibles en hiver, ensuite ils remontent dès la fin du mois d'avril (fig.15 a et b). Les valeurs les plus élevées sont alors notées en été et en automne.

4.1.3.1.2- Entré de Constantine, sortie de Constantine et Grarem
(points N6, N7 et N8)

Les variations de la conductivité électrique, très accusées à Constantine (points N6 et N7) ce qui est bien sûr synonyme d'une irrégularité de la minéralisation de l'eau qui ne permet pas de déceler une variation saisonnière, sont amorties à Grarem où on constate (fig.16 a et b) une fluctuation semblable à celle indiquée aux points N3, N4 et N5.

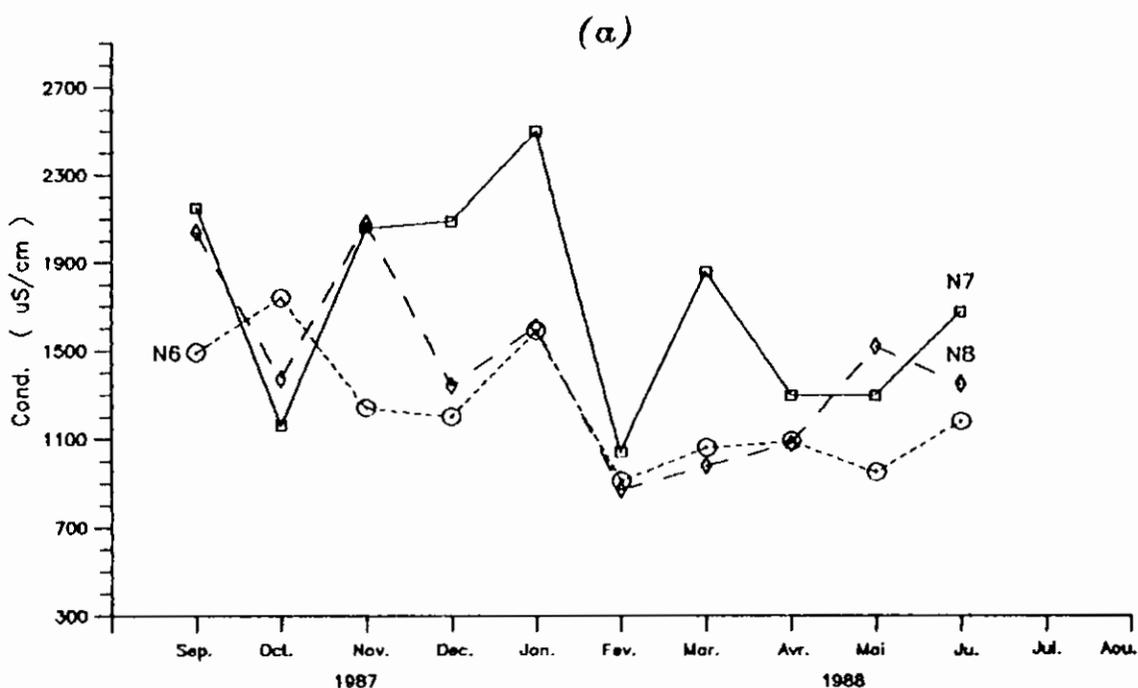


Figure 16a: Variation de la conductivité électrique aux points de prélèvement N6, N7 et N8 sur la période: du 30/09/1987 au 30/06/1988

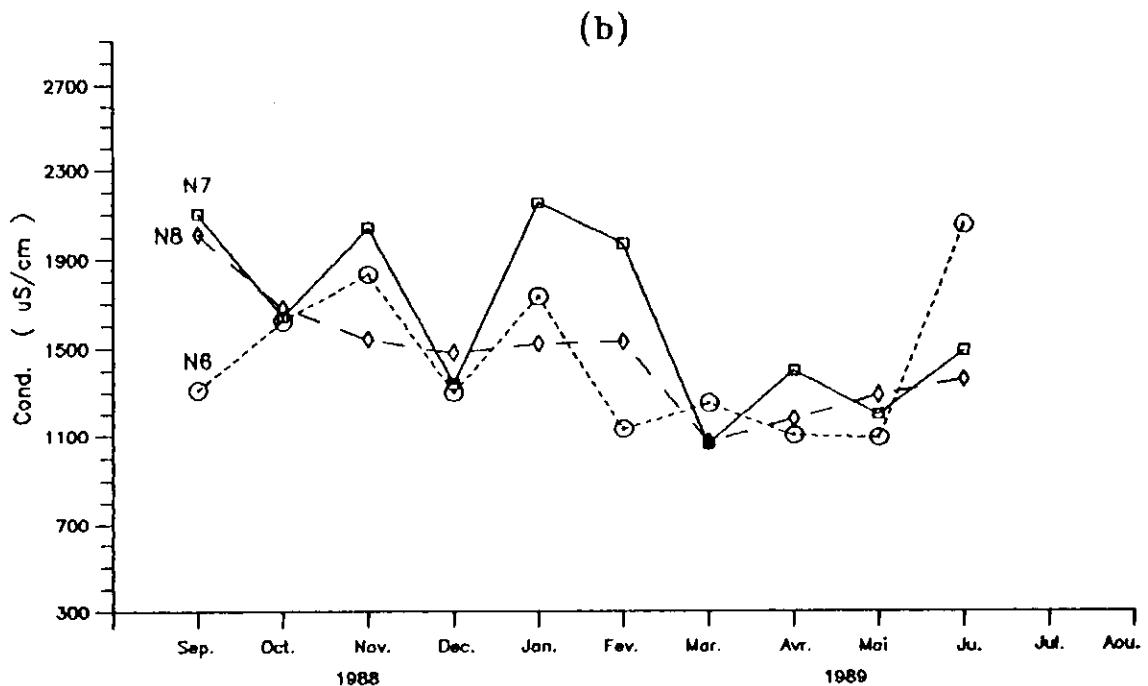
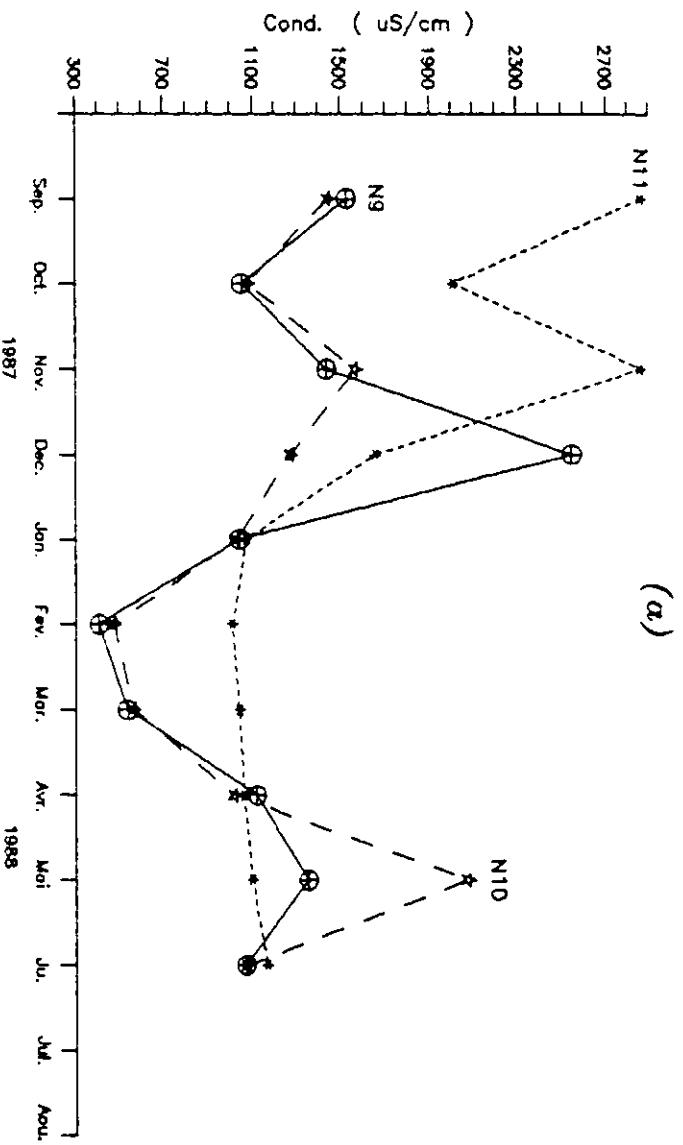


Figure 16b: Variation de la conductivité électrique aux points de prélèvement N6, N7 et N8 sur la période: du 09/09/1988 au 30/06/1989

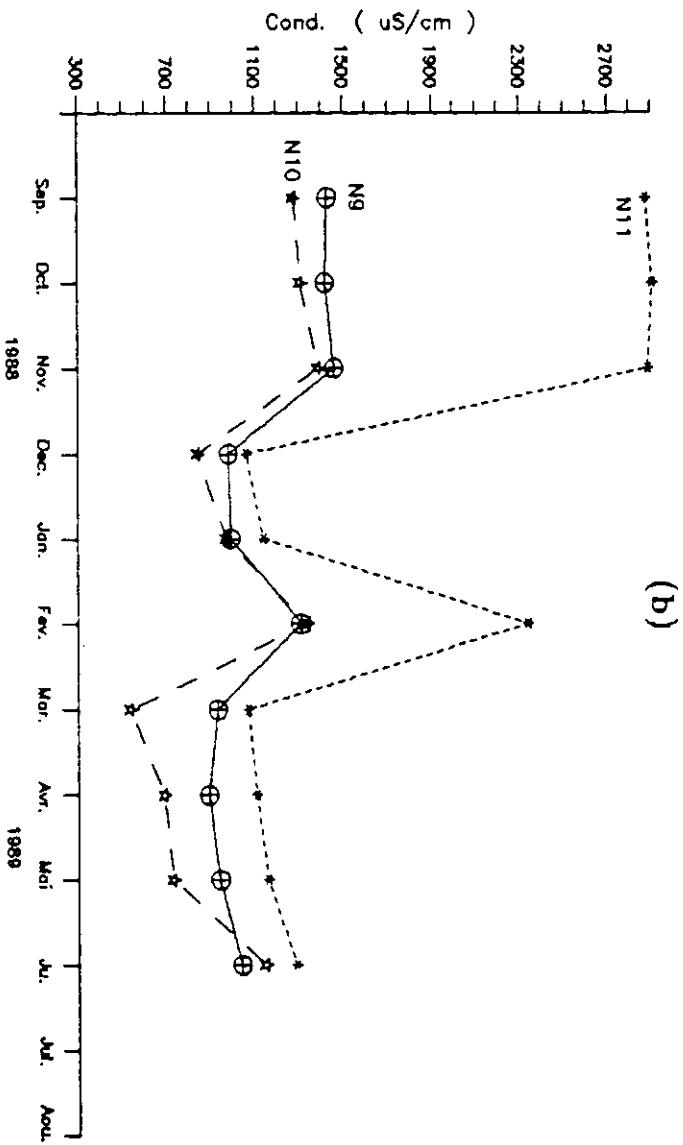
4.1.3.1.3- Tisserimene, El-Milia et embouchure (points N9, N10 et N11)

Comme indique la figure 17 a et b. Les fluctuations de la conductivité électrique sont approximativement semblables sur ce tronçon du Oued Kebir et celui situé entre les points N3 et N5 du Oued Rhumel. Le pic qu'on constate au mois de FEVRIER de la deuxième période (1988-1989), d'ailleurs décelable à partir de Constantine (point N7) reste sensible jusqu'à l'embouchure (point N11), peut s'expliquer par un apport fort en matières minéralisées des eaux usées (surtout domestiques) de la ville de Constantine rejetées dans le Rhumel.

D'une manière générale, la conductivité électrique de l'eau possède des valeurs faibles en hiver et des valeurs relativement élevées en périodes chaudes (d'AVRIL à OCTOBRE).



(a)



(b)

Figure 17: Variation de la conductivité électrique aux points de prélèvement N9, N10 et N11 sur les périodes:
 (a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.1.3.2- Variation spatiale aux différents points de prélèvement

La conductivité électrique (fig. 18) évolue peu en valeurs moyenne entre Oued Athmania et Constantine, mais on constate une augmentation sensible à la sortie de Constantine (point N7). Les valeurs moyennes les plus faibles (1094, 1175 $\mu\text{S cm}^{-1}$) ont été relevées à El-Milla et Tisserimene respectivement ce qui peut être attribuer à une augmentation de débit du Oued Kébir.

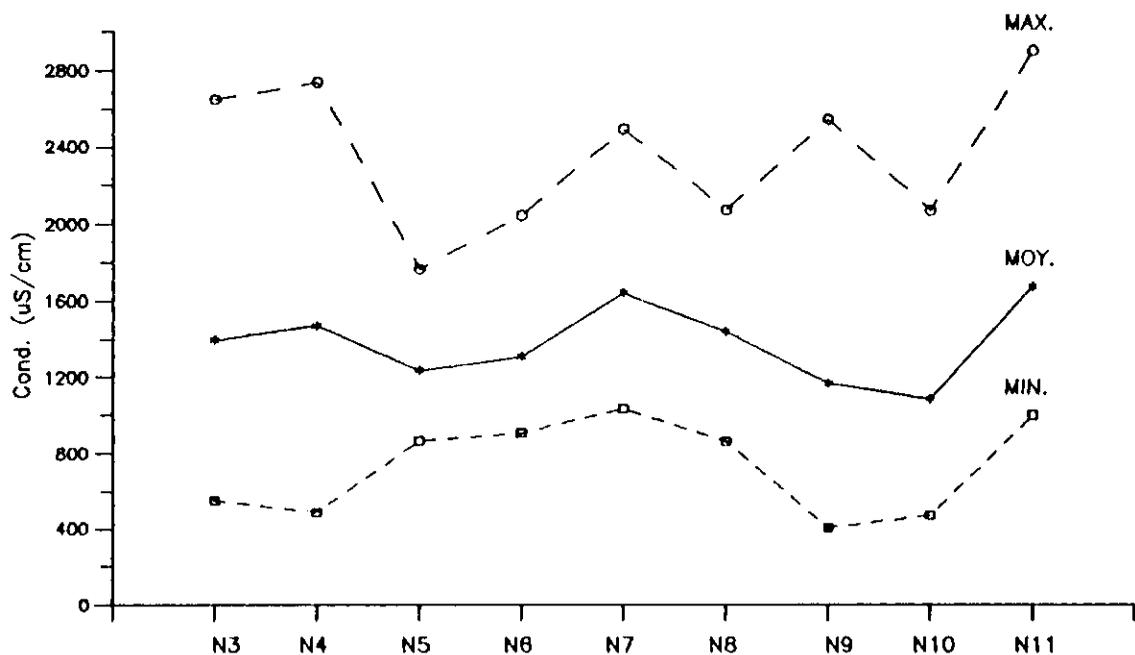


Figure 18: Variation des valeurs moyennes et extrêmes de la conductivité électrique le long du oued Rhumel

4.1.5- L'oxygène dissous (O₂)

La teneur en oxygène dissous (figures 19, 20 et 21) est généralement élevée, elle caractérise les cours d'eau ensoleillés et correspond à celle des rivières torrentielles [35].

Le taux de saturation en oxygène est presque toujours au voisinage de la saturation aux points de prélèvements N8, N9, N10, et N11. Néanmoins un taux de 30 % de saturation (qui correspond à des valeurs inférieures à 4 mg/l) est rencontré à CONSTANTINE (points N6 et N7) et il indique une forte pollution. Selon Lavandier et Capblanc [36] la variance journalière de la teneur en oxygène dans les cours d'eau n'affecte pas la faune si cette teneur n'est pas inférieure à 4 mg/l [34]. C'est le cas pour la plus part des points de prélèvements étudiés sur le Rhumel ou l'activité des plantes aquatiques qui contribue à la diminution de la teneur en oxygène dissous pendant la nuit va être limité par la vitesse de l'eau.

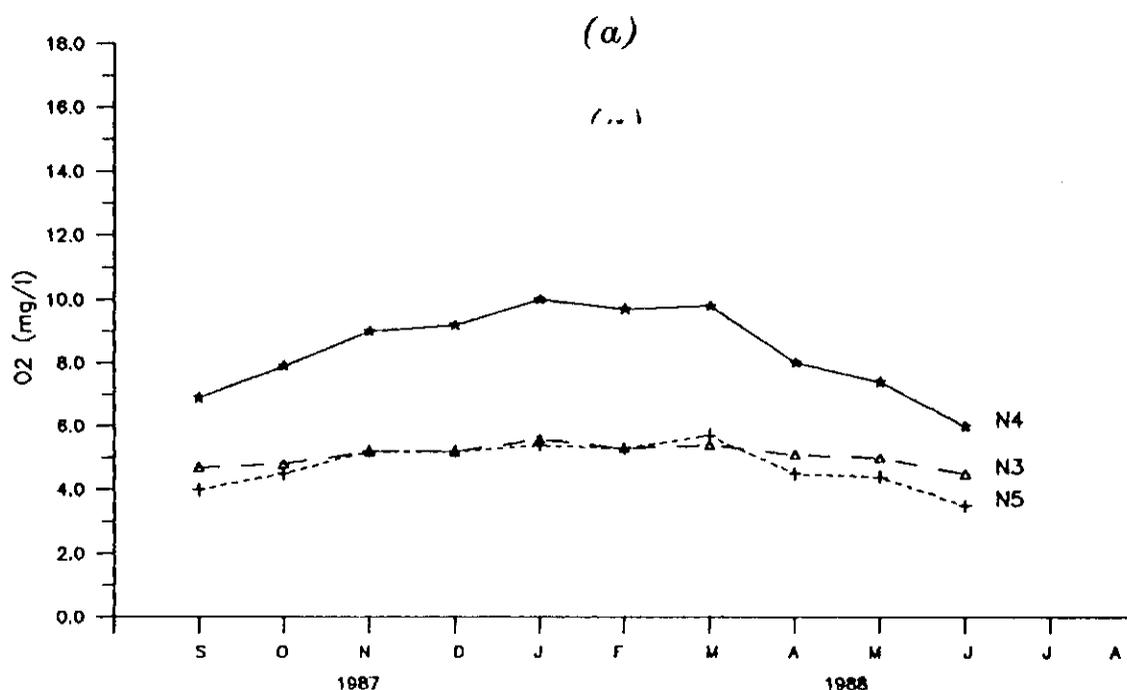
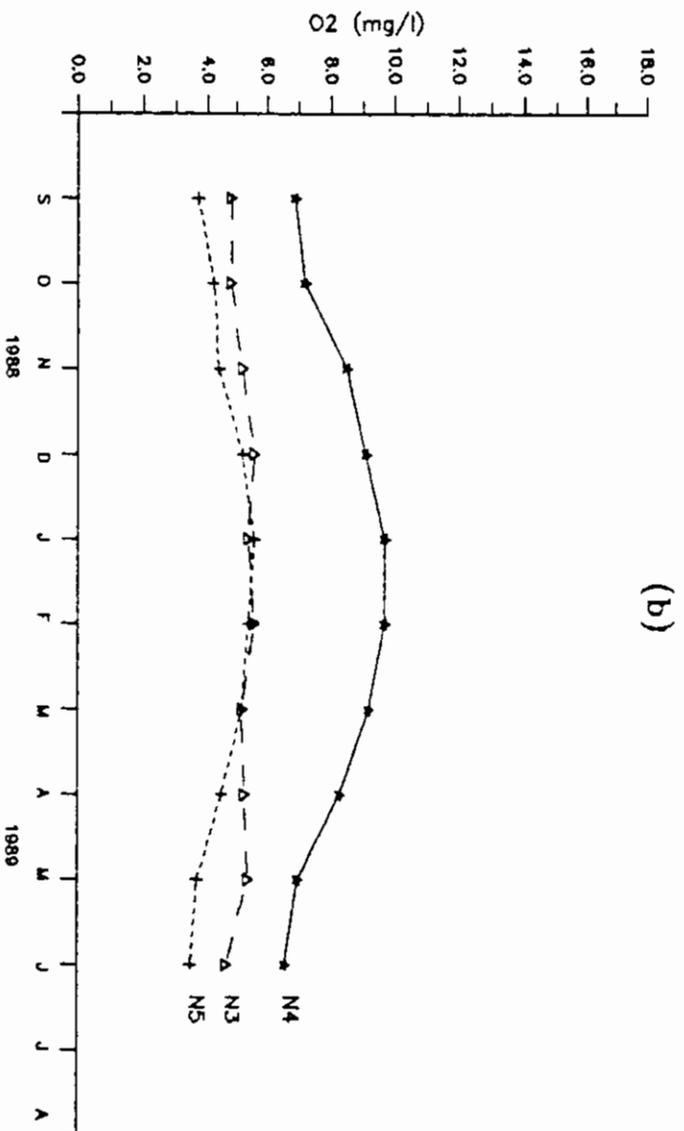
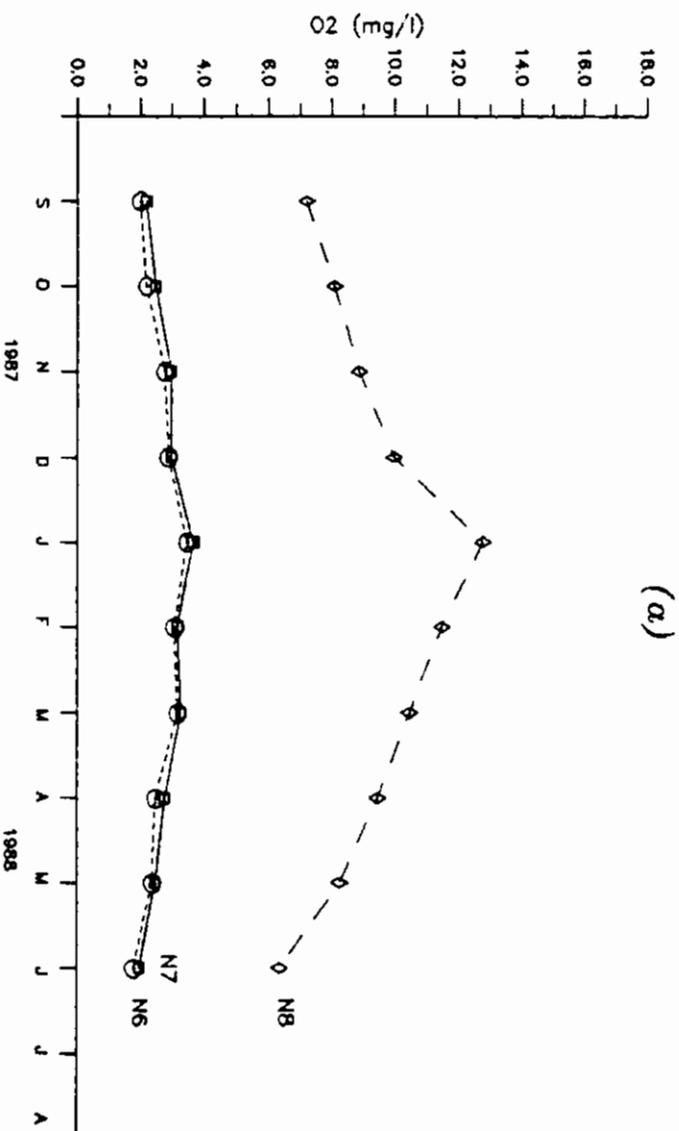


Figure 19a: Variation de l'oxygène dissous aux points de prélèvement N3, N4 et N5 sur la période: du 31/09/1987 au 30/06/1988



(b)

Figure 19b: Variation de l'oxygène dissous aux points N3, N4 et N5 sur la période: du 30/09/1988 au 30/06/1989



(a)

Figure 20a: Variation de l'oxygène dissous aux points de prélèvement N6, N7 et N8 sur la période: du 30/09/1987 au 30/06/1988

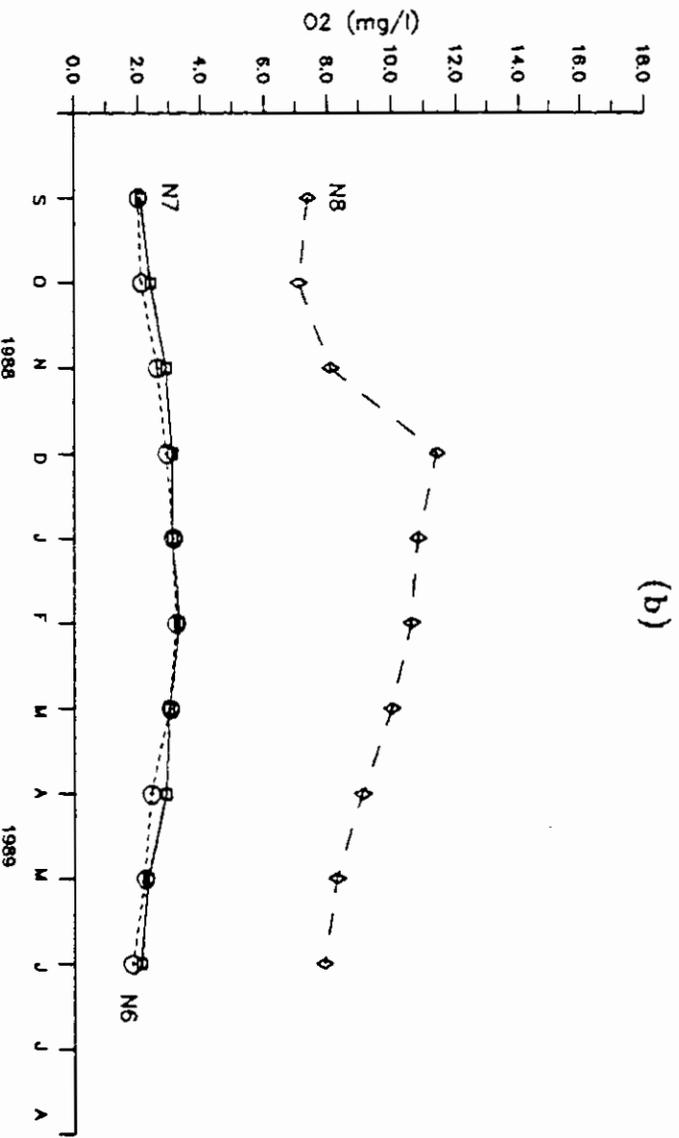


Figure 20b: Variation de l'oxygène dissous aux points de prélèvement N6, N7 et N8 sur la période: du 09/09/1988 au 30/06/1989

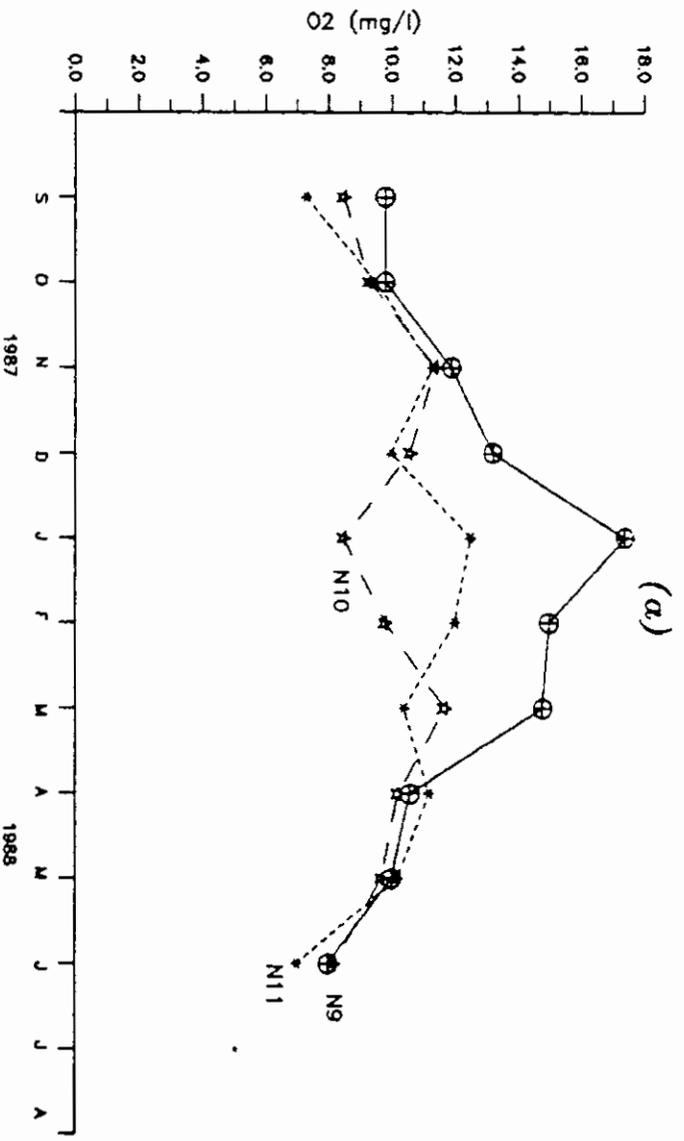


Figure 21a: Variation de l'oxygène dissous aux points de prélèvement N9, N10 et N11 sur la période: du 30/09/1987 au 30/06/1988

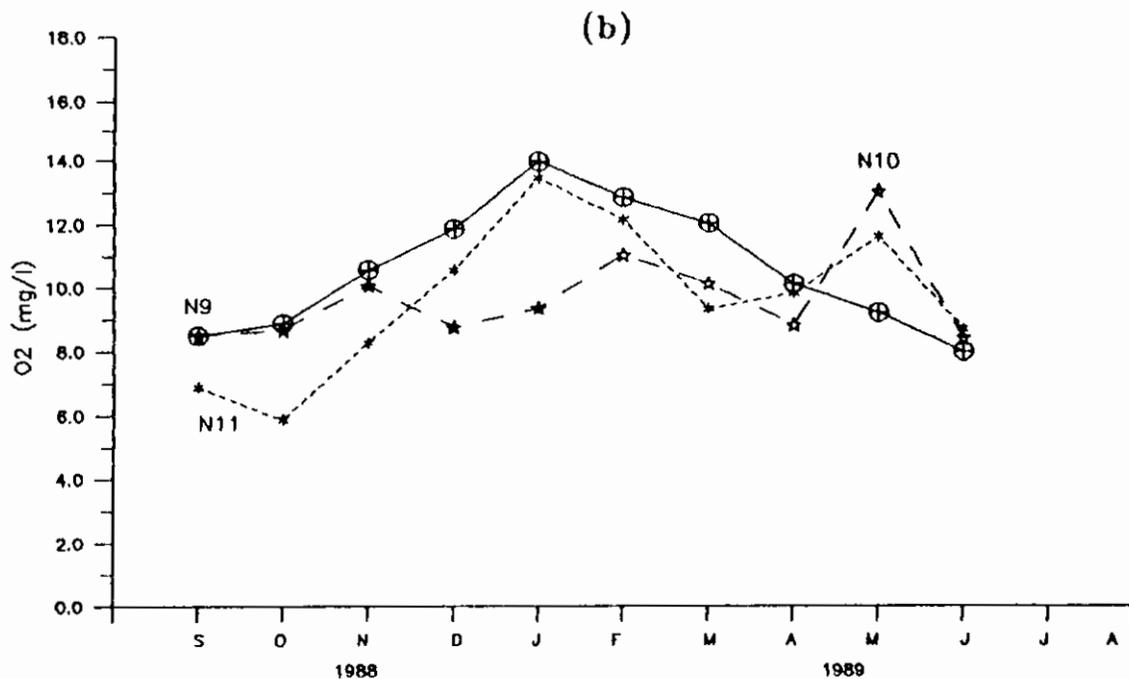


Figure 21b: Variation de l'oxygène dissous aux points de prélèvement N9, N10 et N11 sur la période: du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.1.5.2- Variation espaciale aux différents points de prélèvement

Le tableau 8 montre la teneur de l'oxygène dissous en pourcentage de saturation le long de l'Oued Rhumel durant la période d'étude.

On constate d'après ces valeurs que le tau de saturation en oxygène diminue de oued Athmania à Constantine et atteint des valeurs inférieures à 30 % à Constantine (Points N6 et N7). Ceci est probablement associé à l'augmentation du nombre des rejets urbains en cette portion de l'Oued qui par leurs contenance en matières organiques conduisent à une forte demande en oxygène dissous. Puis augmente régulièrement jusqu'à TISSERIMANE (point N9) où une valeur moyenne élevée est enregistrée.

A EL-MILIA et l'embouchure, le tau de saturation en oxygène dissous a légèrement diminué en restant autour de la valeur de saturation, ceci est dû vraisemblablement aux rejets urbains qui viennent se rajouter à ce tronçon de l' Oued.

Tableau 8 : Teneur de l'oxygène dissous en pourcentage de saturation le long de l'Oued Rhumel durant la période Septembre 1987-Juin 1989.

Lieu de prélèvement	Nombre d'analyse	Oxygène dissous (% saturation)		
		Valeurs extrêmes		Valeurs moyennes
N3	20	60	70	63,5
N4	20	76	90	84,4
N5	20	44	51	47,6
N6	20	23	30	26,6
N7	20	24	31	28,4
N8	20	80,4	106,1	95,3
N9	20	100	140	114,2
N10	20	68,4	164,6	108,8
N11	20	70,2	141,8	99,1

Conclusion

Le taux de saturation en oxygène dissous des eaux du oued Rhumel est considérablement élevé et a peu changé au cours de deux années d'étude. En amont de Constantine, au point de prélèvement N5, la valeur est resté identique à celle enregistrée lors de la première année de contrôle. En aval de Constantine, point de prélèvement N7, le taux a baissé d'environ 1% de saturation. Au point N8, il a progressivement augmenté au cours de la deuxième année d'étude de 3% de saturation.

Enfin, il est bon de remarquer qu'une valeur moyenne très faible a été notée à Constantine (points N6 et N7) pendant toute la durée d'étude. Ce qui indique une forte pollution en cette zone et une autoépuration importante.

4.2- Paramètres géochimiques

4.2.1- Titres hydrotimétriques et alcalimétriques

L'examen des résultats obtenus (annexe 1) indique qu'approximativement les valeurs du titre alcalimétrique simple (TA) sont nulles pour tous les points de prélèvement pendant la période d'étude. Ce qui montre clairement que les doses d'hydroxydes et oxydes alcalins et alcalinoterreux contenus dans l'eau des oueds Rhumel et Kébir sont négligeables (comparativement aux valeurs données par le Mémento Technique de l'eau [37]).

4.2.1.1- Variation temporelle aux différents points de prélèvements

4.2.1.1.1- *Oued Athmania, oued Seguin et après Aïn Smara (points N3, N4 et N5)*

Les valeurs relatives des titres hydrotimétriques (TH) et des titres alcalimétriques complet (TAC) aux points de prélèvement N3, N4 et N5 pendant les deux périodes d'étude sont présentées sur la figure 22 a et b.

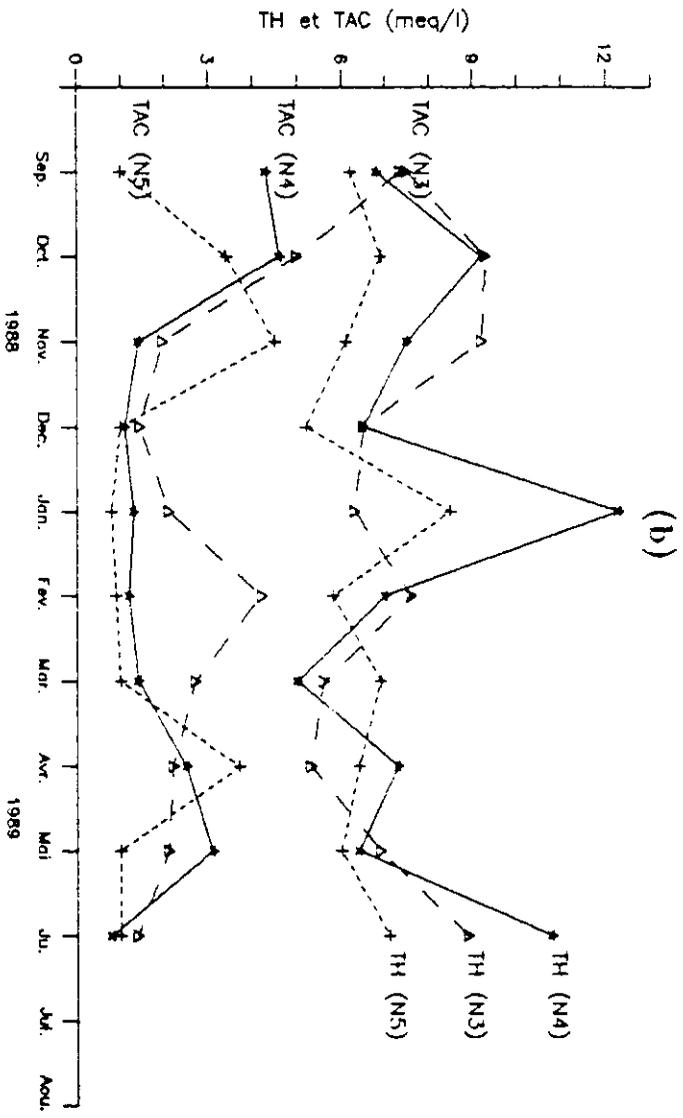
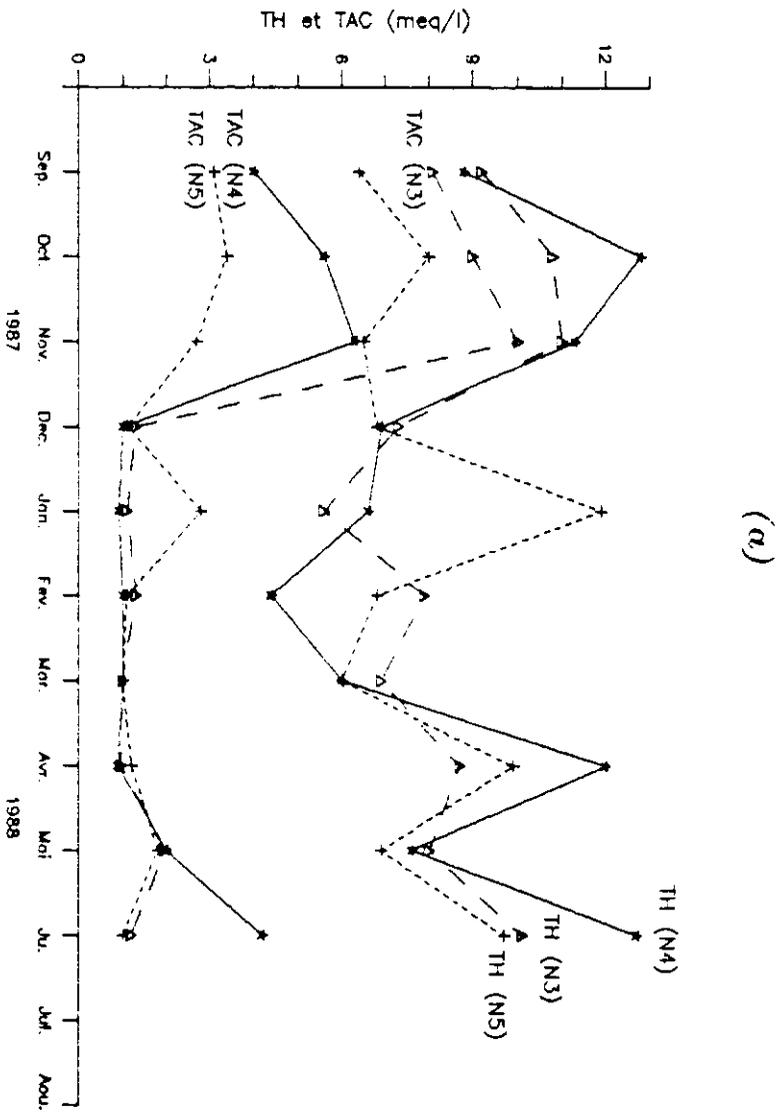


Figure 22: Courbes concentration-temps aux points de
 prélèvement N3, N4 et N5
 (a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

On peut noter que les titres hydrotimétriques et alcalimétriques sont peu différents sur Oued Athmania (N3), Oued Seguin (N4) et après Aïn Smara (N5). Le titre hydrotimétrique est maximum au point N4 avec un TH moyen de 4,4 méq/l (17,6°F), tandis que le TAC est maximum au point N3 avec une valeur moyenne de 3,3 méq/l.

Les valeurs les plus élevées en TH et TAC sont observées en automne. Tandis que les faibles valeurs se manifestent de DECEMBRE à AVRIL pour les deux périodes d'étude.

4.2.1.1.2- Entrée de Constantine, sortie de Constantine et Grarem (points N6, N7 et N8)

La figure 23 a et b - où est illustrée, pour deux périodes, l'évolution du titre hydrotimétrique et du titre alcalimétrique complet sur le tronçon CONSTANTINE GRAREM - montre qu'à l'entrée de Constantine (N6) les valeurs du TH et du TAC sont nettement inférieures à celles enregistrées à la sortie de Constantine (N7) et à Grarem (N8).

A l'entrée de Constantine (N6), le TH croit de septembre à janvier, puis décroît de janvier à avril, puis à nouveau croit progressivement d'avril à juin pour les deux périodes d'étude tandis que les variations du TAC semblent anarchiques.

A la sortie de Constantine et à Grarem (N7 ET N8), le TH décroît d'octobre à mai, puis croit de mai à juin pour les deux périodes d'étude tandis que la tendance générale des variations du TAC varie d'un mois à l'autre. Il est à noter également que les

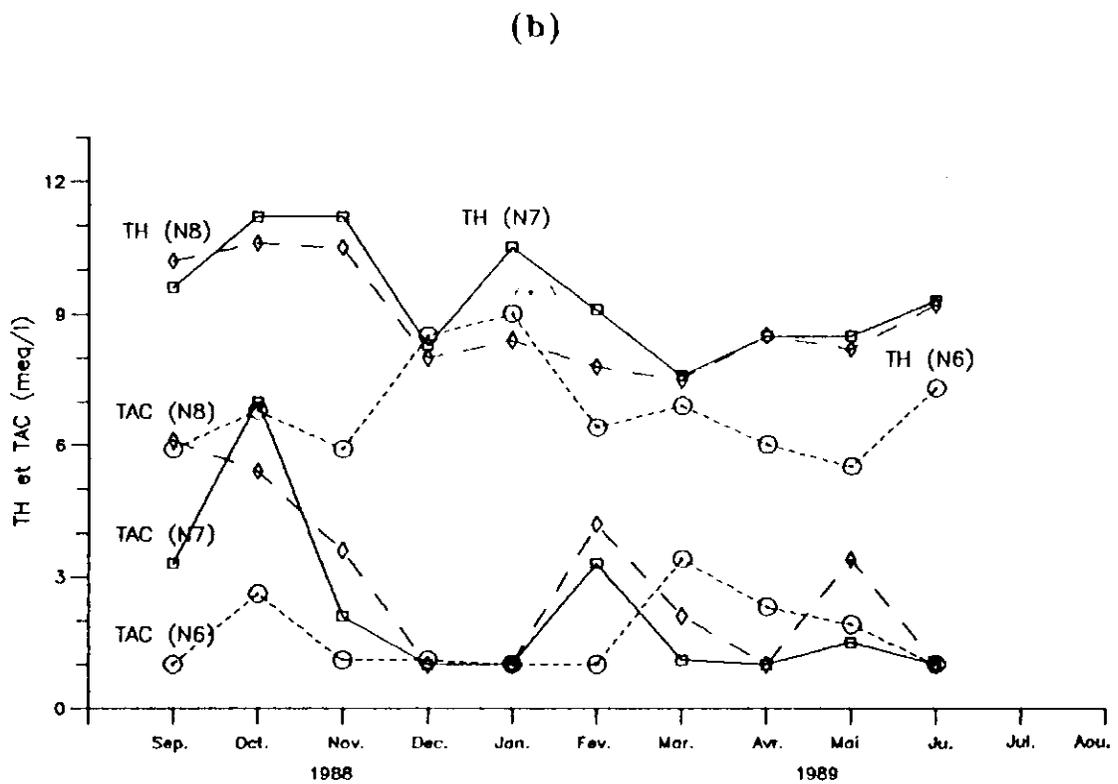
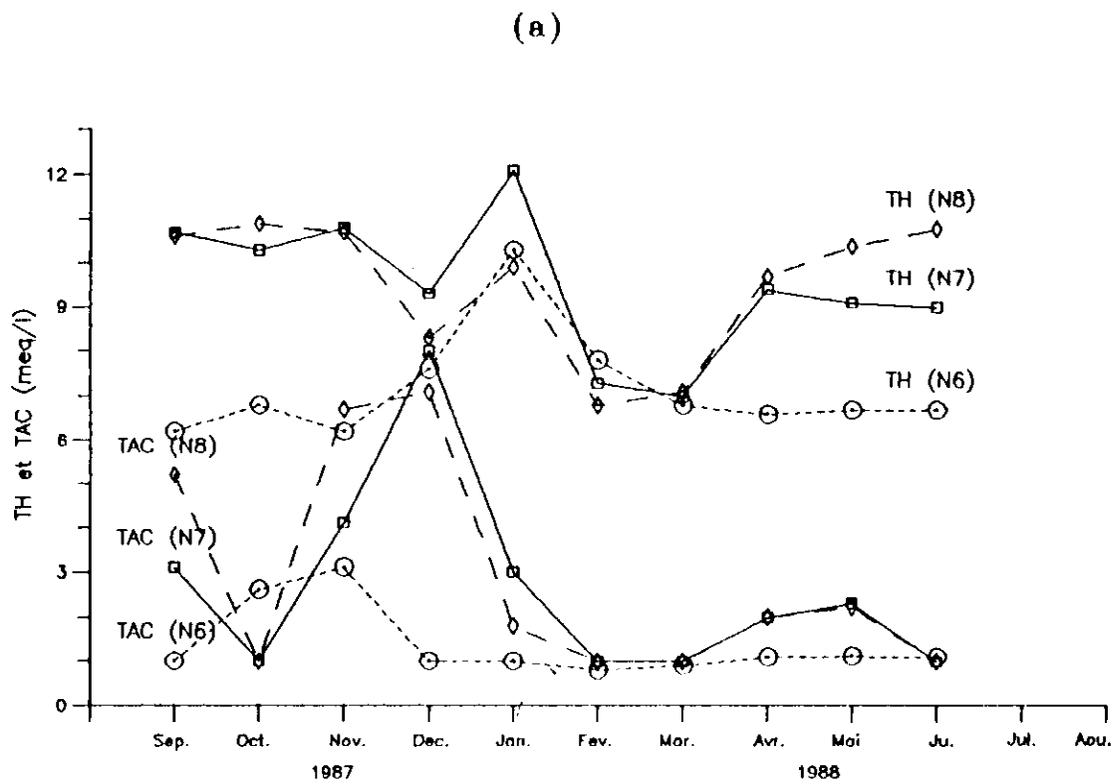


Figure 23: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

valeurs du TH et du TAC de l'eau à Grarem sont sensiblement peu différentes et fluctuent en parallèle avec ceux de Constantine (N7). Tout ceci montre clairement que les relations entre ces valeurs à la sortie de Constantine et à Grarem sont régulières.

4.2.1.1.3- *Tisserimene, El Milia et embouchure (points N9, N10 et N11)*

Les constatations faites sur les courbes de la figure 24 indiquent que l'eau à l'embouchure (N11) présente un TAC et un TH supérieur à celui de l'eau des points N9 et N10. Cette différence est probablement due à un taux en sels de calcium et de magnésium nettement plus élevé à l'embouchure.

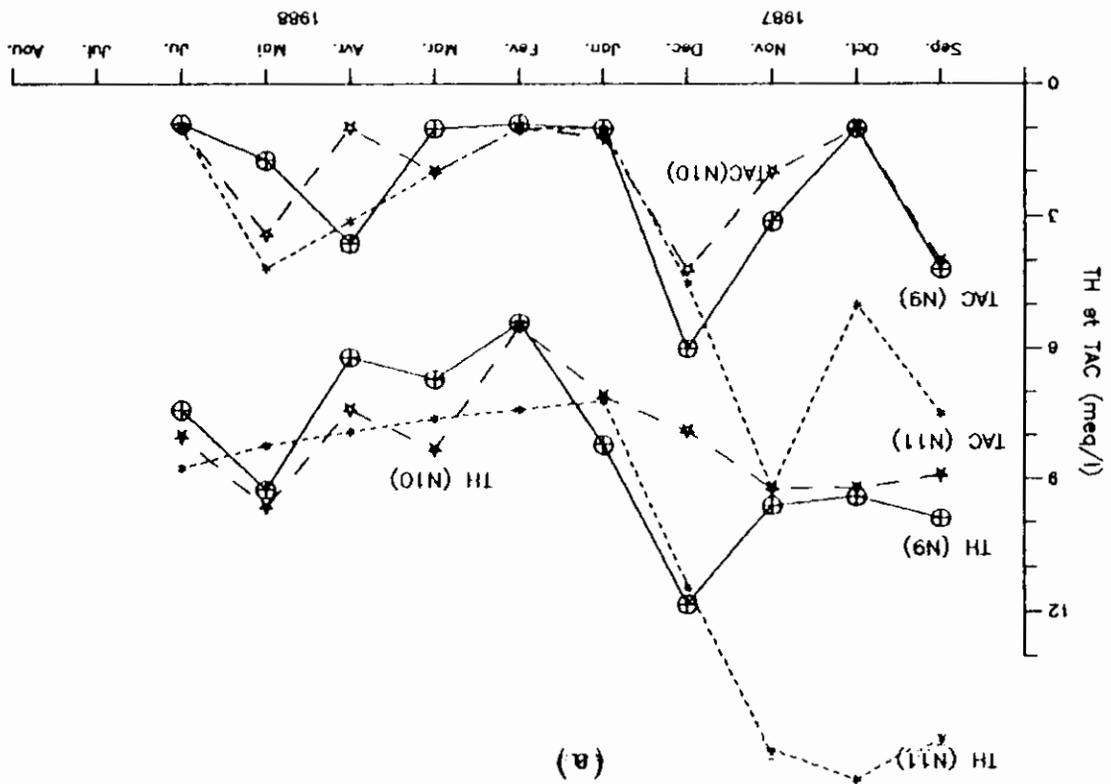
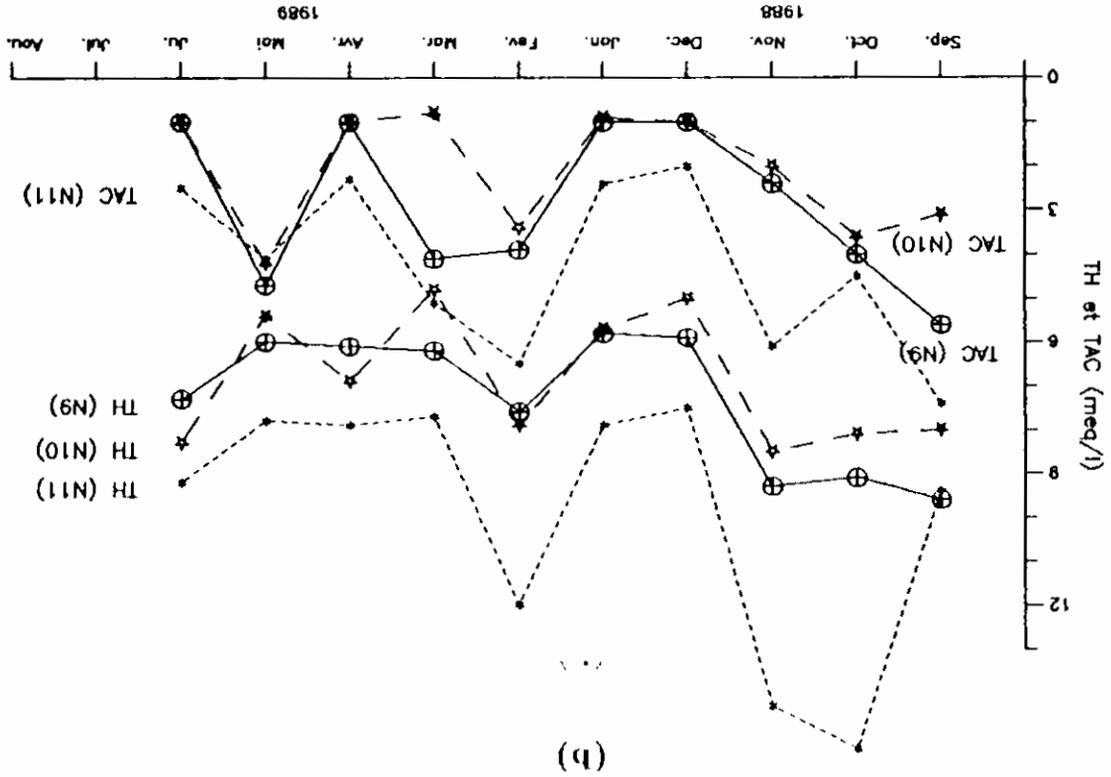
Le TH décroît rapidement de Septembre à Février sauf une exception (février 1988), puis croît progressivement de Février à Juin. Les valeurs les plus élevées sont observées en automne.

On constate que les valeurs du TAC ne sont pas marquées par une nette différence saisonnière. Ce qui permet de noter l'absence d'une variation significative.

(a) : du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b) : du 09/09/1988 au 30/06/1989

prélèvement N9, N10 et N11

Figure 24: Courbes concentration-temps aux points de



4.2.1.2- Variation spatiale des titres hydrotimétriques et alcalimétriques aux différents points de prélèvement

On observe une diminution de ces deux paramètres entre Oued Athmanla et Constantine (N6), mais on constate une augmentation sensible à partir du point de prélèvement N7 (sortie de Constantine) avec un décroché au niveau d'El-Milla (N10). Les valeurs moyennes les plus faibles (TH = 7, TAC = 1,5 méq/l) ont été relevées à l'entrée de Constantine (N6) (ce qui peut être expliqué par l'effet de dilution et le faible apport en sels de calcium et magnésium des eaux usées se déversant dans cette zone (Fig.25).

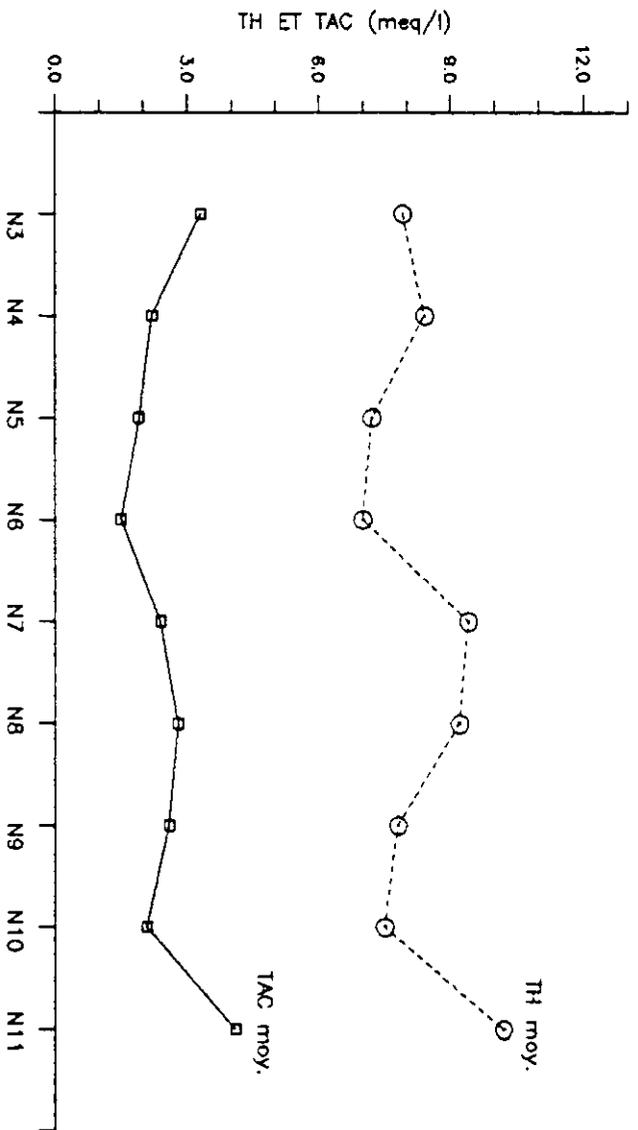


Figure 25: Distribution des TH et TAC en valeurs moyennes observées le long du oued Rhumel

4.2.2- Les chlorures et les sulfates

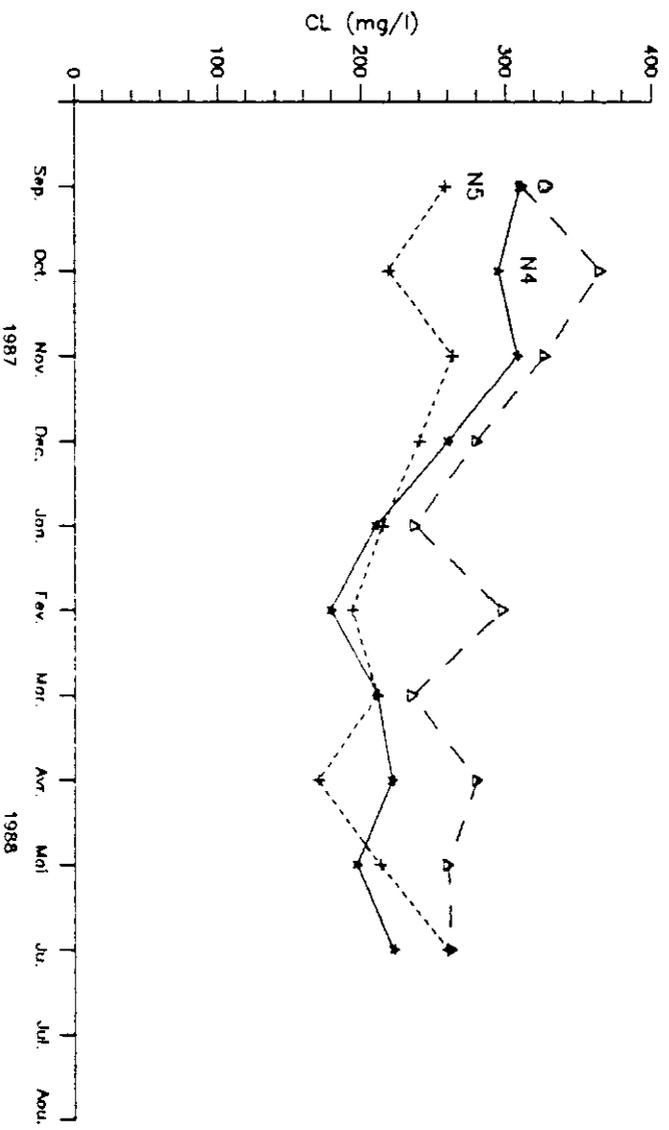
4.2.2.1- Variation temporelle aux différents points de prélèvement

4.2.2.1.1- *Oued Athmania, Oued Seguin et après Aïn-Semara*

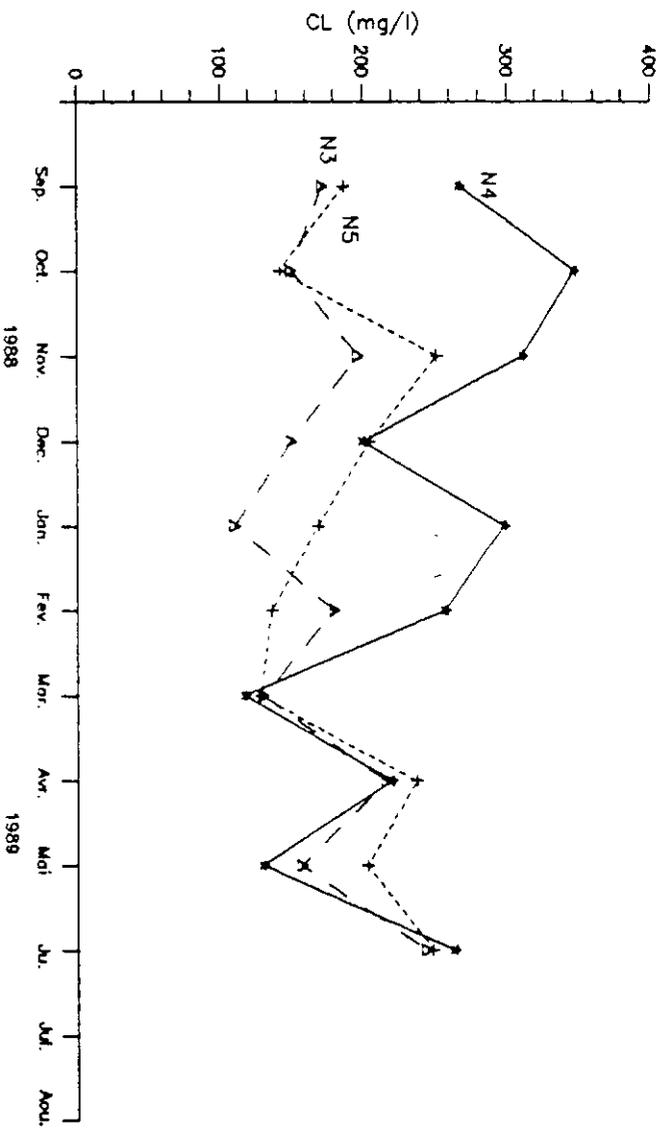
(points N3, N4 et N5)

Les courbes des figures 26 et 27 illustrent l'évolution des teneurs en chlorures et sulfates respectivement.

Les constatations faites sur ces courbes indiquent que les concentrations en chlorures suivent des fluctuations saisonnières. Ces concentrations ont varié de 365 mg/l (Octobre 1987) à 110 mg/l (Janvier 1989). Elles sont généralement beaucoup plus faibles de Décembre à Mai qu'à l'automne, alors que la teneur en ions sulfates commence à augmenter à partir de l'automne pour atteindre ses valeurs maximales en hiver, elle diminue au printemps, puis augmente à nouveau en été. Pendant la première période nous constatons un pic qui persiste jusqu'au point N8 en Janvier, parcontre durant la deuxième période et pendant le mois de Janvier ce pic est observé en tous les points de prélèvement. Ceci peut être attribuer aux fertilisants industriels qui contiennent les sulfates et qui sont entraînés par les eaux de pluie et à la solubilisation du sol, formé surtout d'argile à gypse.



(a)

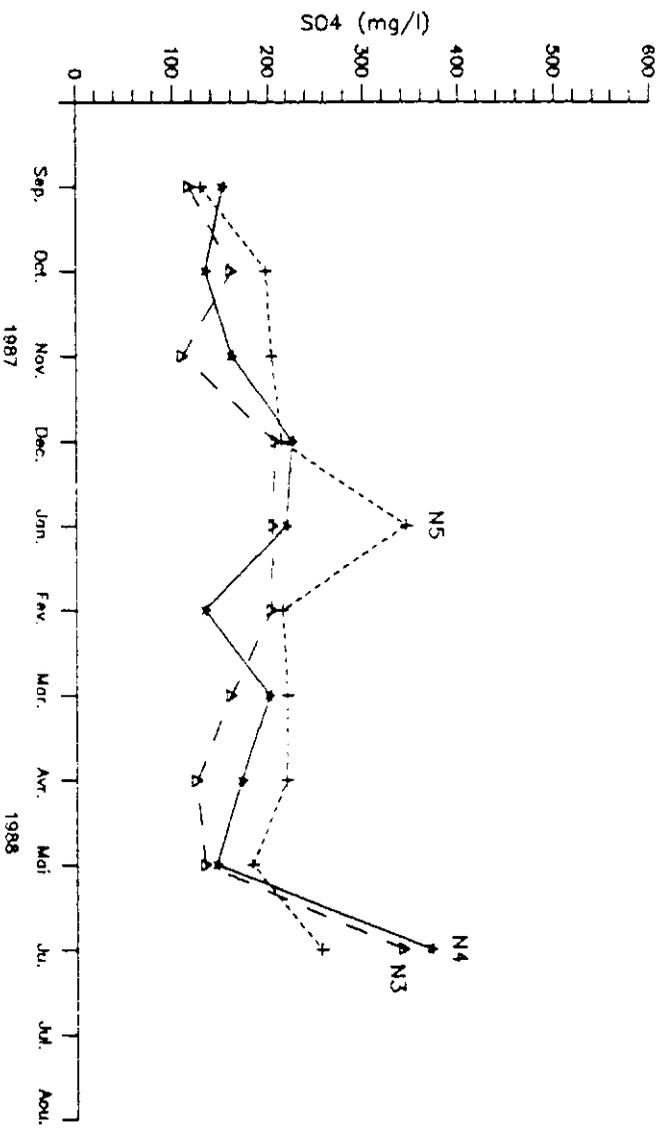


(b)

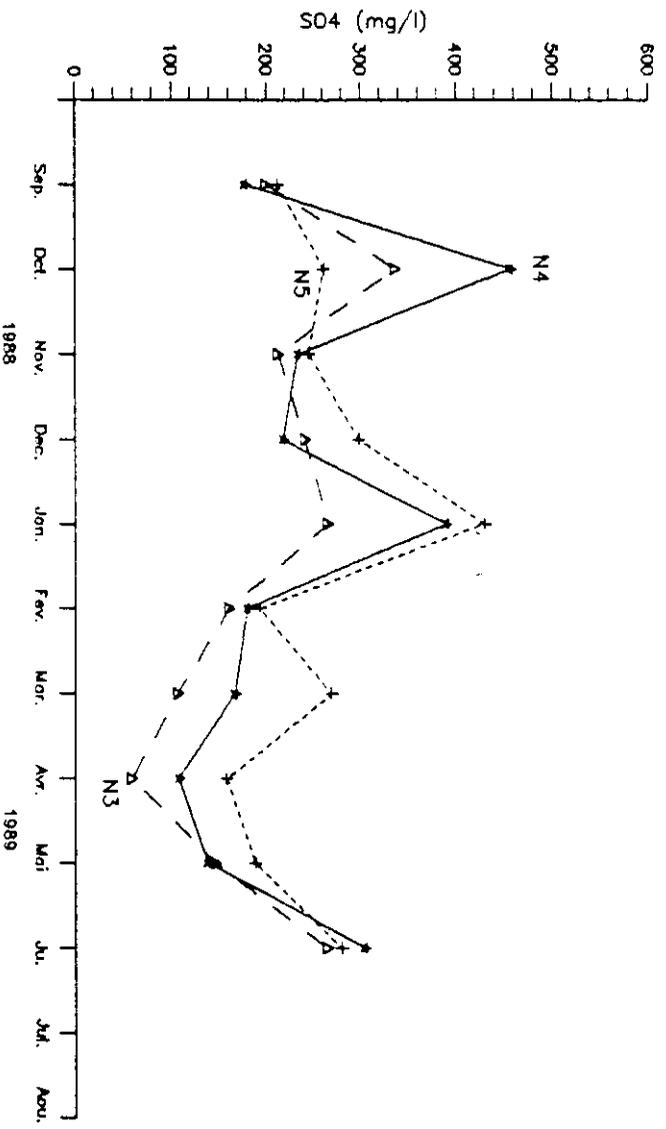
Figure 26: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989



(a)



(b)

Figure 27: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5
 (a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.2.2.1.2- Entrée, sortie de Constantine et Grarem (points N6, N7 et N8)

Sur l'ensemble des deux années successives d'étude, les concentrations en chlorures (fig.28) fluctuent entre hiver et printemps avec des valeurs élevées fréquemment rencontrées en hiver. Les valeurs maximales sont enregistrées à la sortie de Constantine (point N7). Ceci est probablement dû aux effets naturels et artificiels qui s'additionnent à cet endroit, à savoir solubilisation des roches et rejets des eaux usées urbaines.

Pour les sulfates (fig.29) la concentration commence à augmenter en automne pour atteindre sa valeur maximale en hiver, puis diminue au printemps pour augmenter à nouveau en été.

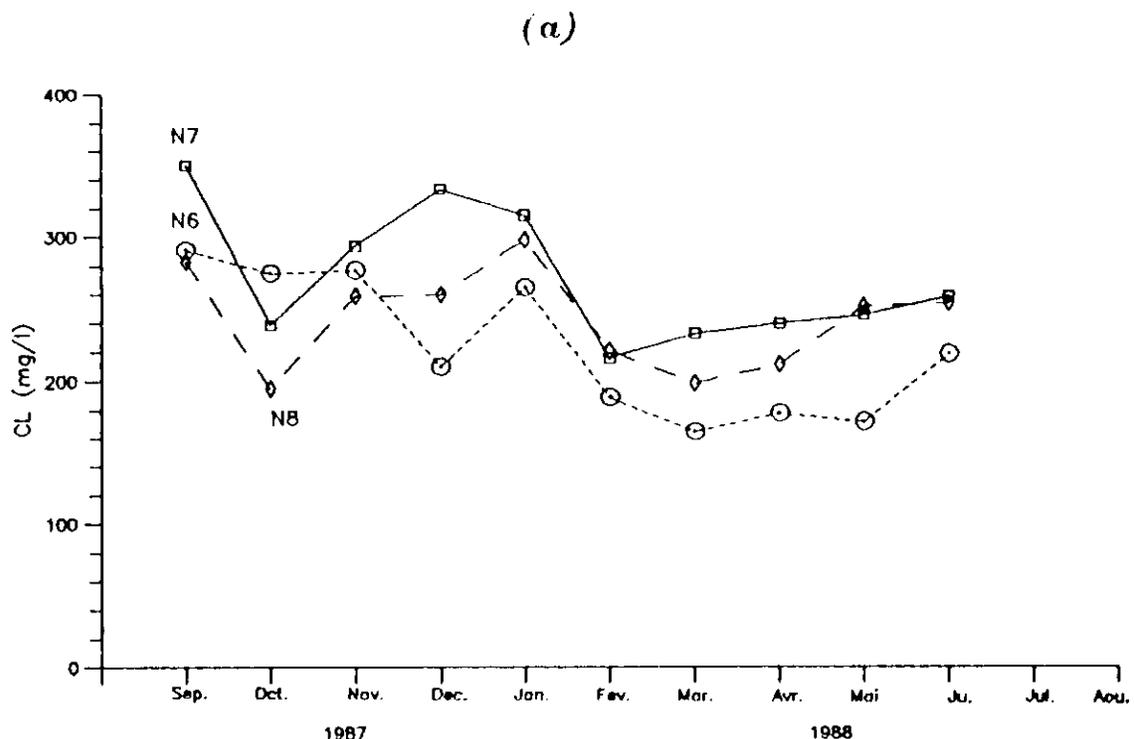


Figure 28a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8 (du 30/09/1987 au 30/06/1988)

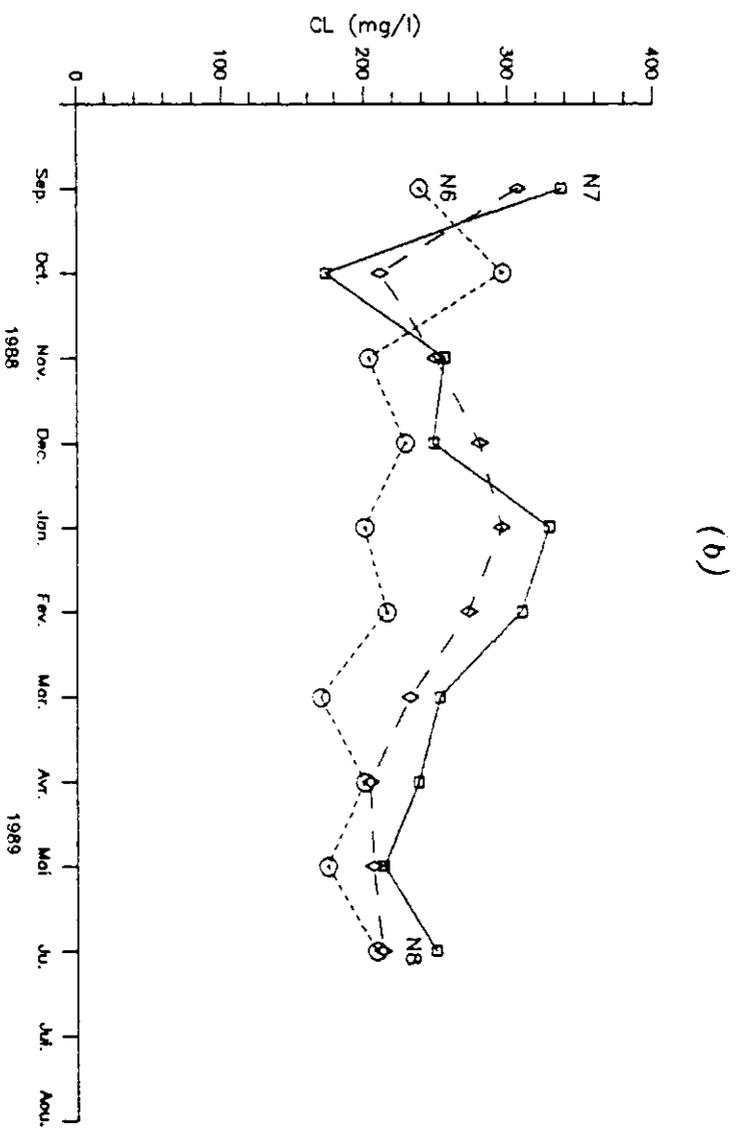


Figure 28b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8 (du 09/09/1988 au 30/06/1989)

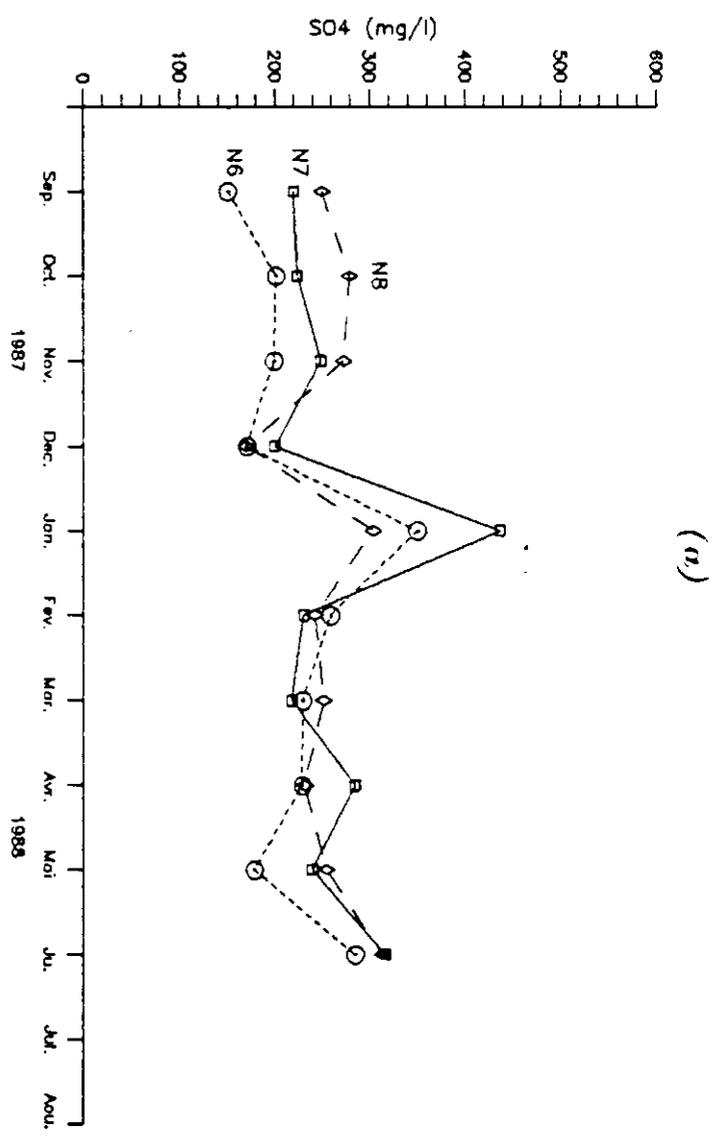


Figure 28a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8 (du 30/09/1987 au 30/06/1988)

(b)

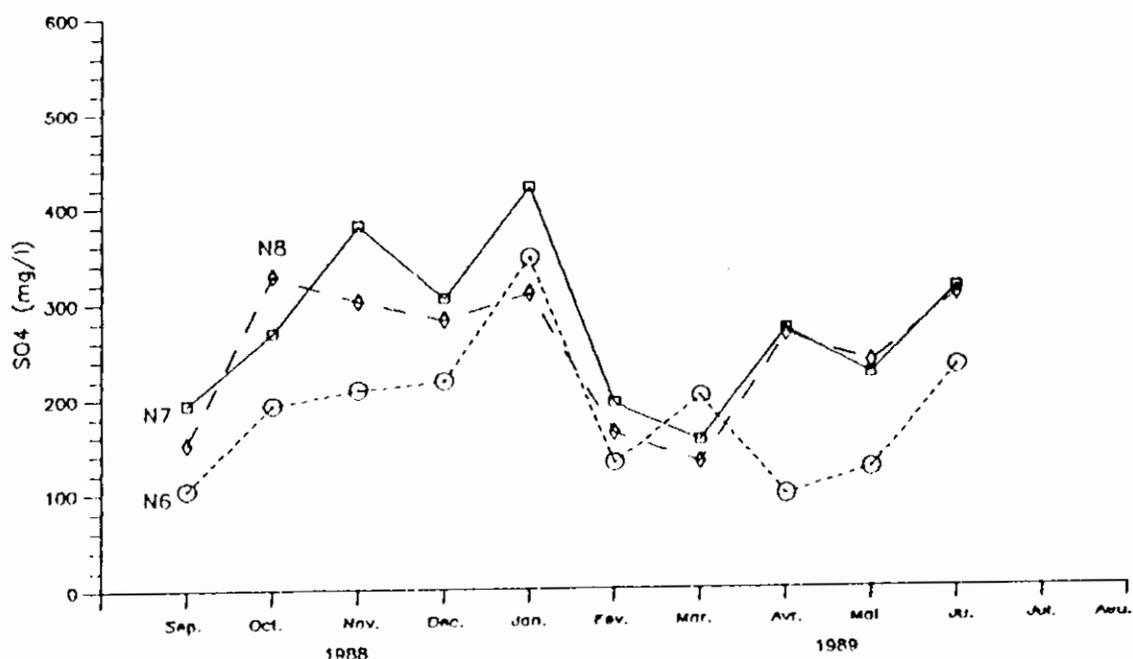
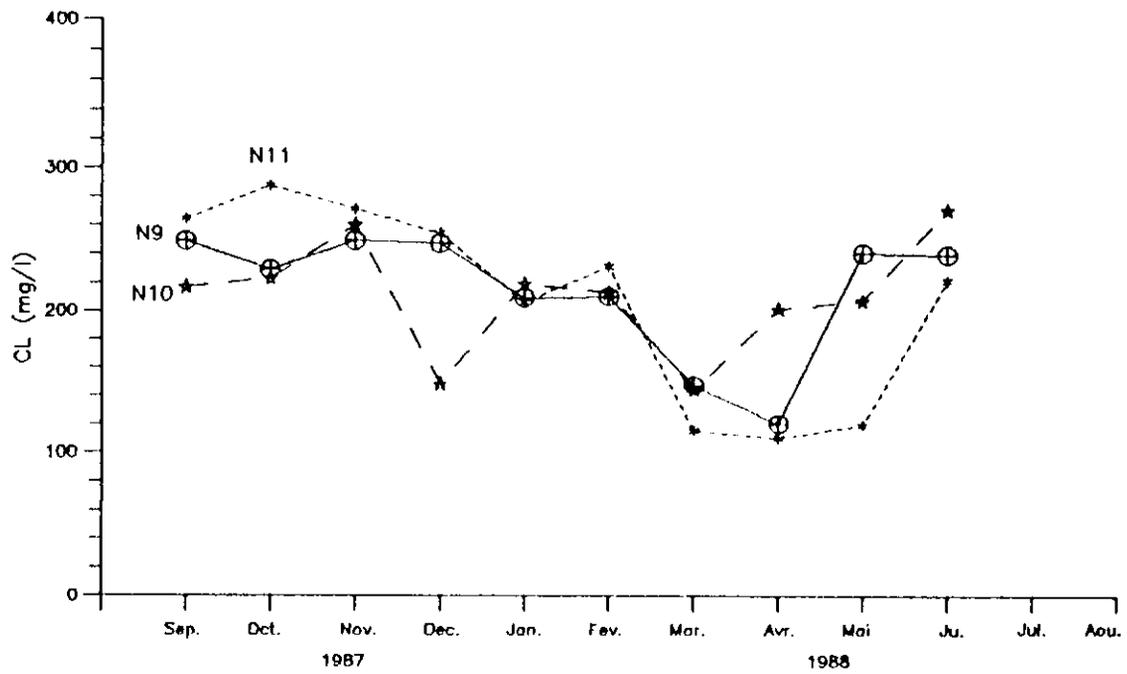


Figure 29b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8 (du 09/09/1988 au 30/06/1989)

4.2.2.1.3- TISSIREMMENE, EL-MILIA et embouchure (points N9, N10 et N11)

Tandis que les concentrations en chlorures (fig.30) et sulfates (fig.31) en ces points de prélèvements suivent des variations saisonnières semblables: décroissent progressivement d'automne au printemps en passant par des valeurs intermédiaires en hiver puis croissent en été.

(a)



(b)

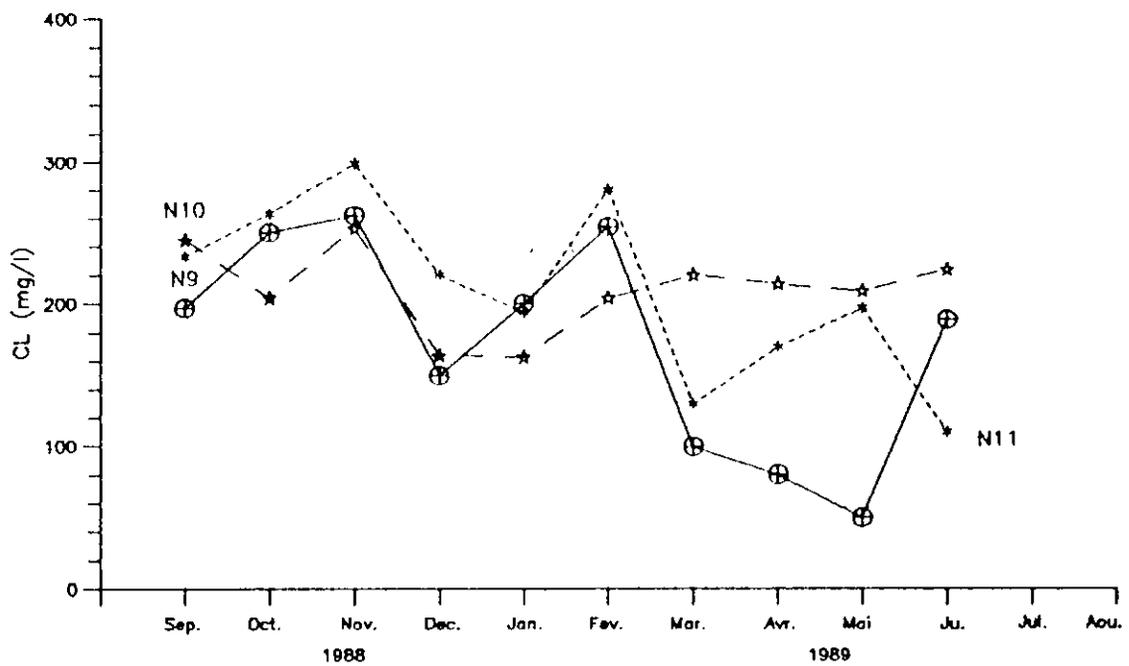


Figure 30: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.2.2.2- Variation spatiale

La distribution des teneurs moyennes et extrêmes en sulfates et chlorures dans tous les points de prélèvement étudiés sur le RHUMEL est représentée aux figures 32 et 33 respectivement.

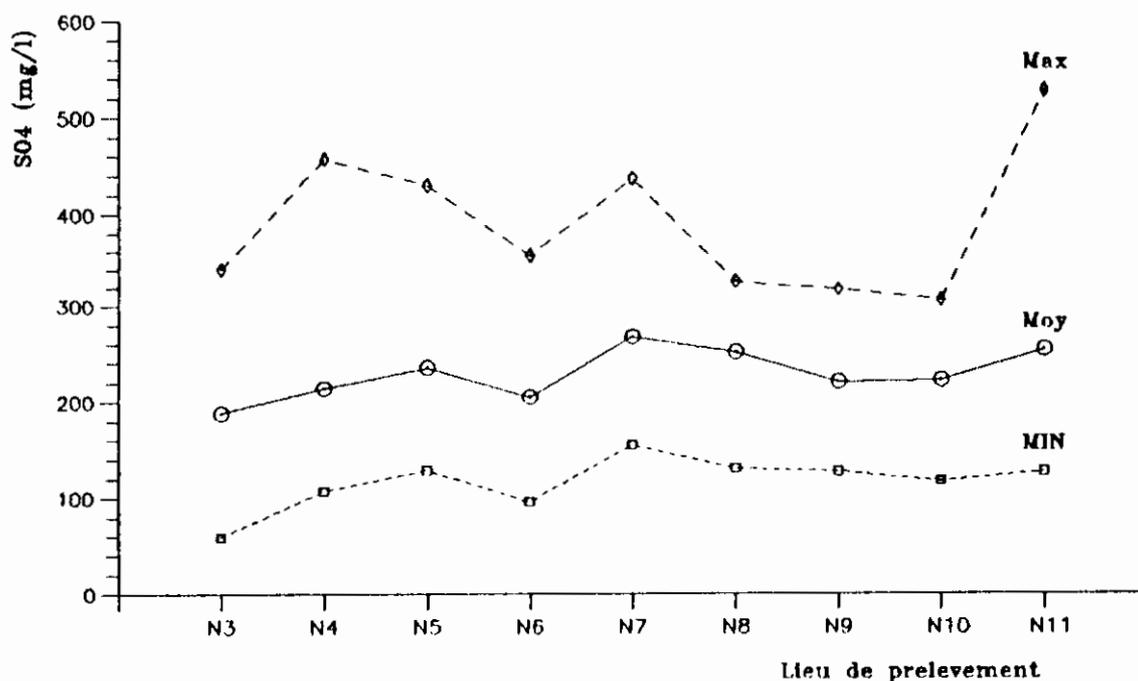


Figure 32: Distribution des teneurs moyennes et extrêmes en sulfates observées le long du oued Rhumel

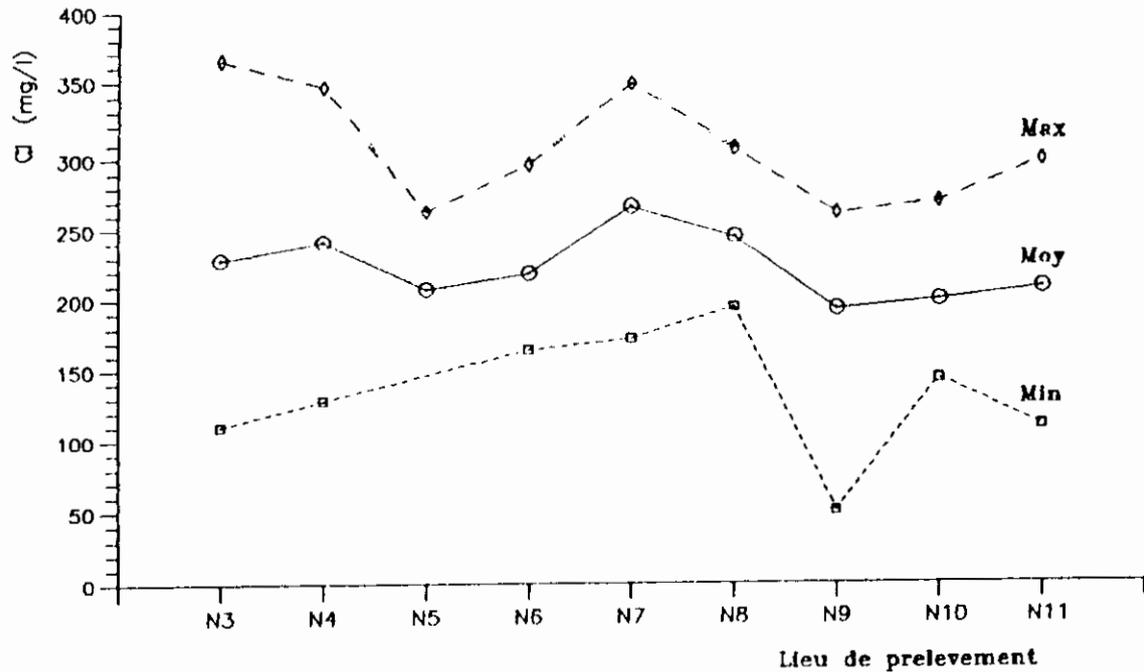


Figure 33: Distribution des teneurs moyennes et extrêmes en chlorures observées le long du oued Rhumel

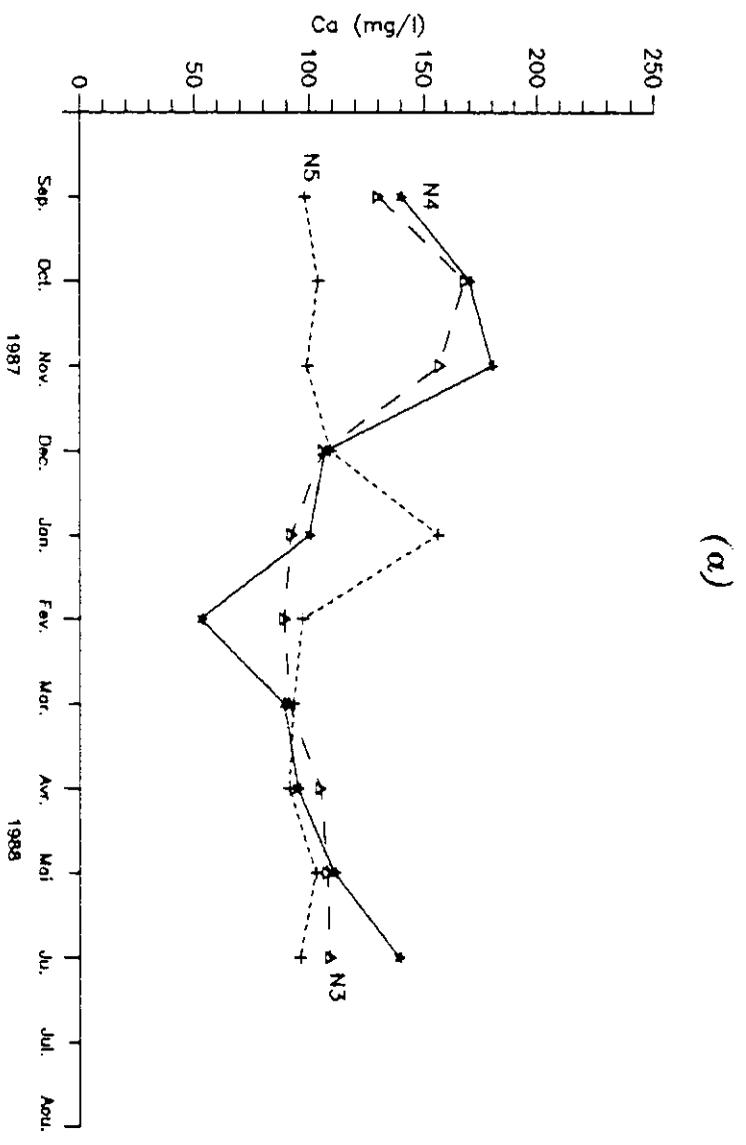
La valeur moyenne de la concentration des ions sulfates et chlorures dans les eaux est faible au point de prélèvement N3 (oued Athmania) pour les sulfates et au point N9 (Tissiremme) pour les chlorures, cette valeur de ces deux éléments est élevée dans les sites N6 et N8 (entré de Constantine et Grarem respectivement), ceci est probablement dû aux rejets des eaux usées urbaines (urine) et à la solubilisation des roches parcourues par l'eau de ruissellement, elle atteint son maximum au point N7 (sortie de Constantine). Elle croit à nouveau jusqu'à l'embouchure. Ceci est probablement dû au passage de l'eau de mer.

4.2.3- Le calcium, le magnésium, le potassium et le sodium

4.2.3.1. Variation temporelle aux différents points de prélèvement

La variation des concentrations en calcium (fig.34, 35, et 36) et sodium (fig. 37, 38 et 39) aux différents points de prélèvement montre une évolution très parallèle: après l'enregistrement de haute valeurs en automne on observe une chute rapide en hiver, suivie d'une remontée progressive dès le printemps durant les deux périodes d'observation sans ignorer l'apparition irrégulière de fortes concentrations. Cette apparition de pics est fort probablement une indication d'une pollution occasionnelle.

L'examen des courbes de ces figures nous permet également de constater une diminution très sensible des concentrations en sodium qui atteint le seuil minimum (35 mg/l au point N7) au mois d'Octobre au cours de la première période. Ces faibles concentration en sodium du point N7 au point N11 par rapport à ceux en amont sont dû au fait que les prélèvements aux points N7 jusqu'au point N11 ont été effectués en une journée pluvieuse ce qui n'est pas le cas pour les prélèvements aux points en amont effectués une journée plus tôt.



(b)

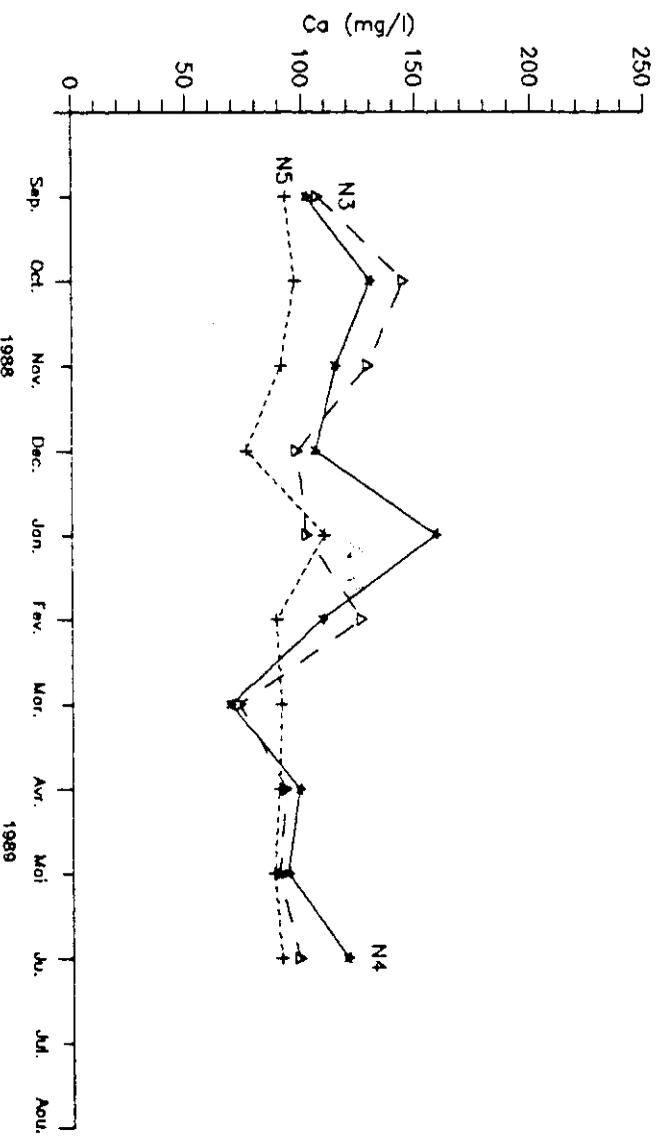
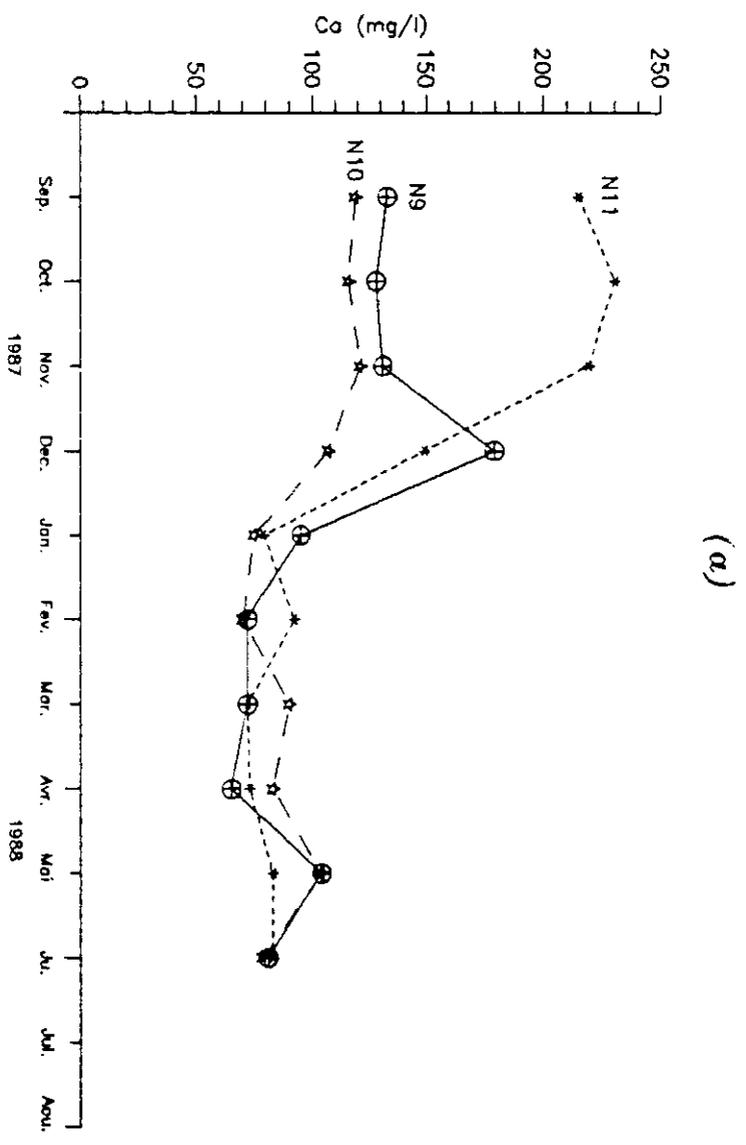


Figure 34: Courbes concentration-temps aux points de

prélèvement N3, N4 et N5

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989



(b)

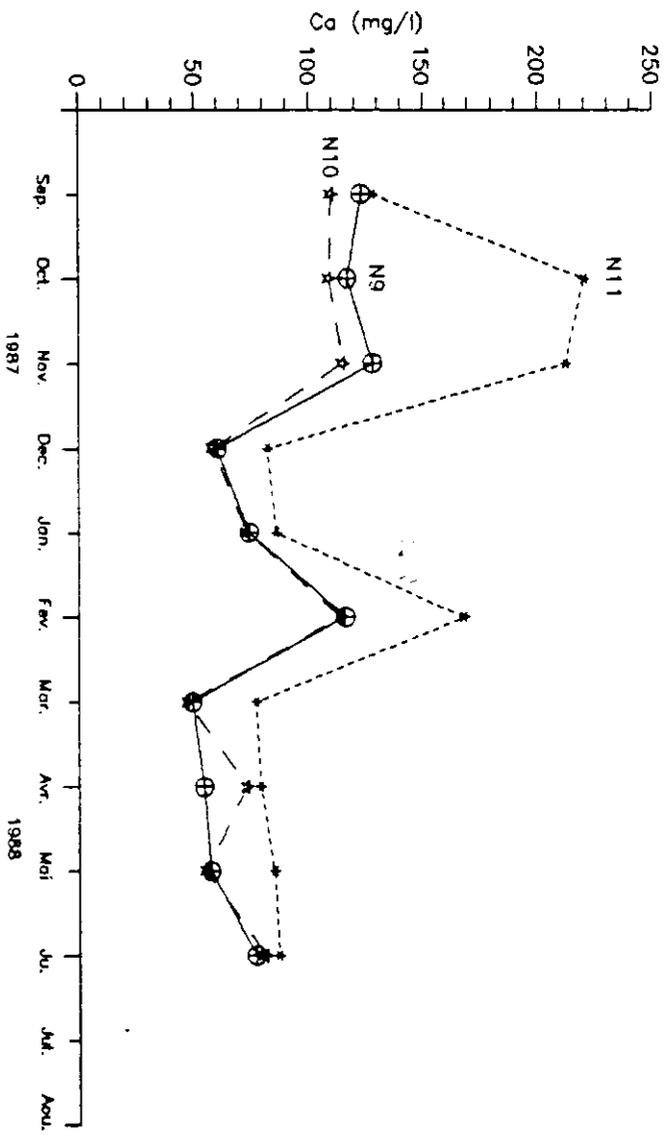
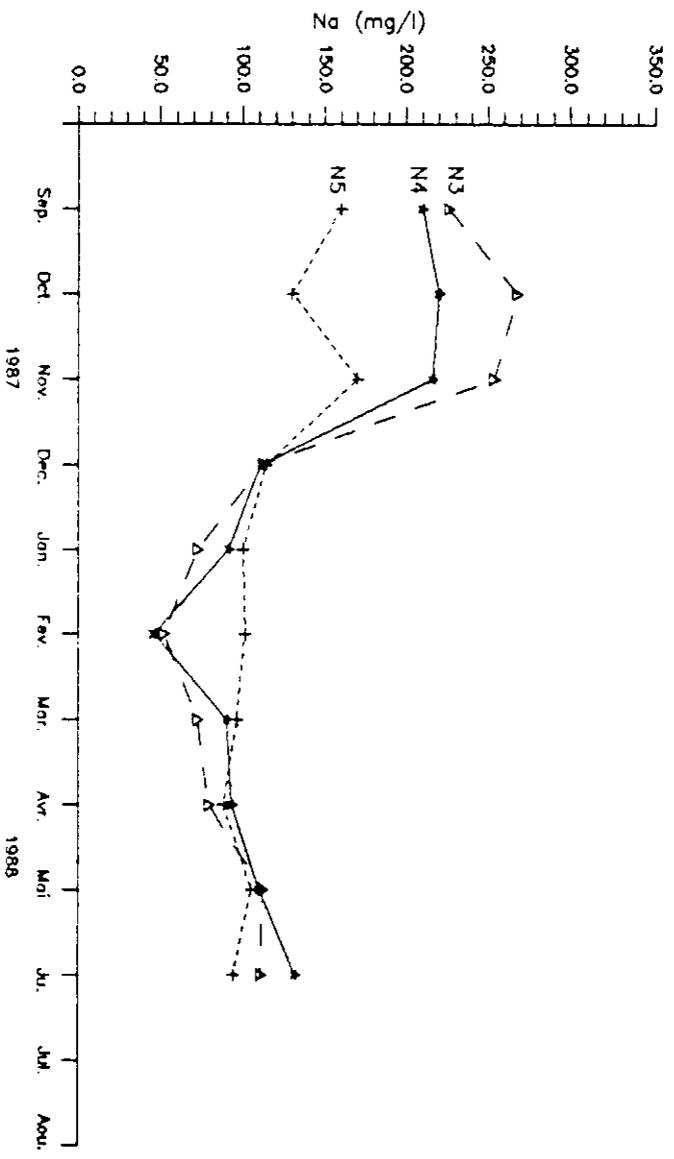


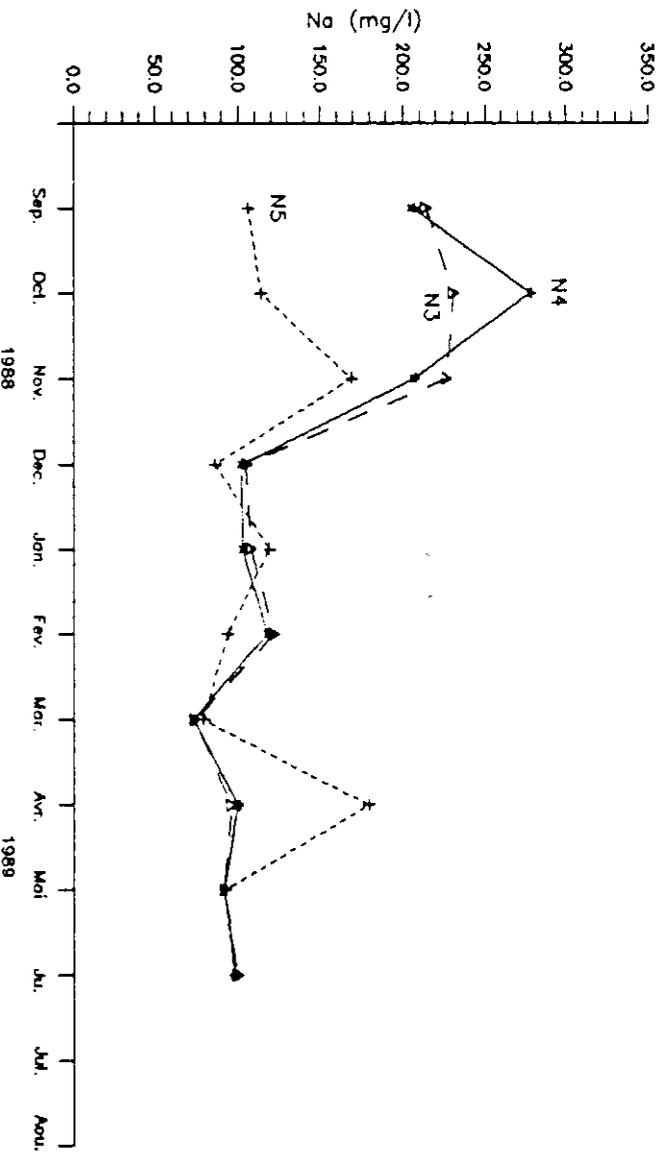
Figure 36: Courbes concentration-temps aux points de
prélèvement N9, N10 et N11

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989



(a)



(b)

Figure 37: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5
 (a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

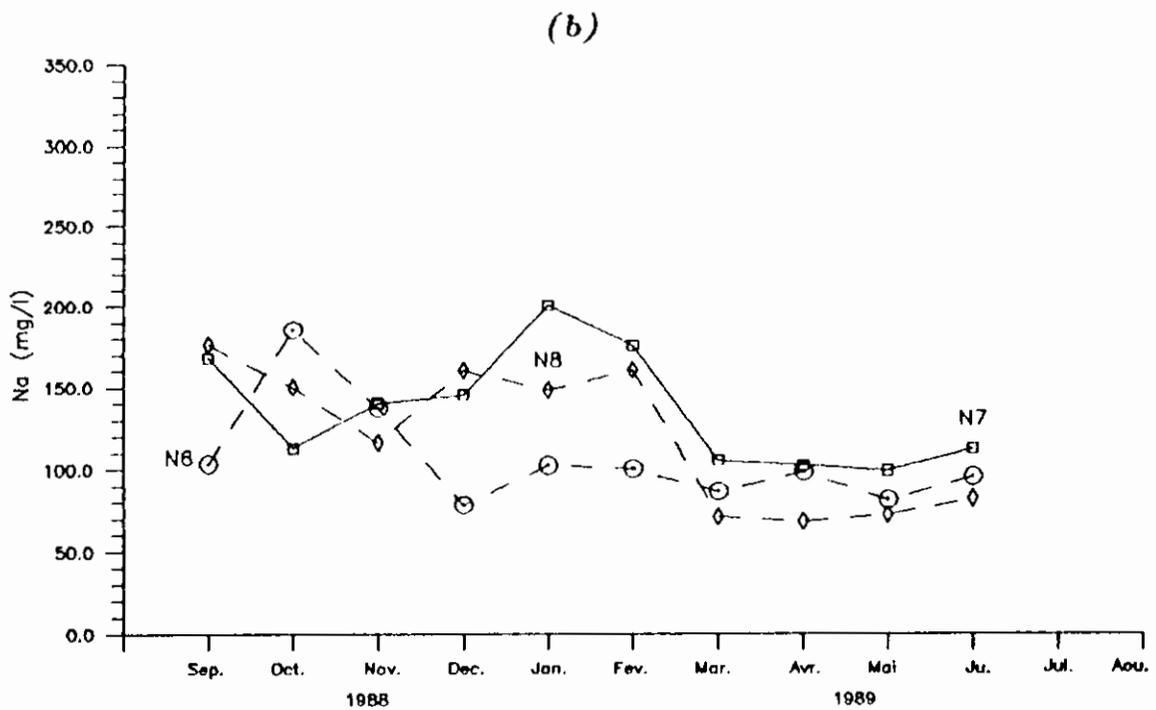
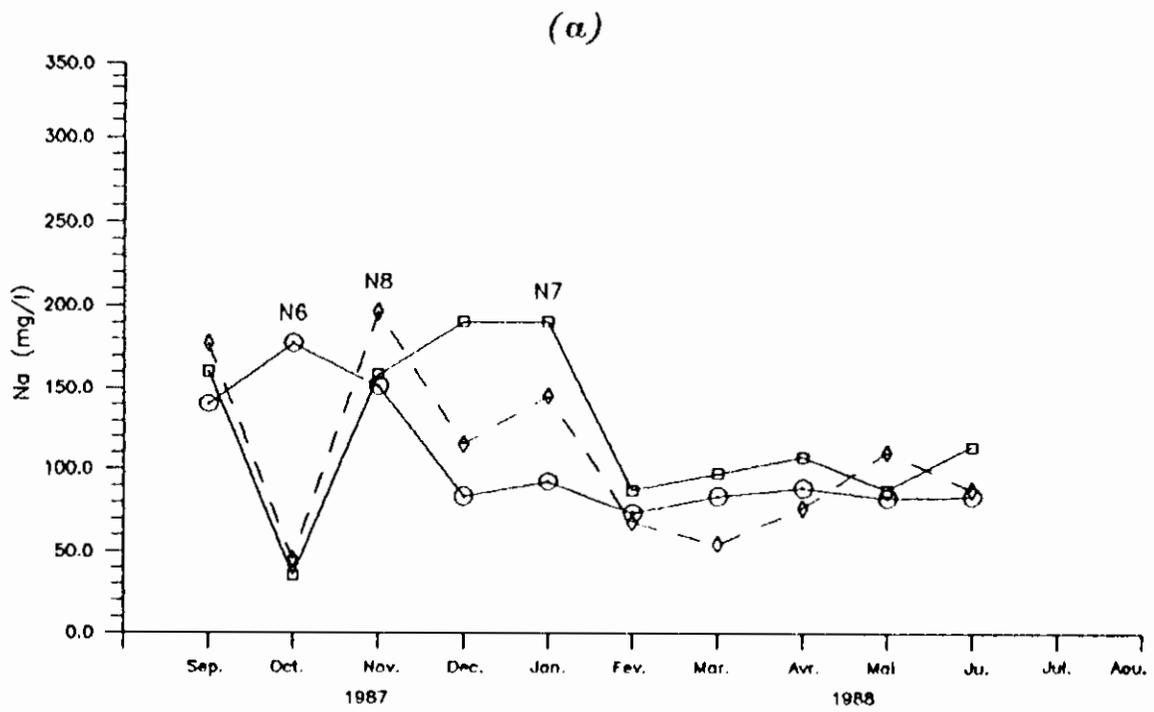


Figure 38: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

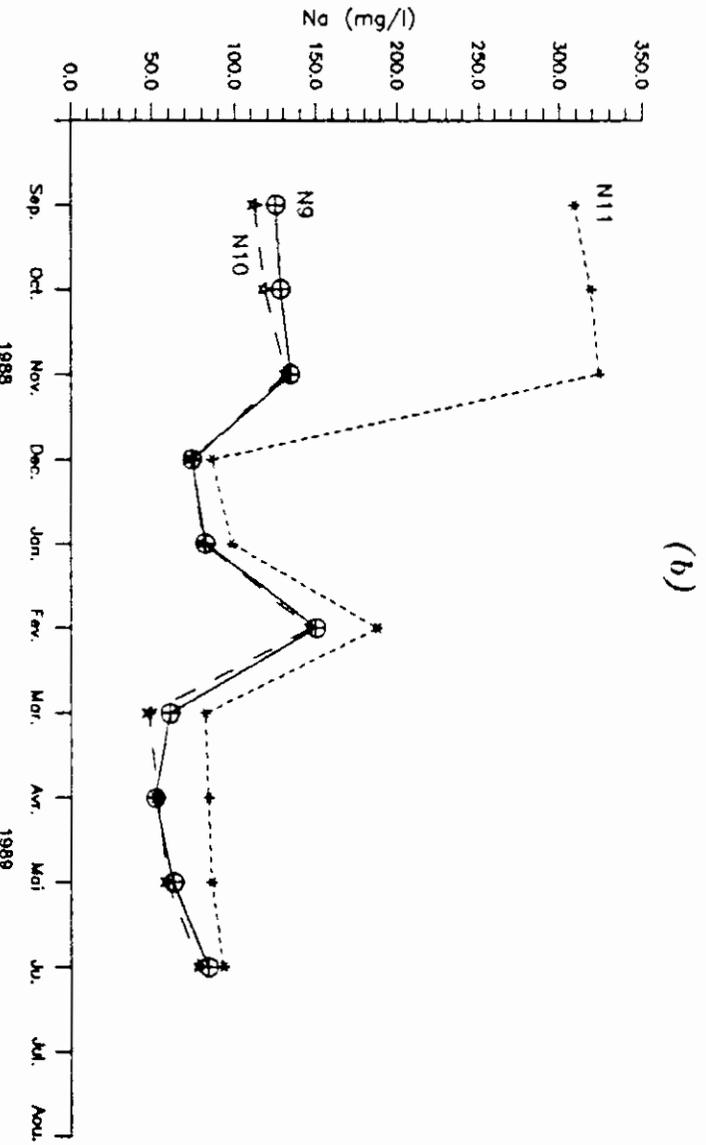
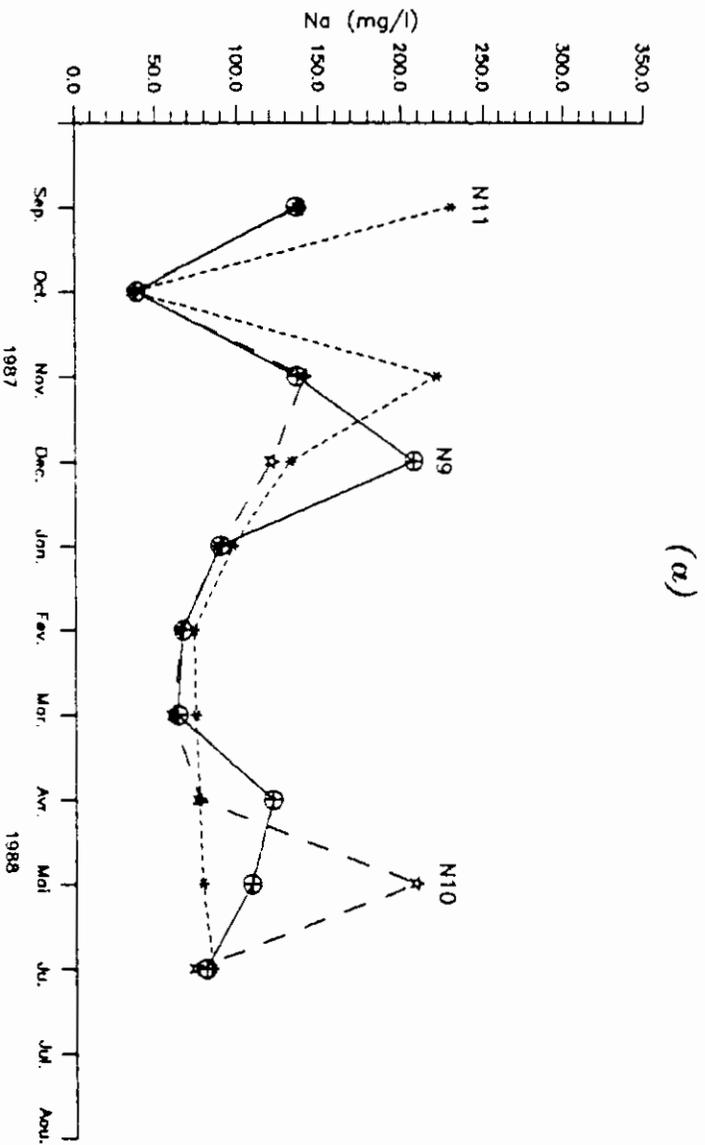


Figure 39: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11
 (a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

Les concentrations en magnésium aux différents points de prélèvement (fig. 40, 41 et 42) suivent presque la même variation saisonnière que les concentrations en sodium et calcium sauf que c'est au printemps qu'elles atteignent les valeurs les plus faibles, puis croissent progressivement, alors que les concentrations de potassium (fig. 43, 44 et 45) paraissent fluctuer de façon différente: une forte augmentation des concentrations en hiver et une diminution de ces concentrations au printemps.

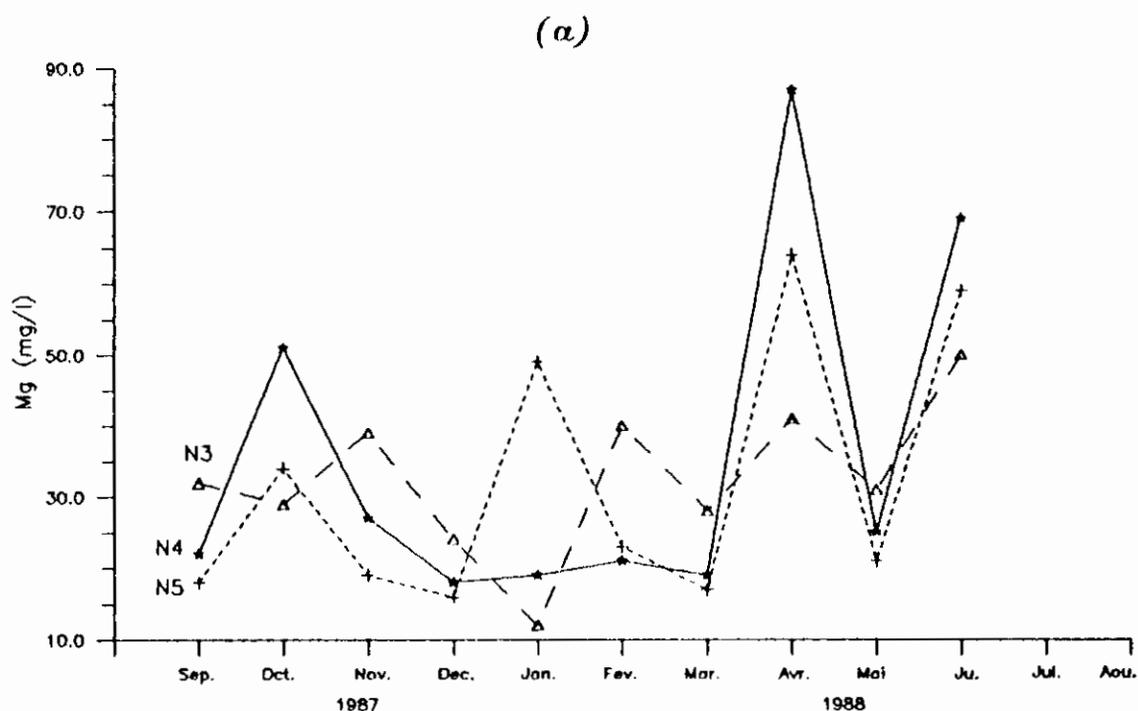


Figure 40a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5 (du 30/09/1987 au 30/06/1988)

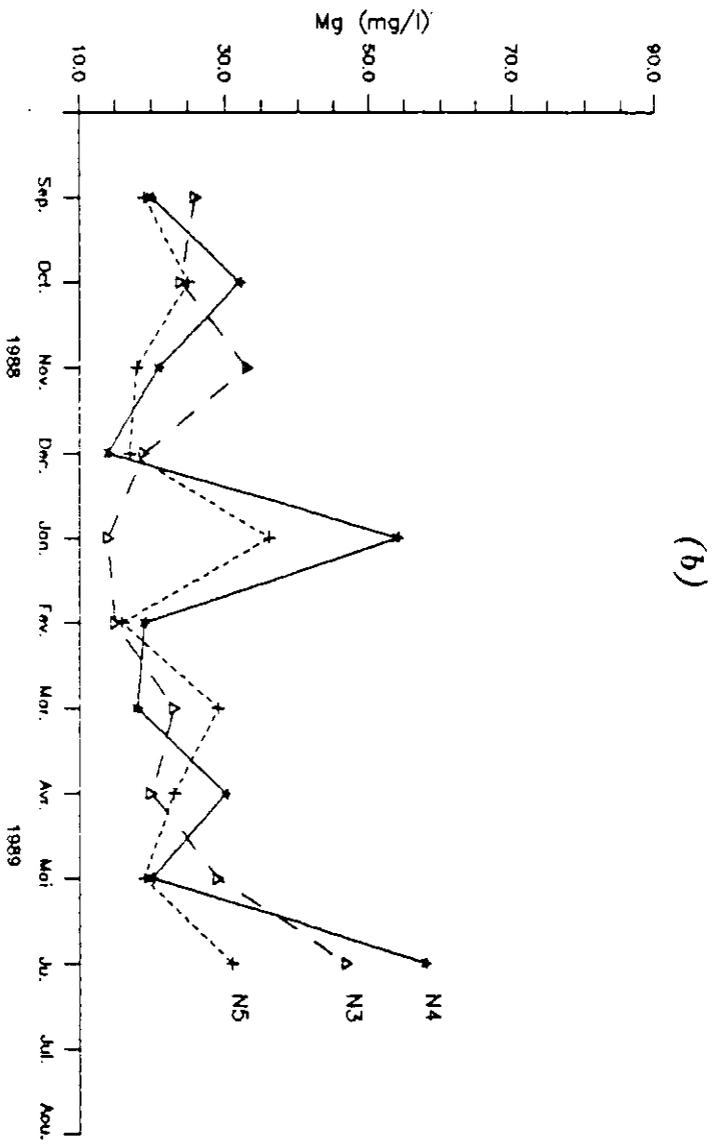


Figure 40b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5 (du 09/09/1988 au 30/06/1989)

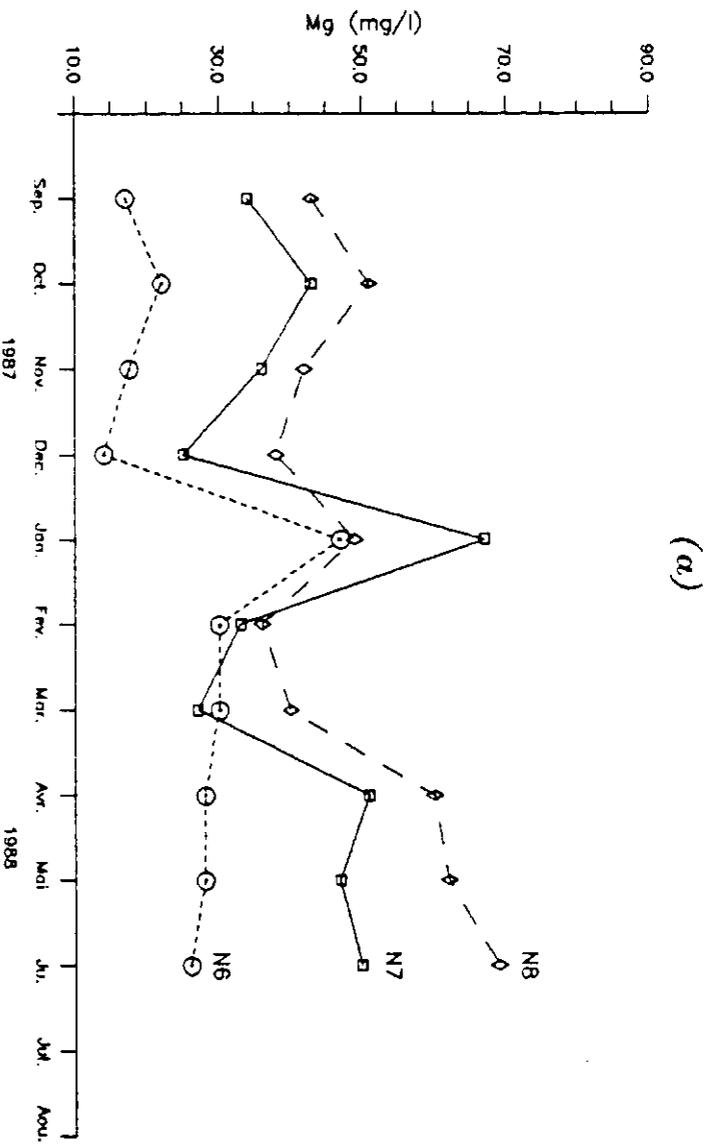


Figure 41a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8 (du 30/09/1987 au 30/06/1988)

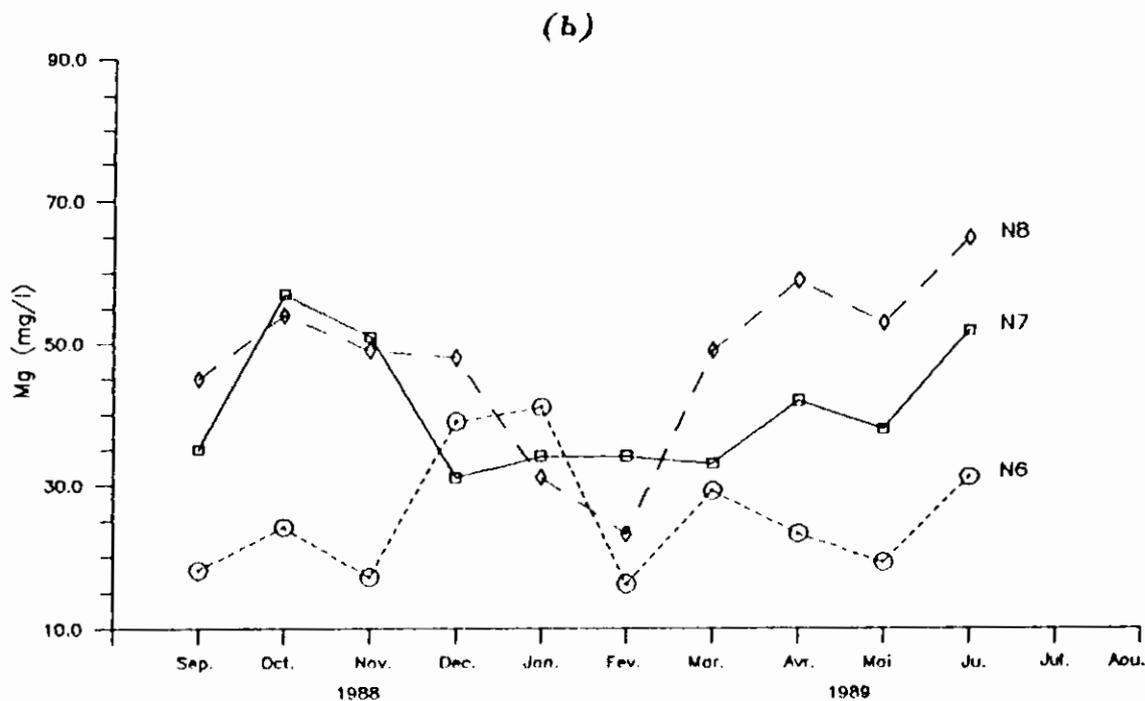


Figure 41b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8 (du 09/09/1988 au 30/06/1989)

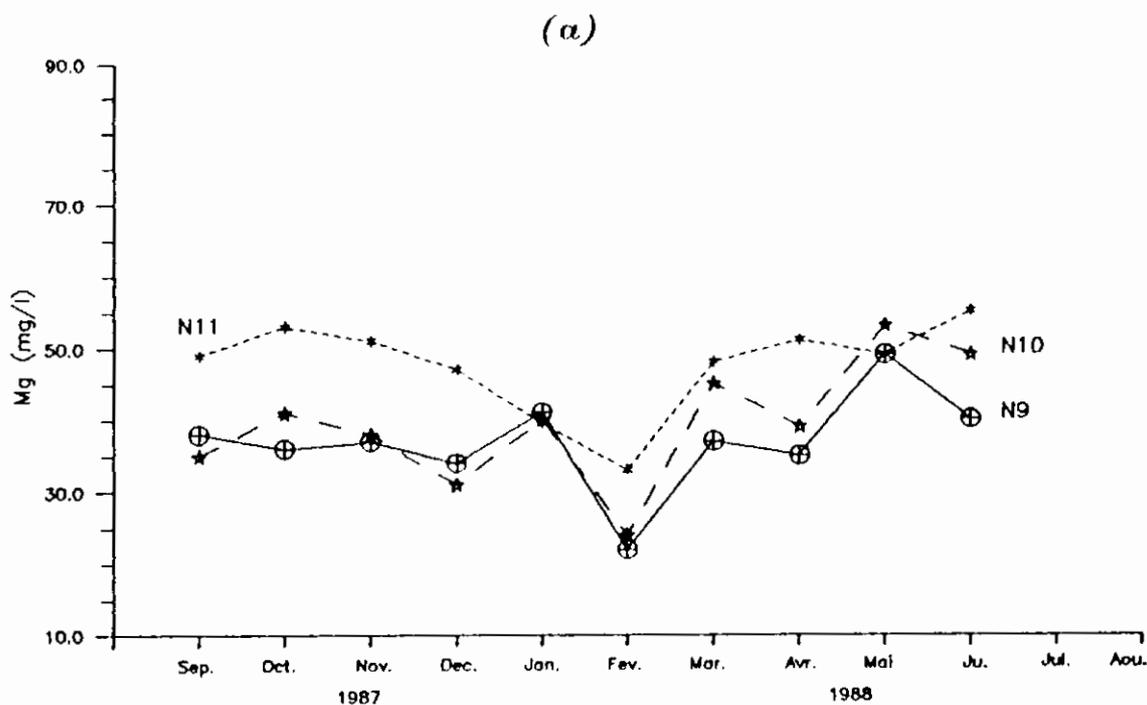


Figure 42a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11 (du 30/09/1987 au 30/06/1988)

(b)

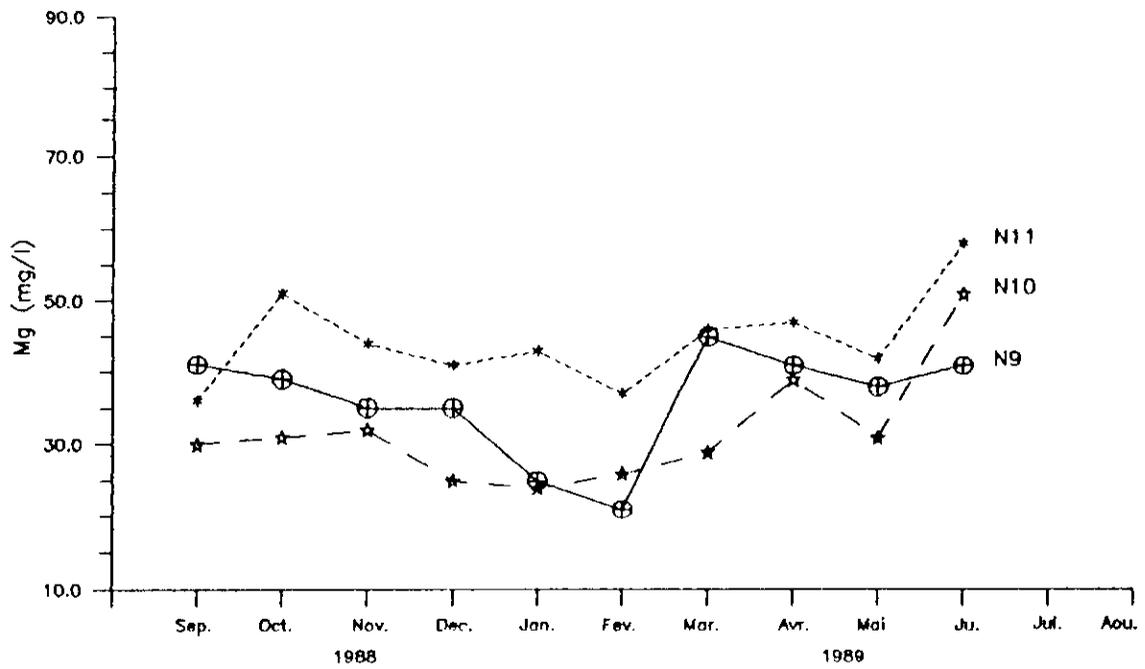


Figure 42b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11 (du 09/09/1988 au 30/06/1989)

(a)

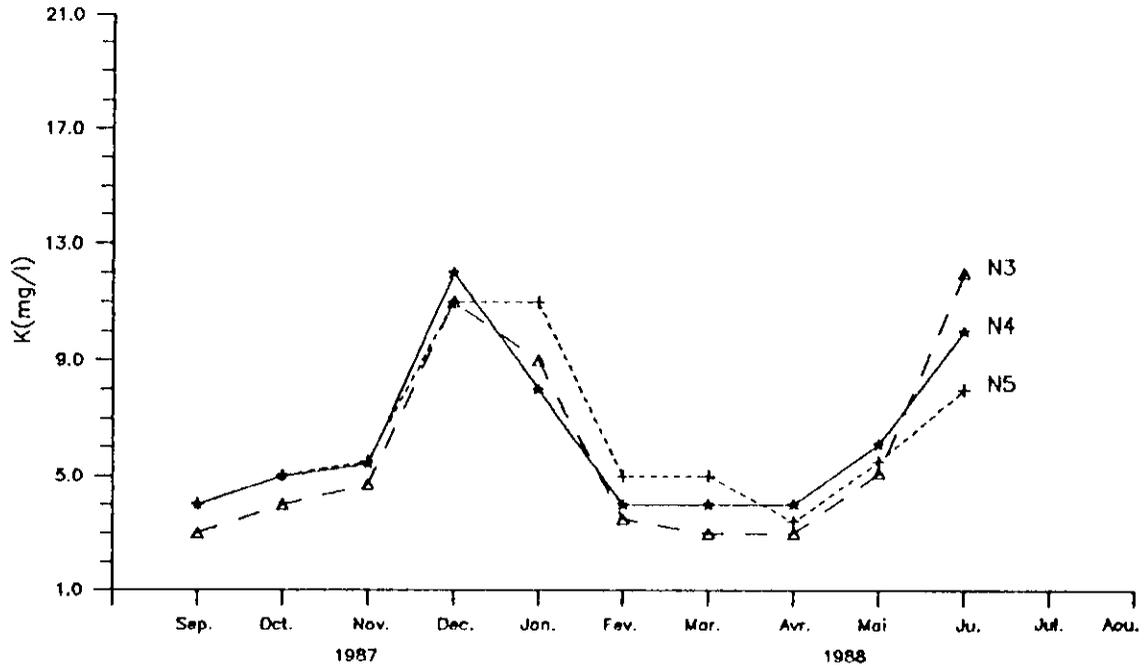


Figure 43a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5 (du 30/09/1987 au 30/06/1988)

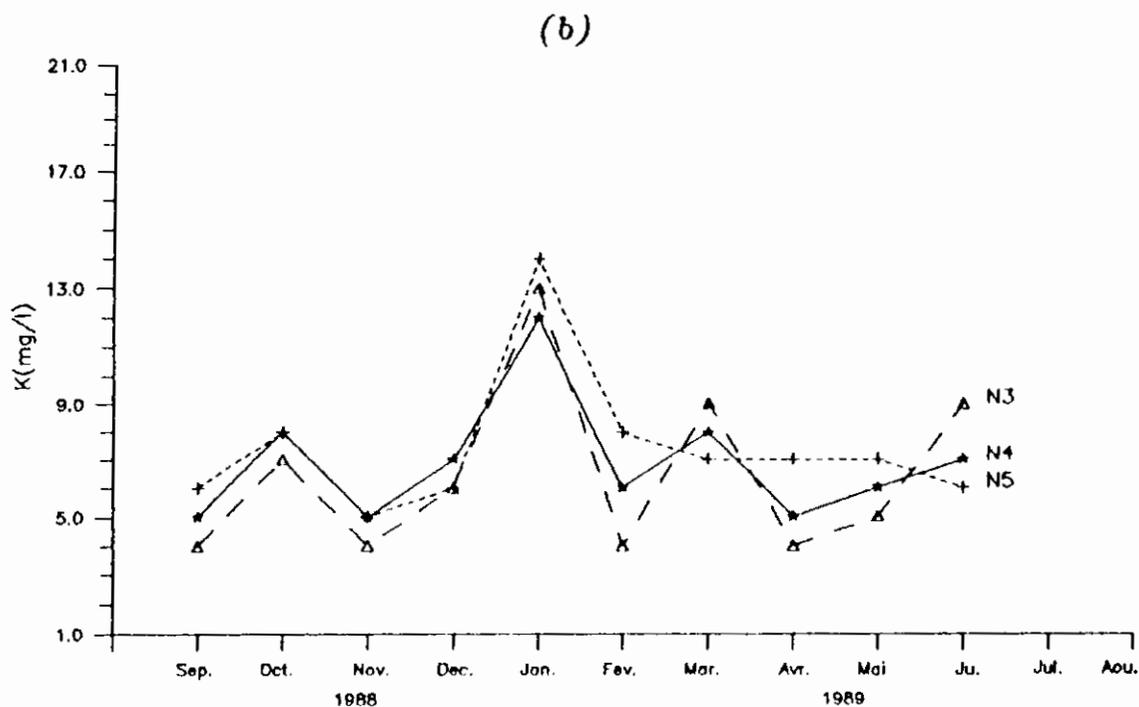


Figure 43b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5
(du 09/09/1988 au 30/06/1989)

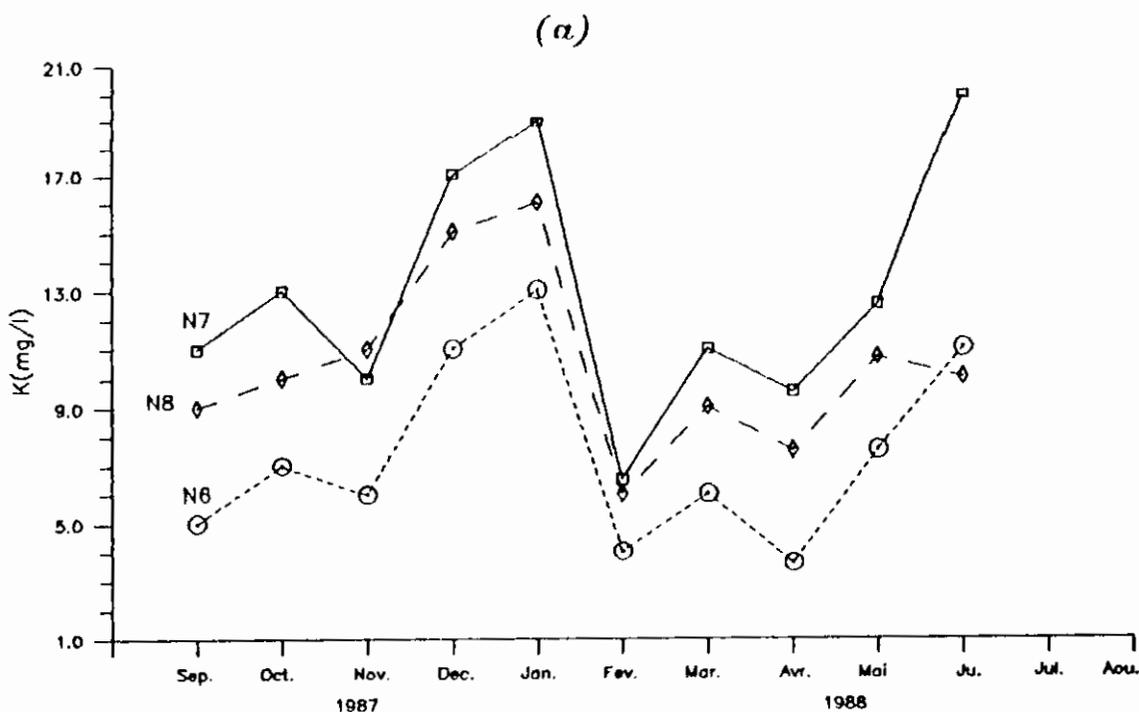


Figure 44a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8
(du 30/09/1987 au 30/06/1988)

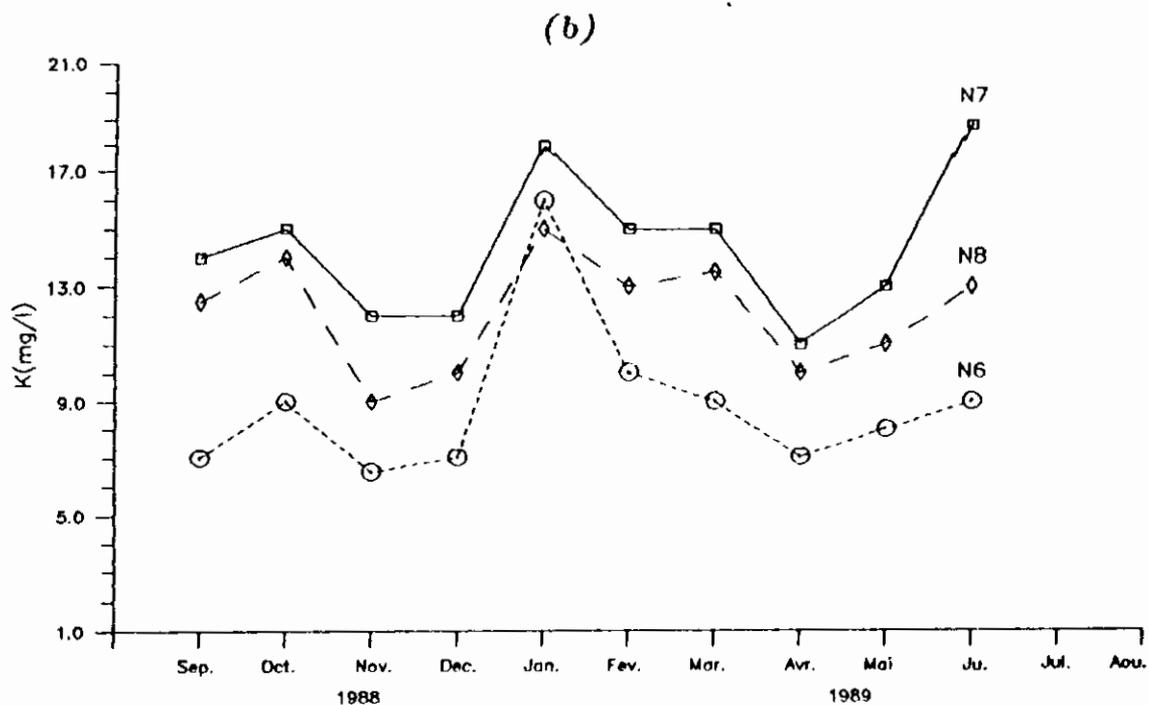


Figure 44b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8
(du 09/09/1988 au 30/06/1989)

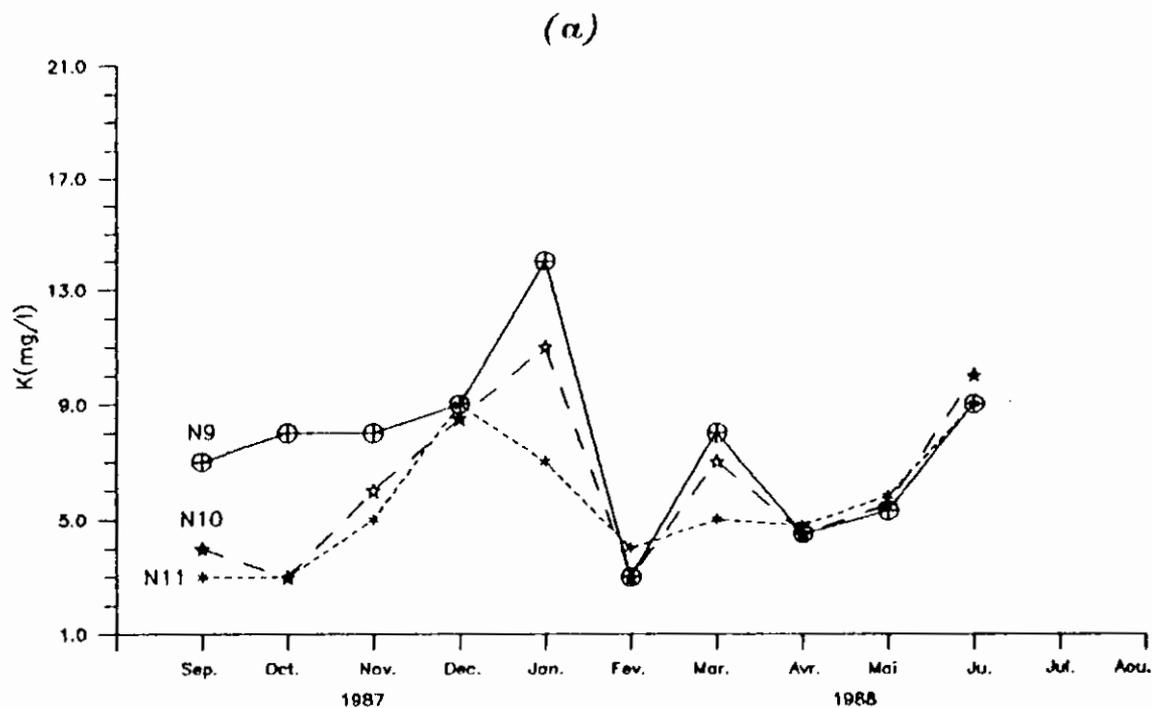


Figure 45a: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11
(du 30/09/1987 au 30/06/1988)

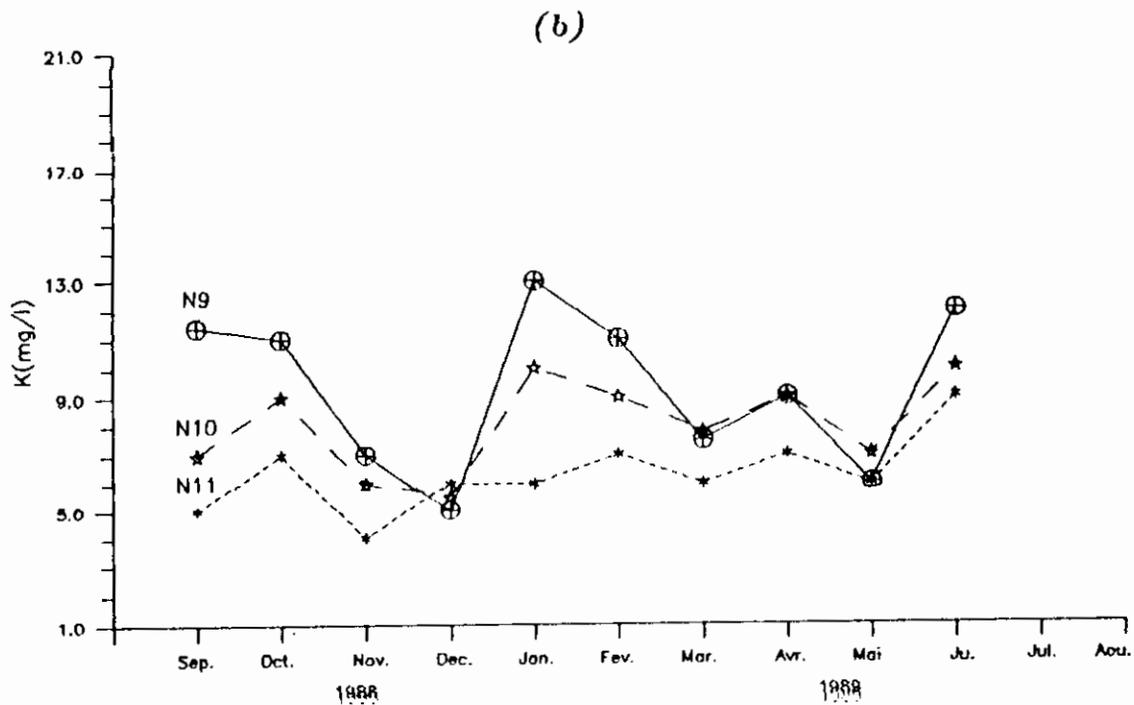


Figure 45b: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11 (du 09/09/1988 au 30/06/1989)

4.2.3.3- Variation espaciale aux différents points de prélèvement

Les figures 46, 47, 48, et 49 illustrent l'évolution espaciale des concentrations en calcium, magnésium, potassium, et sodium respectivement le long du RHUMEL.

La valeur moyenne de la teneur de chacun de ces paramètres en amont du point N7 (sortie de Constantine) n'est pas très différente (fig.46, 47, 48 et 49): une diminution en calcium, magnésium et sodium et une augmentation en potassium.

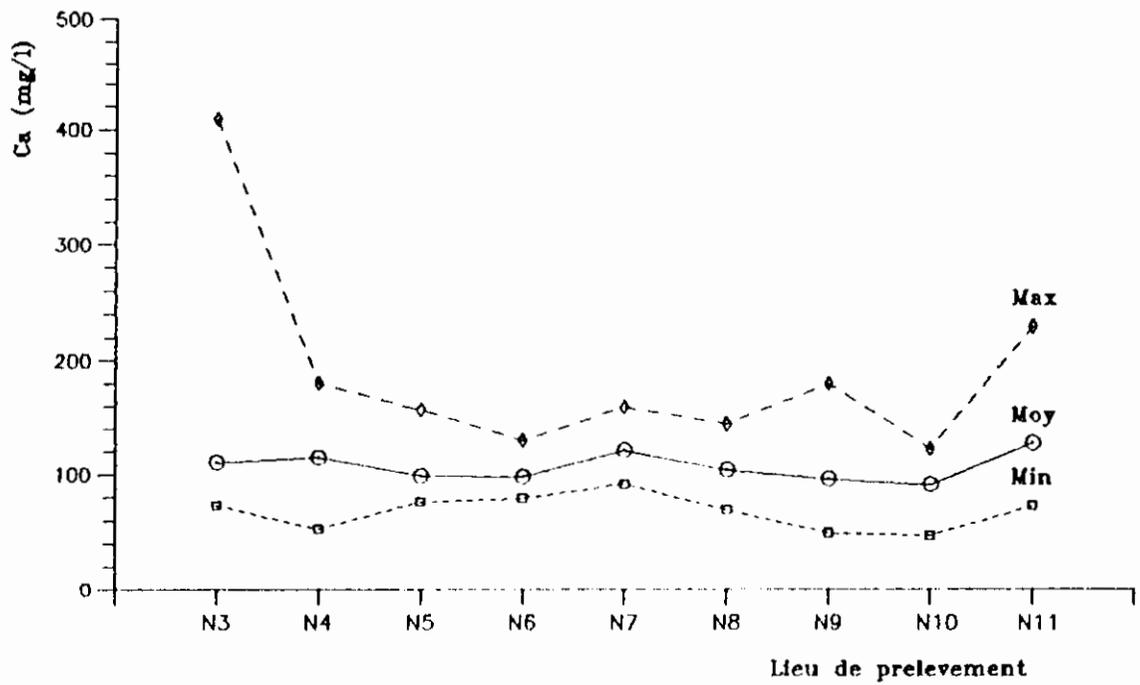


Figure 46: Apperçu de l'évolution des valeurs moyennes et extrêmes du calcium le long du Rhumel

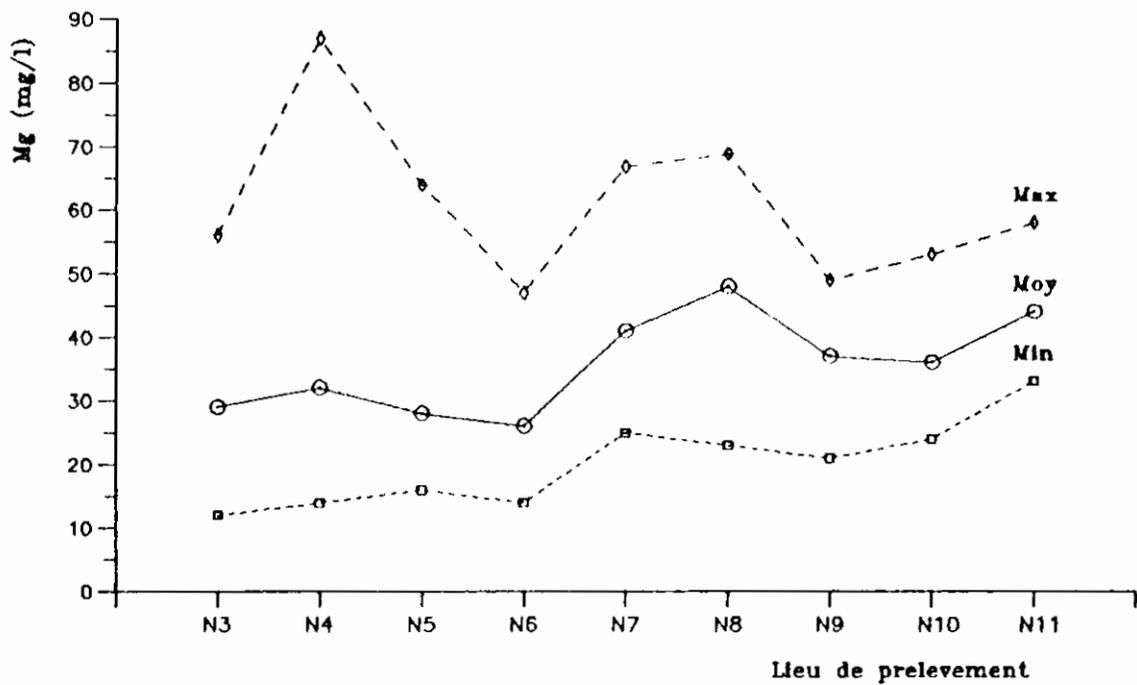


Figure 47: Apperçu de l'évolution des valeurs moyennes et extrêmes du magnésium le long du Rhumel

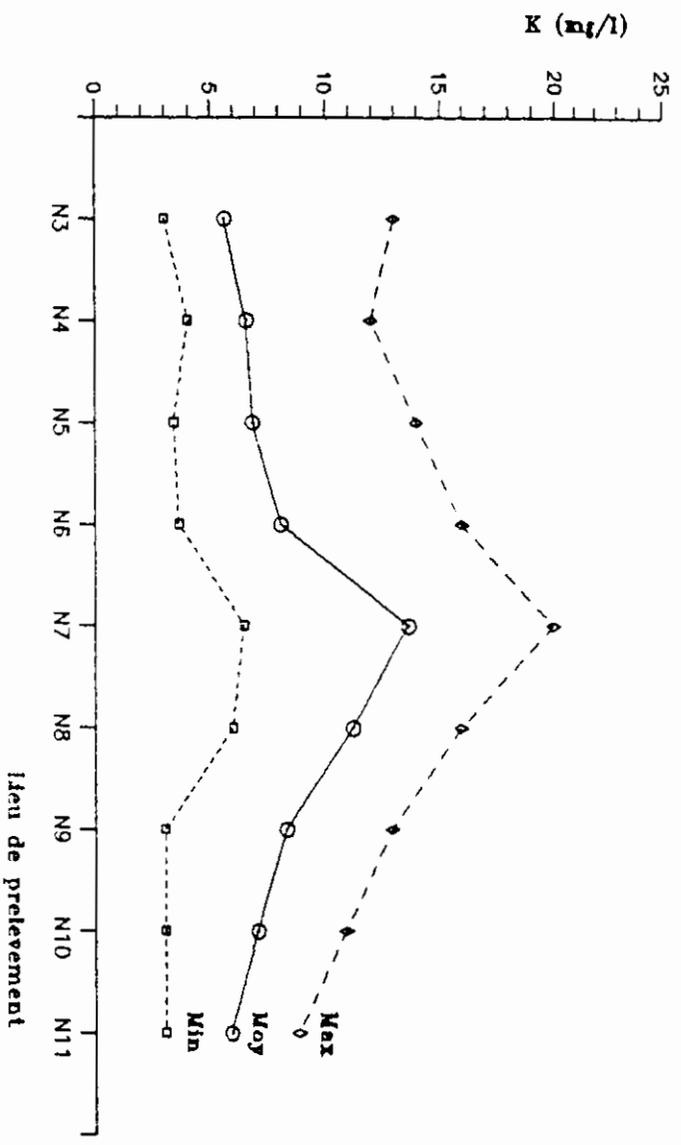


Figure 48: Aperçu de l'évolution des valeurs moyennes et extrêmes du potassium le long du Rhumel

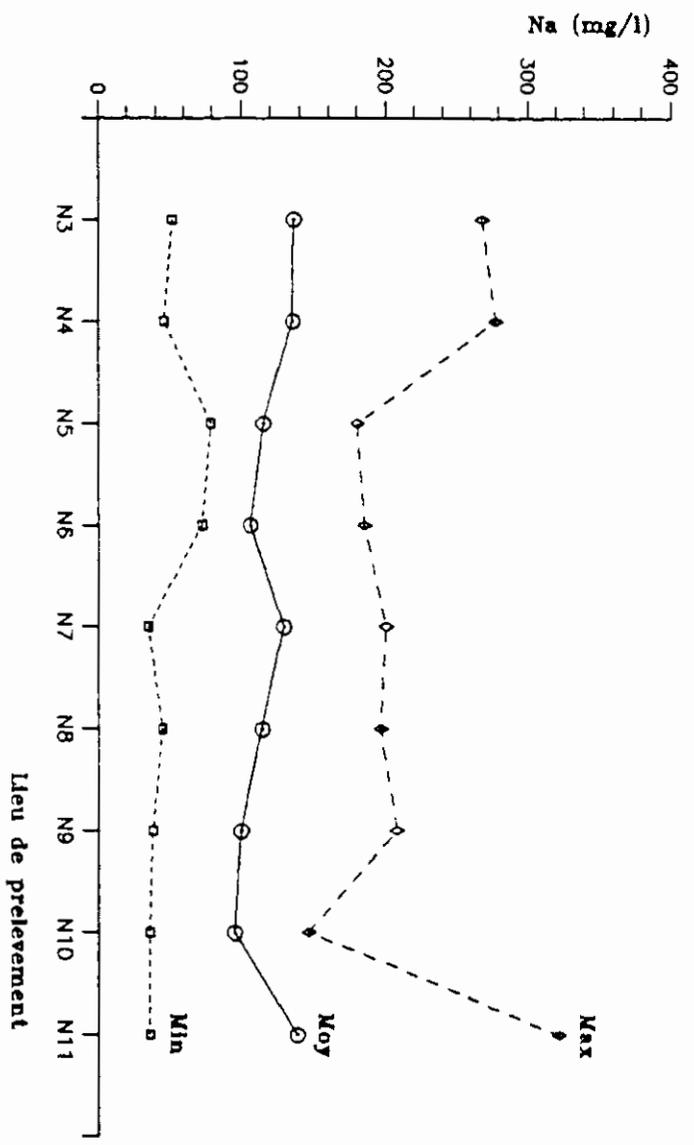


Figure 49: Aperçu de l'évolution des valeurs moyennes et extrêmes du sodium le long du Rhumel

Une comparaison de la valeur moyenne de la concentration en calcium, magnésium, potassium et sodium des eaux de l'oued RHUMEL aux points N7 et N9 où le premier point se situe à la sortie d'une grande agglomération (ville de Constantine) et le second se situe à une région montagneuse et peu peuplée montre que la qualité de l'eau au point N9 est définie par une faible valeur moyenne en concentration par rapport à celle du point N7. ceci est dû au fait que la région du point N7 est plus peuplée que celle du point N9. La contribution de la dissolution des roches dolomites (Mg) au point N7 est négligeable (roches calcaires) par contre on remarque une valeur élevée en magnésium à cet endroit, ce qui permet de dire que la concentration élevée en cet élément parvient presque en totalité des activités humaines. Ce fait montre bien la contribution des agglomérations à la détérioration de la qualité des eaux des rivières qui les traversent.

4.3- Paramètres fortement influencés par les activités humaines

4.3.1. La demande biochimique en oxygène et la demande chimique en oxygène (D.B.O₅ et D.C.O.)

4.3.1.1- Variation temporelle de la demande biochimique en oxygène et la demande chimique en oxygène aux différents points de prélèvements

Les variations temporelles de la demande biochimique en oxygène (D.B.O₅) et la demande chimique en oxygène (D.C.O.) sont illustrées par les figures 50, 51, 52, 53, 54 et 55, qui nous permettent de faire les observations ci-après.

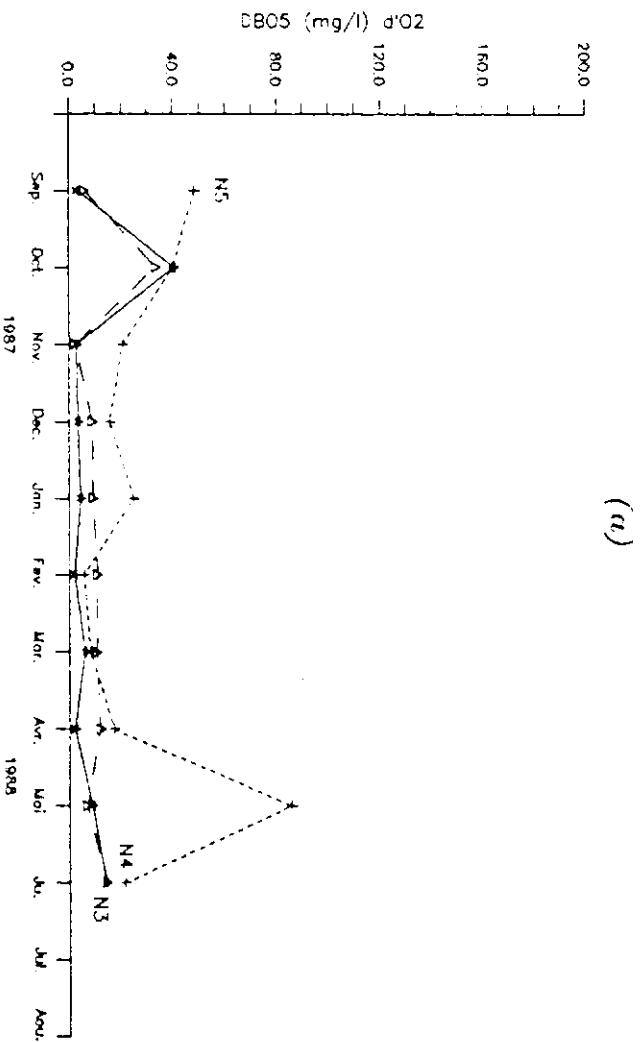
La fluctuation de la D.B.O₅ et celle de la D.C.O. entre les mois de Décembre à Mars (faibles concentrations) et les mois d'Avril à Novembre (fortes concentrations) des deux périodes d'étude pour chaque point de prélèvement est clairement observée sur les figures 50, 51, 52, 53, 54 et 55.

La DBO₅ et la DCO aux différents points de prélèvement présentent des concentrations d'un niveau élevé au printemps (généralement en mois de Mai). Cela est dû probablement à l'augmentation de la concentration des composés organiques naturels dans les eaux dans cette saison qui vient s'ajouter à la concentration de la matière organique résultante des activités humaines, qui a conduit à une forte demande en oxygène.

On constate d'après les figures 54 et 55 qu'il n'apparaît pas de variation significative entre les prélèvements (24 mg/l d'O₂ en novembre 1987 et 38,5 mg/l d'O₂ en juin 1989 pour la DBO₅ au point

aux mêmes mois que précédemment).

Enfin les figures 52 et 53 montrent que le point N7 a les taux les plus élevés en D.B.O₅ et en DCO par rapport aux autres points de prélèvement.



(a)

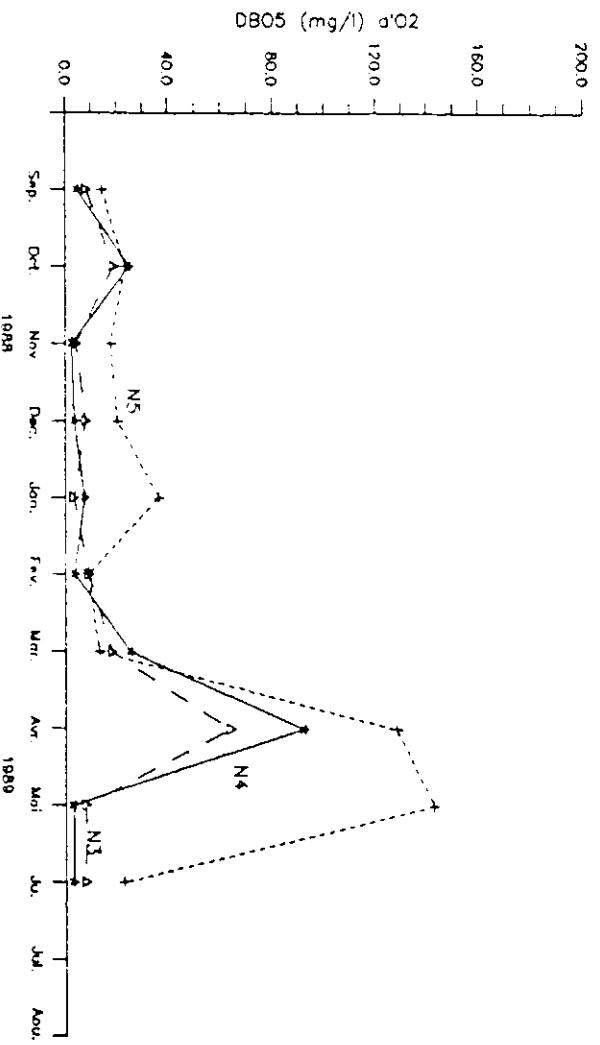


Figure 50: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

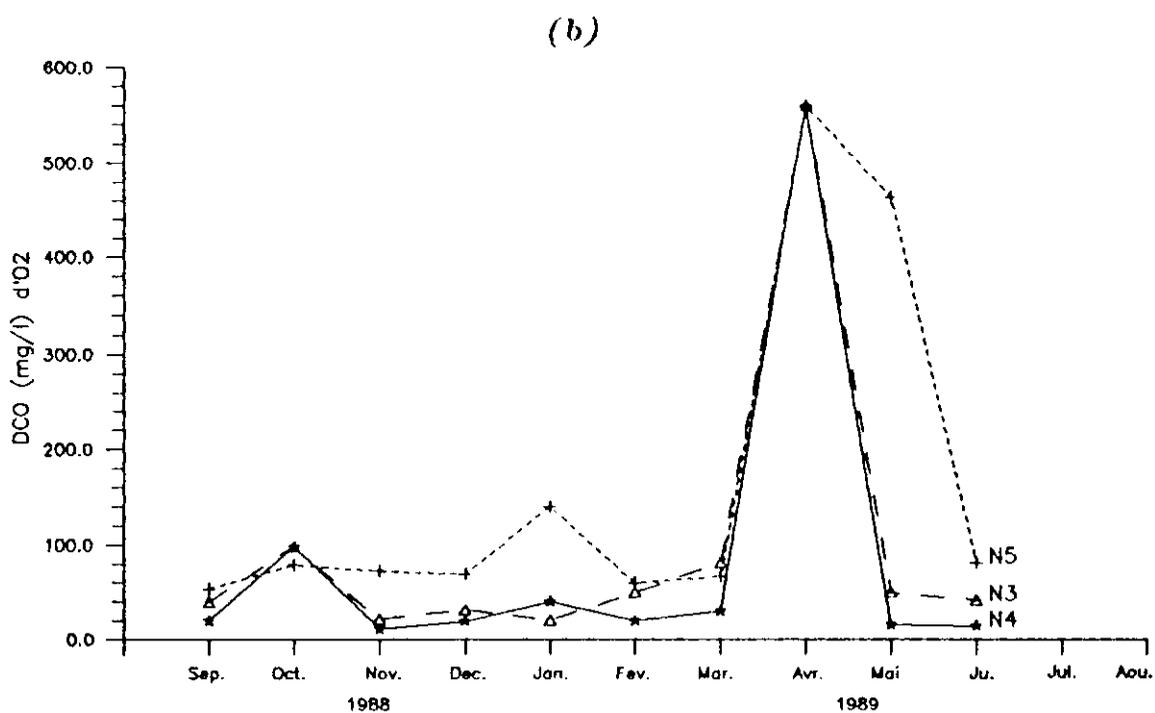
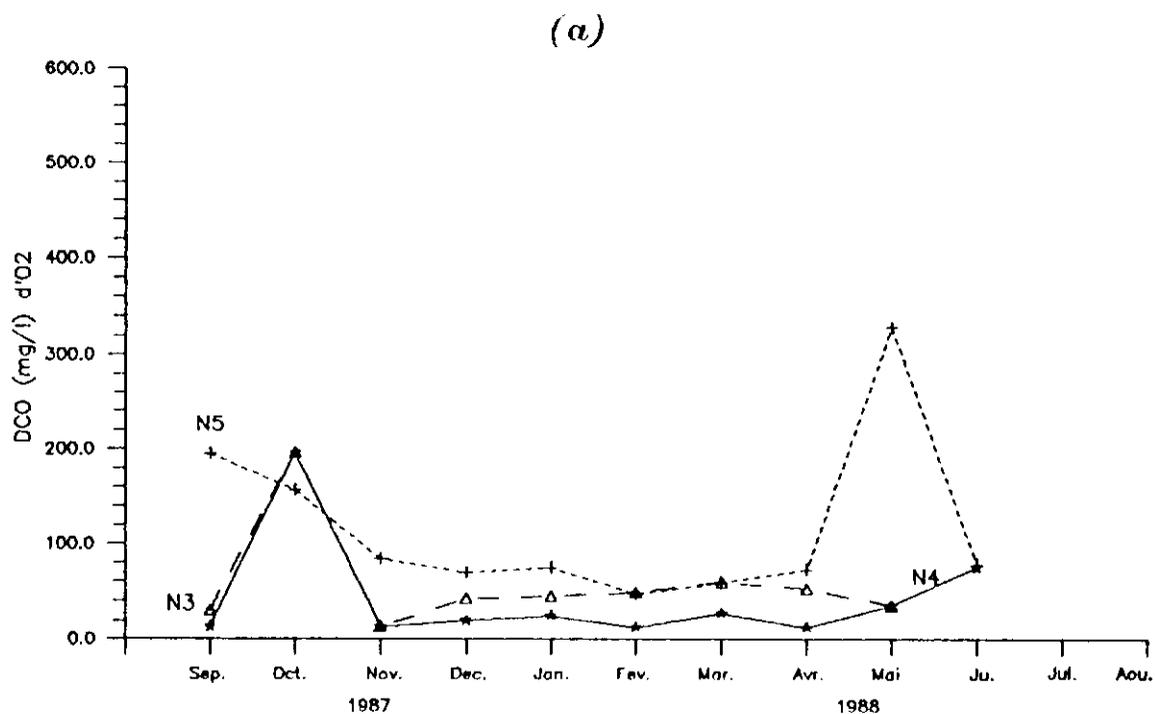


Figure 51: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

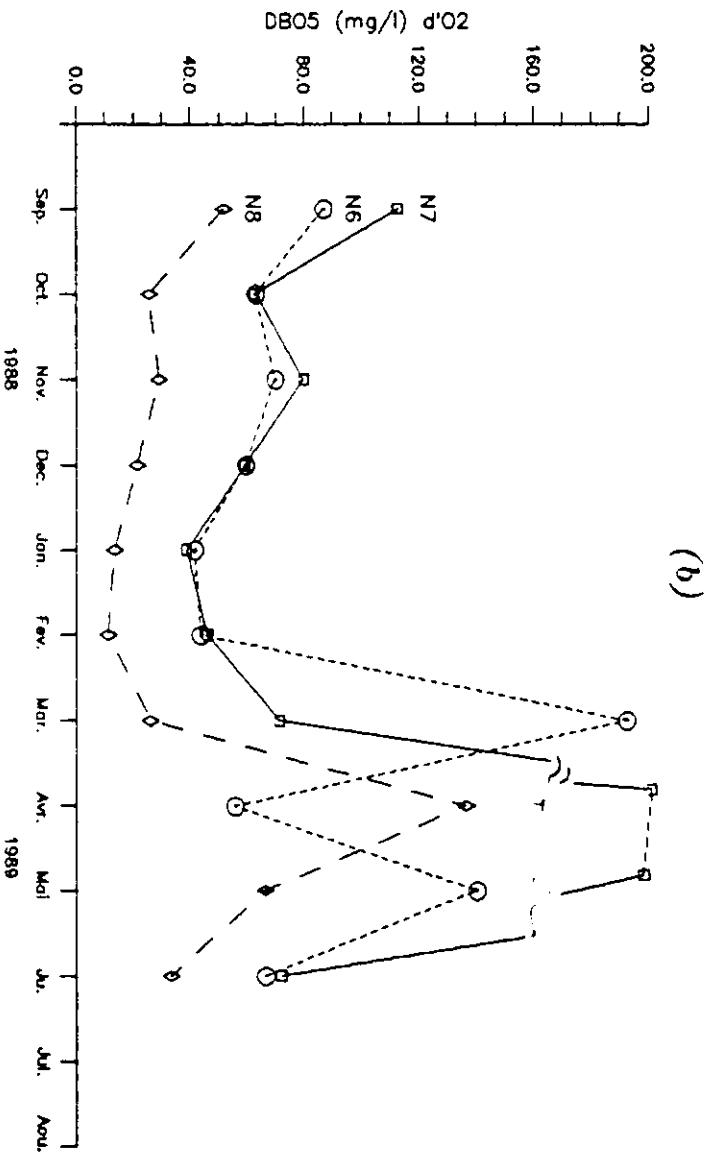
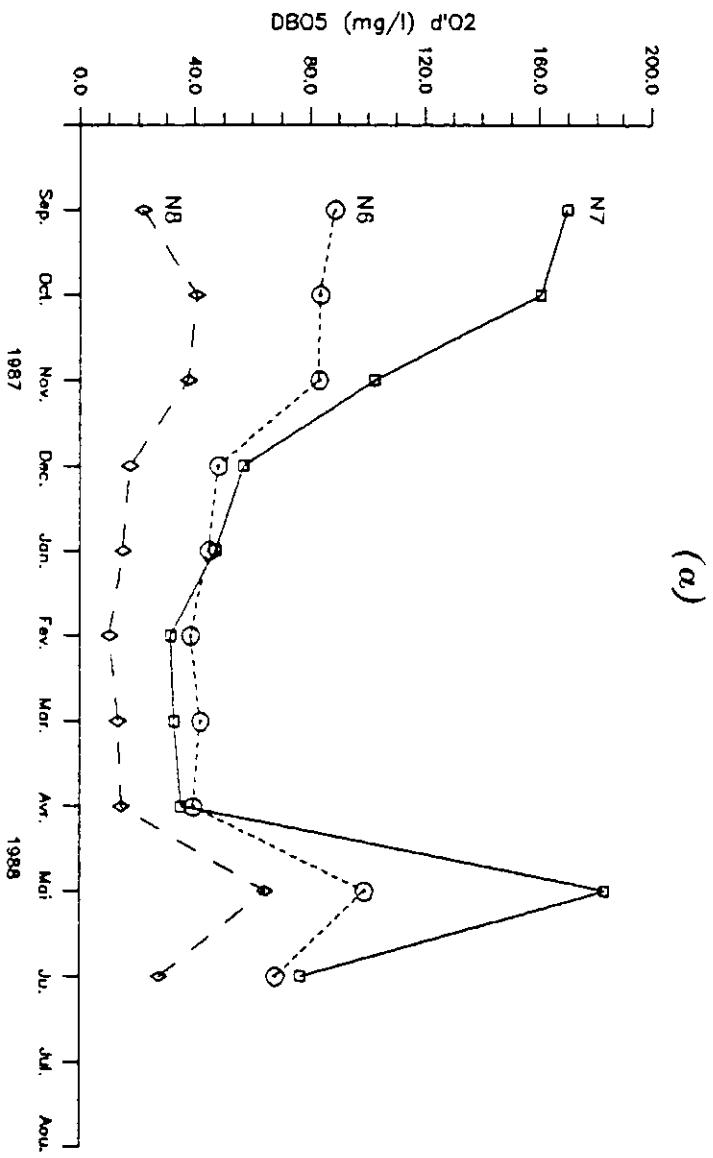
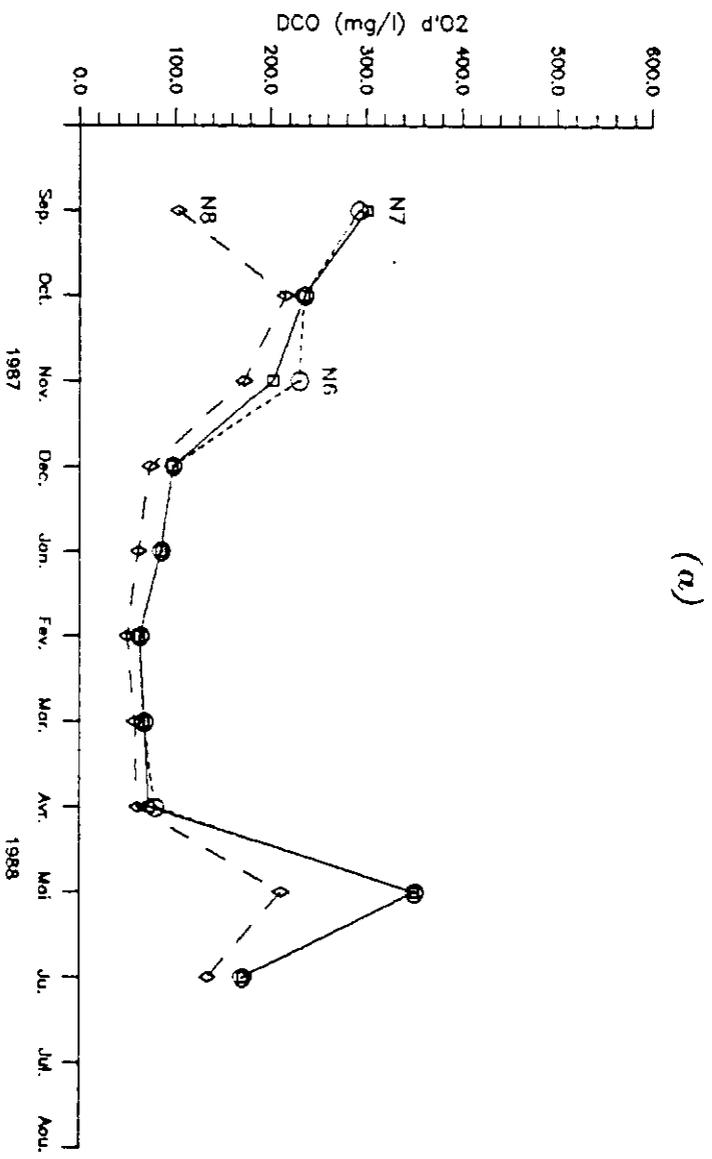


Figure 5a: Courbes concentration-temps aux points de
prélèvement N6, N7 et N8
(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989



(b)

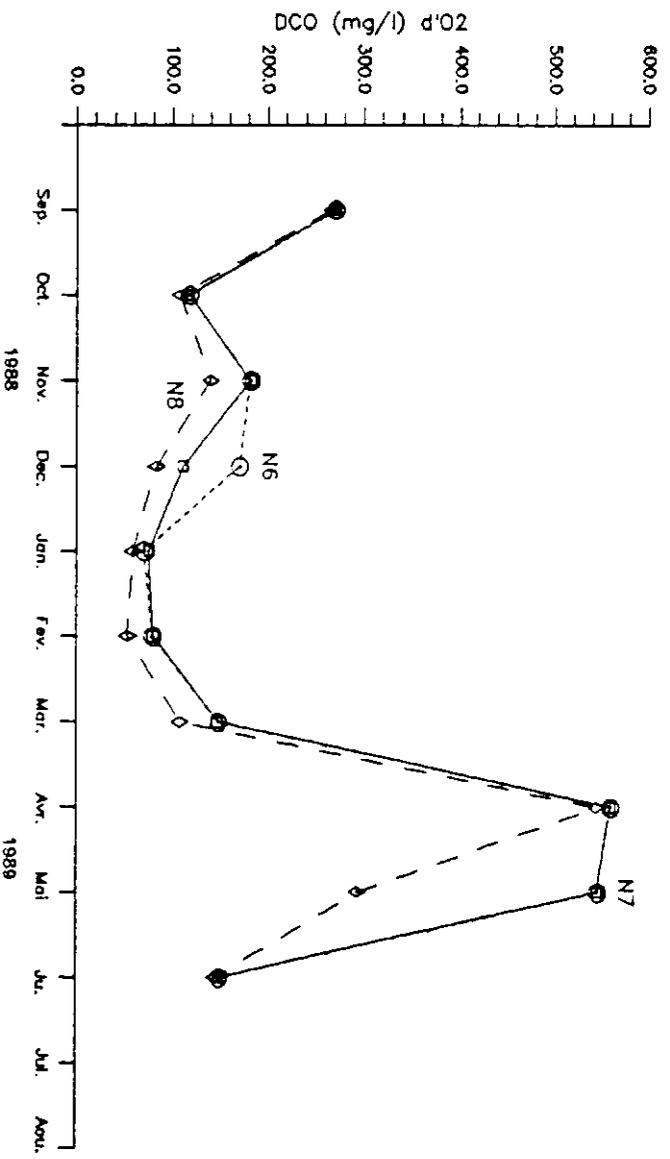


Figure 53: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

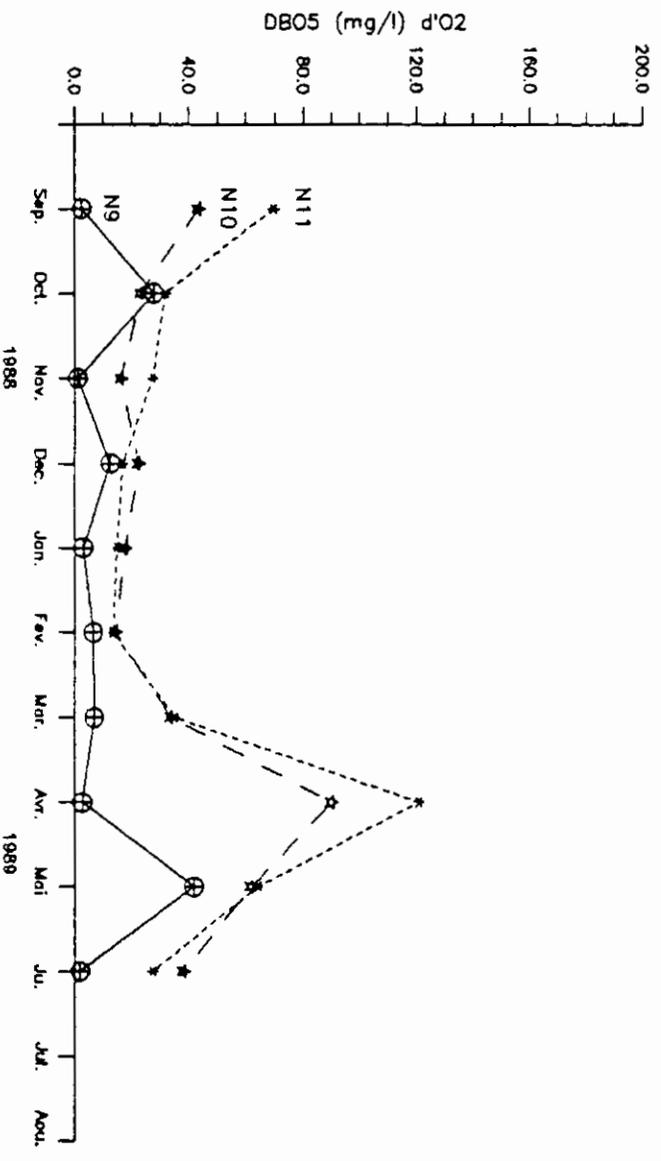
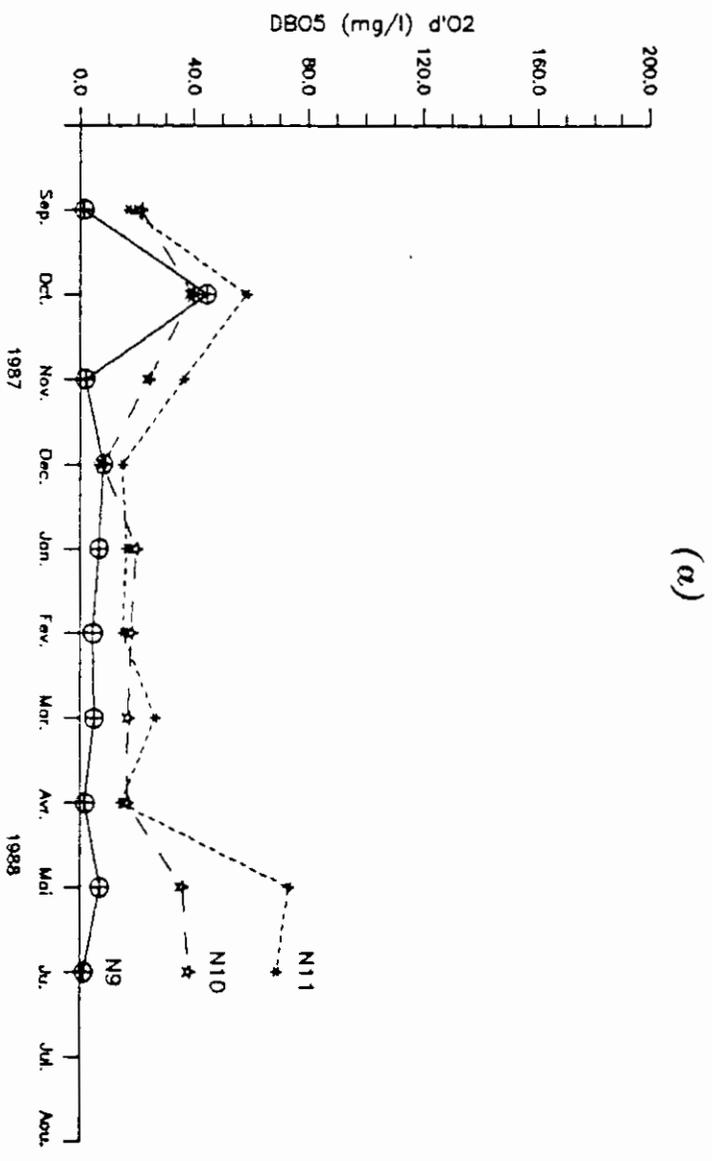


Figure 54: Courbes concentration-temps aux points de
prélèvement N9, N10 et N11

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

Le tableau 9 montre les valeurs moyennes et extrêmes, calculées d'après les résultats obtenus pour la DCO, la DBO₅ et le rapport DCO/DBO₅; on constate que les moyennes les plus élevées se chiffrent respectivement à 229,3 mg O₂/l, à 81,9 mg O₂/l et à 5,4 sont enregistrées pendant la seconde période de l'étude à Constantine sauf pour le rapport DCO/DBO₅ qui est enregistré à Oued Athmania.

Ainsi, 54% des valeurs moyennes annuelles de la DCO et de la DBO₅ se situent entre 99,2 et 180,2 mg O₂/l et entre 26,2 et 63,5 mg O₂/l respectivement; 31,8% entre 23,6 et 82,6 mg O₂/l et entre 4,2 et 17,0 mg O₂ /l; 13,6% entre 224,2 et 301,5 mg O₂/l et entre 81,9 et 107,4 mg O₂/l.

Il est clair, en considérant la concentration moyenne annuelle de la D.B.O₅ et de la D.C.O. (tab.9) qu'il y a une très bonne correspondance entre la variation des deux paramètres. Ceci vient vraisemblablement du fait que les matières organiques biodégradables représentés par la concentration exprimée en D.B.O₅ ne constituent qu'une partie de la totalité des substances chimiquement oxydables déterminées par la D.C.O. Il vient de ce fait que chaque croissance ou décroissance en D.B.O₅ apporte une fluctuation similaire en D.C.O..

Le rapport D.C.O./D.B.O₅ des valeurs extrêmes, moyennes comme le montre le tableau 9, varie entre une valeur moyenne maximale de 5,4 enregistrée à Oued Athmania et une valeur moyenne minimale de 1,9 enregistrée à la sortie de Constantine. De ceci on peut considérer que l'eau du Rhumel à Constantine a une nature qui est semblable à celle des eaux domestiques ($DCO/DBO_5 < 2,5$ - $DCO < 750$ mg O₂/l), en amont et en aval de Constantine, des caractéristiques

semblables qui se rapprochent de celles des eaux issues des stations d'épuration biologiques ($DCO/DBO_5 \approx 4$) (3 à 5)

Tableau 9: Valeurs moyennes et extrêmes de la D.C.O., DBO_5 , et du rapport DCO/DBO_5 aux différents points de prélèvement.

Lieu de Prélèvement	Paramètre	Période de septembre 1987- juin 1988				Période de septembre 1988- juin 1989			
		Nombre de mesures	Moyenne mg/l d' O_2	Valeur		Nombre de mesures	moyenne mg/l	Valeur	
				maxi mg/l	mini mg/l			maxi mg/l	mini mg/l
N3	DCO	10	59,6	196	13	10	99,2	560	20
	DBO_5	10	11,3	33,5	2,4	10	14,9	63,7	3,4
	DCO/DBO_5	10	5,3	4,9	4,5	10	6,7	8,8	3,2
N4	DCO	10	42,8	196	12,3	10	82,6	560	11
	DBO_5	10	8,7	40,5	2,1	10	17	92,1	2,6
	DCO/DBO_5	10	4,9	5,9	4,0	10	4,9	6,0	1,2
N5	DCO	10	116,4	328	47,2	10	164,4	560	53
	DBO_5	10	28,8	85,6	5,6	10	42,8	142,8	8,9
	DCO/DBO_5	10	4,0	8,4	3,0	10	3,8	6,7	3,3
N6	DCO	10	167,2	352	62,8	10	229,3	560	70
	DBO_5	10	63,5	98,9	38,5	10	81,9	192,4	41,7
	DCO/DBO_5	10	2,6	3,6	1,6	10	2,8	10,1	1,6

Tableau 9: (suite)

Lieu de Préle- vement	Paramètre	Période de septembre 1987-juin 1988				Période de septembre 1988-juin 1989			
		Nombre de mesures	Moyenne mg/l d'O ₂	Valeur		Nombre de mesures	moyenne mg/l	Valeur	
				maxi mg/l	mini mg/l			maxi mg/l	mini mg/l
N7	DCO	10	164,9	301,5	62,8	10	224,2	560	75,5
	DBO ₅	10	89,7	183,1	31,6	10	107,4	268,3	38,9
	DCO/DBO ₅	10	1,8	2,3	1,5	10	2,1	2,4	1,2
N8	DCO	10	114,2	215,6	49,7	10	180,2	545	53,2
	DBO ₅	10	26,2	64,5	10,2	10	41,5	136,3	11,3
	DCO/DBO ₅	10	4,4	5,3	3,3	10	4,3	5,2	3,9
N9	DCO	10	47,1	294	6,3	10	57,2	252	5,8
	DBO ₅	10	8,2	44,4	1,3	10	10,7	41,9	1,2
	DCO/DBO ₅	10	5,7	6,6	0,8	10	5,4	6,3	3,7
N10	DCO	10	98,9	196	43,5	10	154,1	478	53,2
	DBO ₅	10	23,6	39,2	8,1	10	36,2	90,1	14,4
	DCO/DBO ₅	10	4,2	8,3	3,7	10	4,3	5,3	2,9
N11	DCO	10	152,9	313	60,4	10	169,8	478	53,2
	DBO ₅	10	34	73,4	14,2	10	42,2	121	14,9
	DCO/DBO ₅	10	4,5	5,4	3,8	10	4,0	5,9	2,8

Tableau 9: (suite)

Lieu de Préle- vement	Paramètre	Période de septembre 1987- juin 1988				Période de septembre 1988- juin 1989			
		Nombre de mesures	Moyenne mg/l d'O ₂	Valeur		Nombre de mesures	moyenne mg/l	Valeur	
				maxi mg/l	mini mg/l			maxi mg/l	mini mg/l
N7	DCO	10	164,9	301,5	62,8	10	224,2	560	75,5
	DBO ₅	10	89,7	183,1	31,6	10	107,4	268,3	38,9
	DCO/DBO ₅	10	1,8	2,3	1,5	10	2,1	2,4	1,2
N8	DCO	10	114,2	215,6	49,7	10	180,2	545	53,2
	DBO ₅	10	26,2	64,5	10,2	10	41,5	136,3	11,3
	DCO/DBO ₅	10	4,4	5,3	3,3	10	4,3	5,2	3,9
N9	DCO	10	47,1	294	6,3	10	57,2	252	5,8
	DBO ₅	10	8,2	44,4	1,3	10	10,7	41,9	1,2
	DCO/DBO ₅	10	5,7	6,6	0,8	10	5,4	6,3	3,7
N10	DCO	10	98,9	196	43,5	10	154,1	478	53,2
	DBO ₅	10	23,6	39,2	8,1	10	36,2	90,1	14,4
	DCO/DBO ₅	10	4,2	8,3	3,7	10	4,3	5,3	2,9
N11	DCO	10	152,9	313	60,4	10	169,8	478	53,2
	DBO ₅	10	34	73,4	14,2	10	42,2	121	14,9
	DCO/DBO ₅	10	4,5	5,4	3,8	10	4,0	5,9	2,8

4.3.1.2- Variation espaciale aux différents points de prélèvement

Les figures 56, 57, 58 et 59 qui montrent l'évolution de la D.C.O. et de la D.B.O₅ le long du oued Rhmel donnent un aperçu des valeurs individuelles de la D.C.O. et de la D.B.O₅ pour chacun des points de prélèvement durant la période d'étude. De ces valeurs, on peut déduire que la pollution organique atteint déjà des proportions très importantes en amont de Constantine après Ain Smara (N5) et s'accroît encore davantage à Constantine (N6) après la réception des eaux usées urbaines, demeure presque inchangée à la sortie de Constantine (N7); diminue progressivement jusqu'à Tisserimene (N9) où elle atteint des valeurs très faibles, ceci est probablement lié à l'autoépuration de la rivière qui se manifeste clairement à ce tronçon de l'oued. Puis elle croît une fois de plus entre El-Milia (N10) et l'embouchure (N11) après les déversements des rejets de la ville d'El-Milia et du village d'El-Ancer dont les eaux sont évidemment plus concentrées en composés organiques dissous.

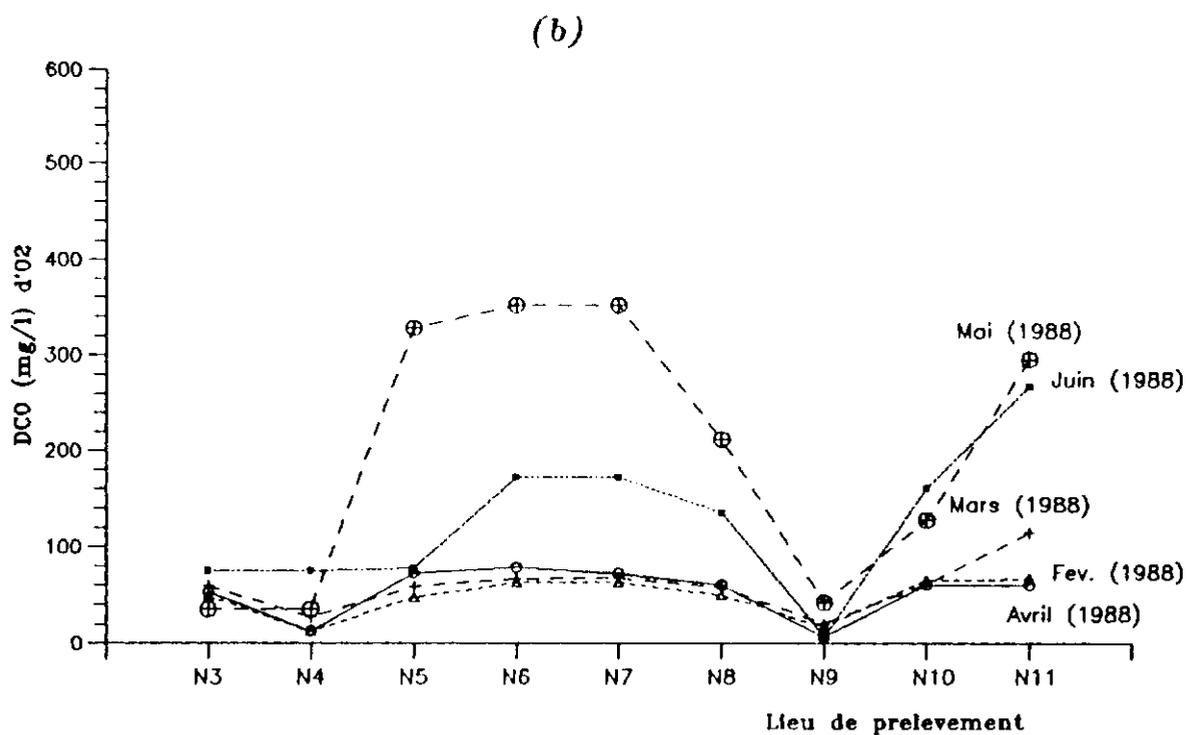
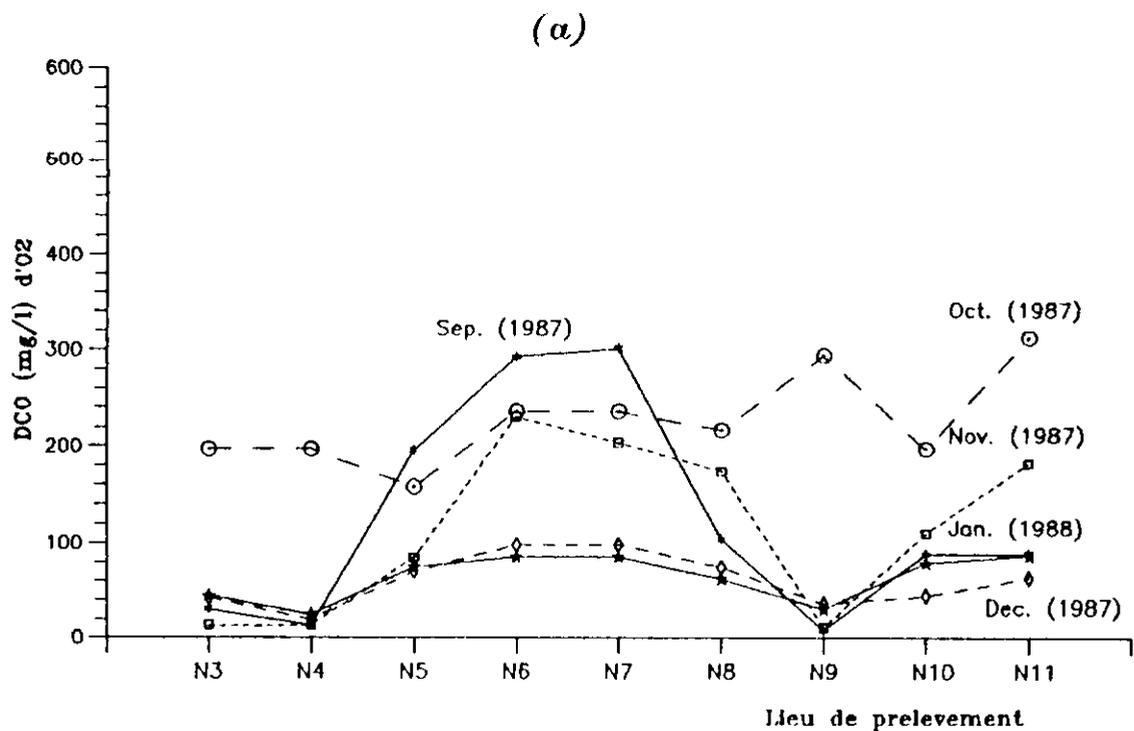


Figure 56: Variation de la DCO le long du oued Rhumel

(a): du 30/09/1987 au 30/01/1988

(b): du 30/02/1988 au 30/06/1988

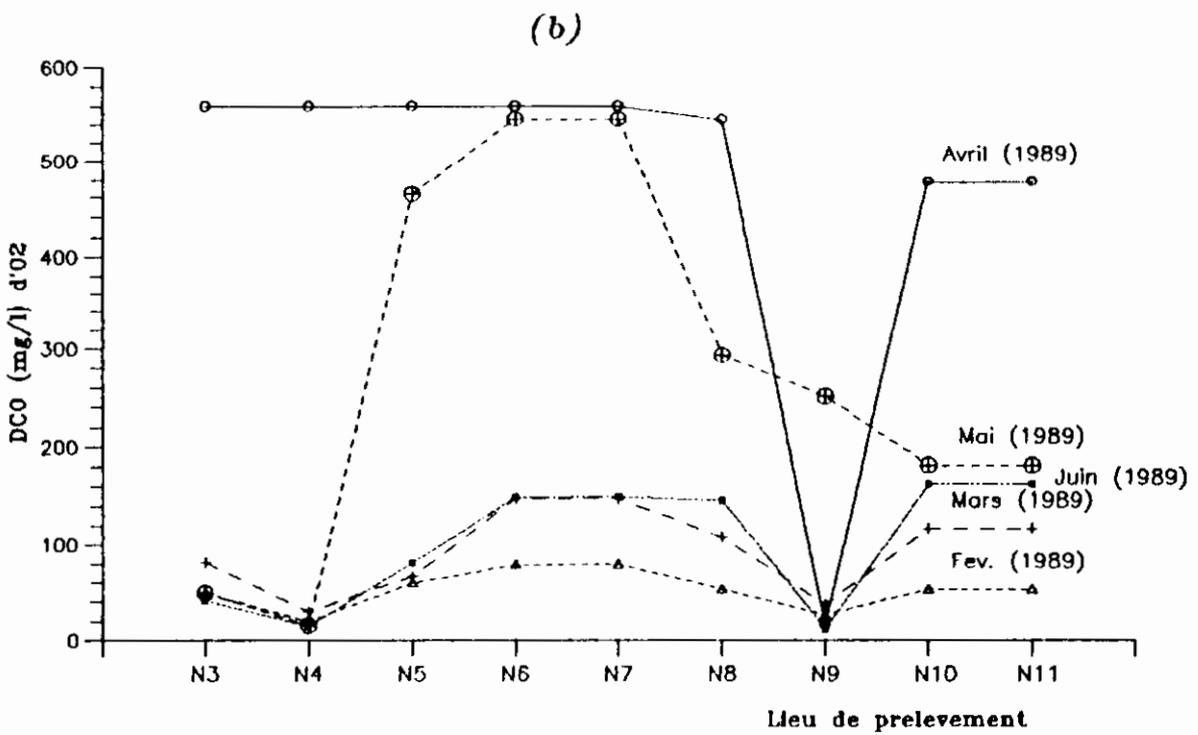
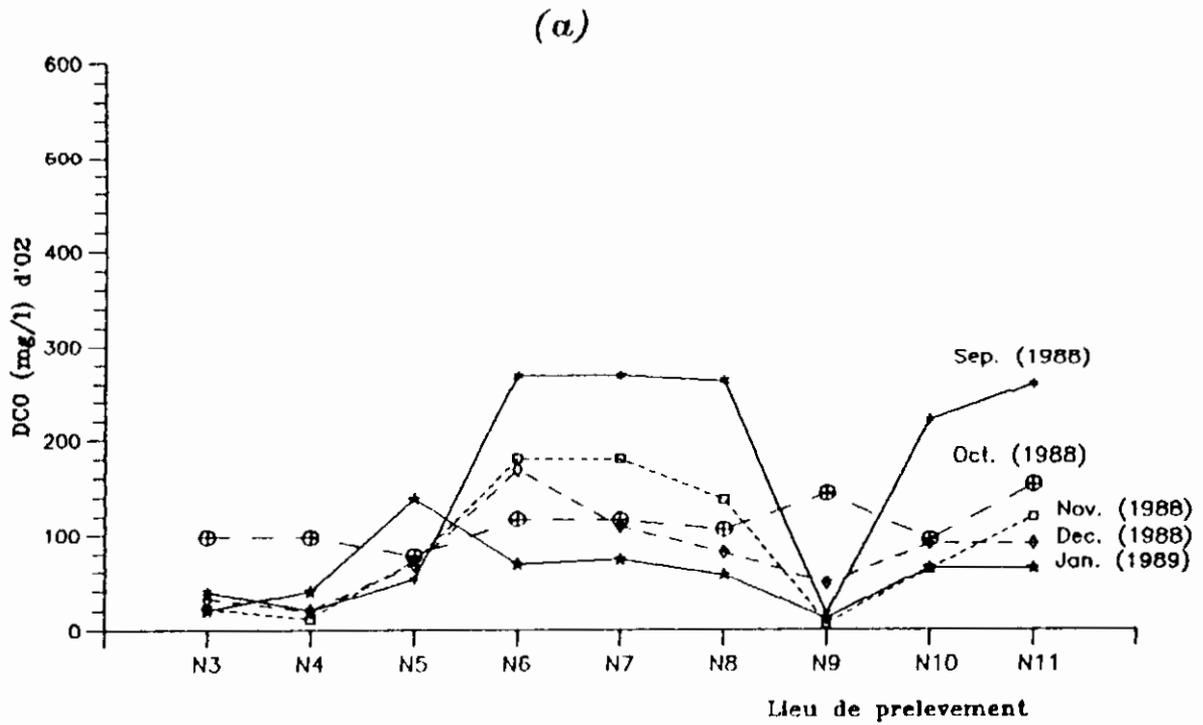


Figure 57: Variation de la DCO le long du oued Rhumel

(a): du 30/09/1988 au 30/01/1989

(b): du 30/02/1989 au 30/06/1989

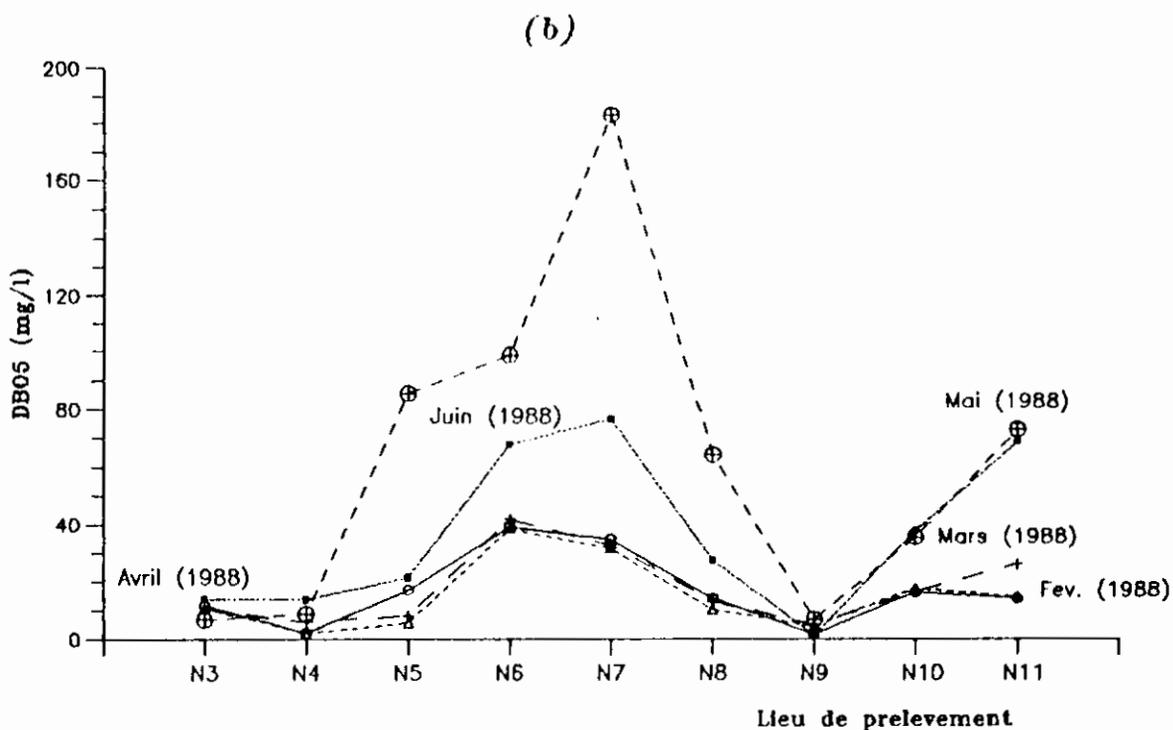
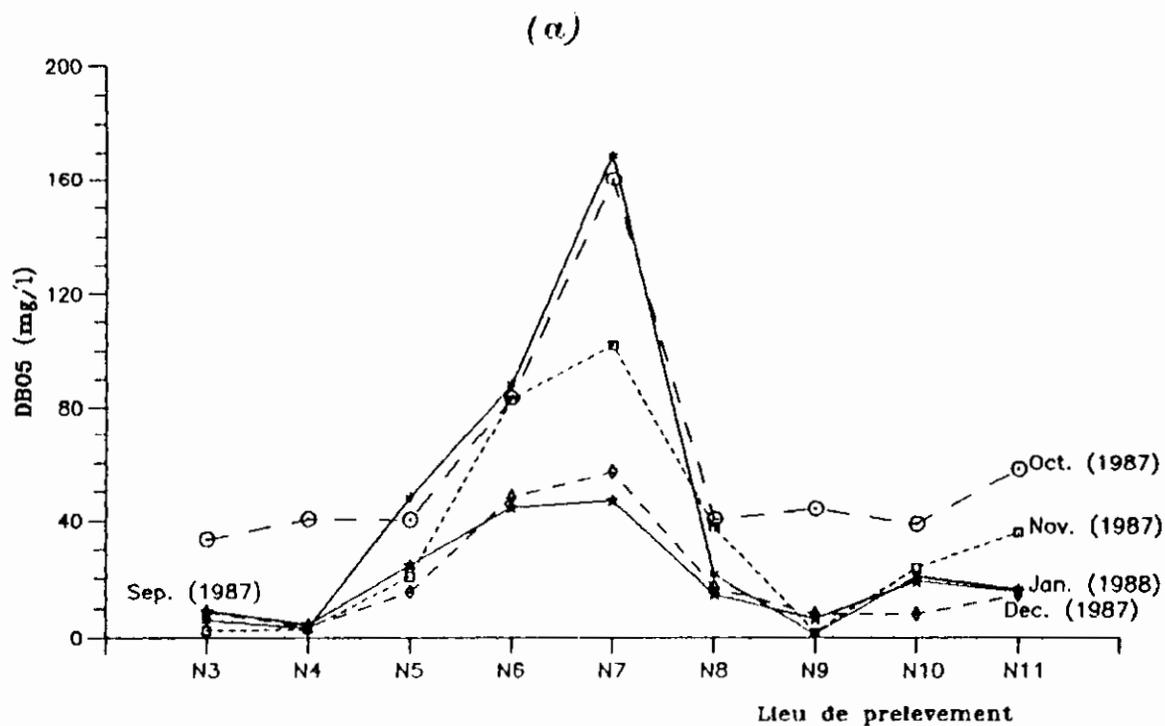


Figure 58: Variation de la DBO₅ le long du oued Rhumel

(a): du 30/09/1987 au 30/01/1988

(b): du 30/02/1988 au 30/06/1988

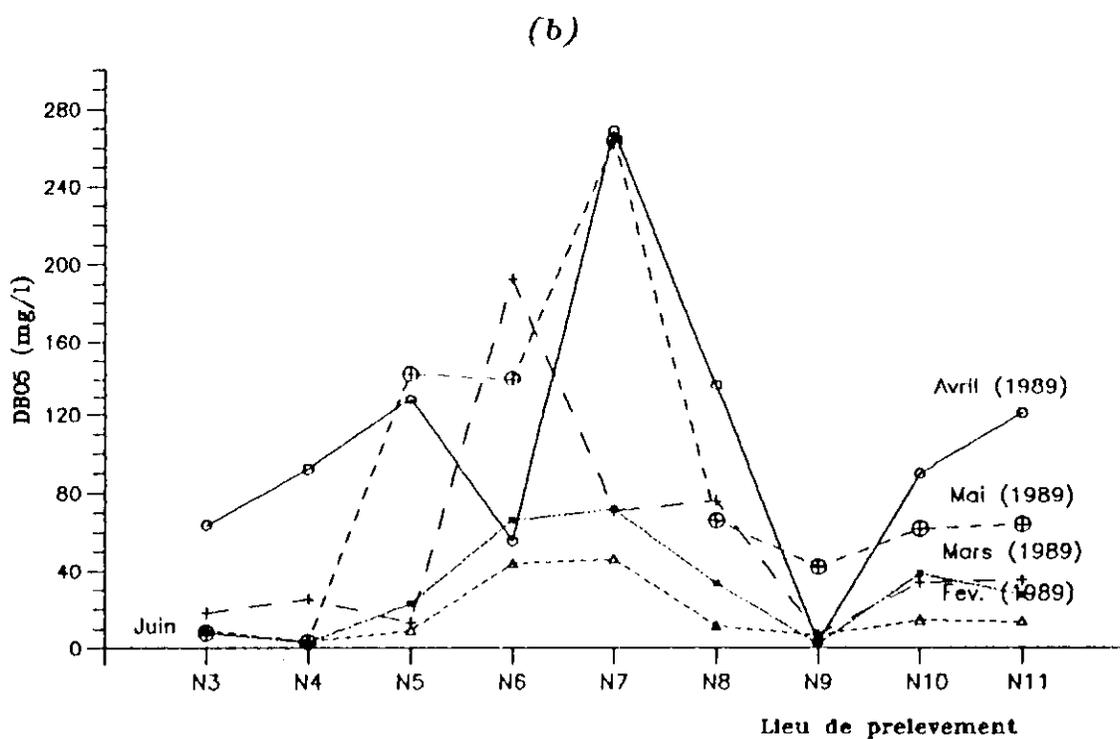
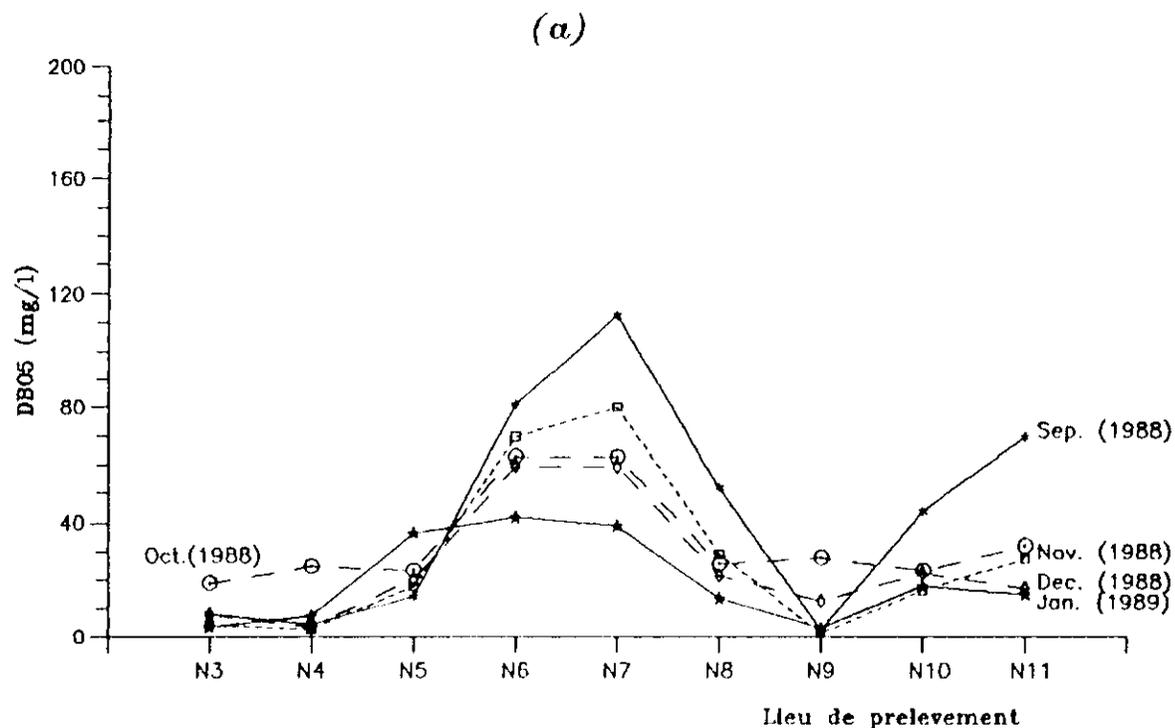


Figure 59: Variation de la DBO₅ le long du oued Rhumel

(a): du 30/09/1988 au 30/01/1989

(b): du 30/02/1989 au 30/06/1989

4.3.2- Les nitrates, nitrites, ammonium et les orthophosphates
(NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ et PO_4^{3-})

4.3.2.1- Variation temporelle des formes de l'azote et du
phosphore aux différents points de prélèvement sur le
Rhumel

4.3.2.1.1- Oued Athmania, oued Seguin et après Ain-Smara

(points N3, N4 et N5)

Les analyses effectuées sur les points de prélèvement N3, N4 et N5 ont montré qu'au niveau du point N4 les teneurs en azote ammoniacal (fig. 60), en nitrites (fig. 61) et en orthophosphates (fig. 62) sont toujours très faibles et toujours très inférieurs aux valeurs enregistrées au niveau des points N3 et N5.

On note une fluctuation de l'azote ammoniacal et des orthophosphates entre l'automne et l'hiver. En automne, les deux points de prélèvement N3 et N5 présentent des concentrations en azote ammoniacal d'un niveau relativement assez élevé qui est dû, probablement aux déversements d'eaux résiduelles des villes de Oued Athmania et de Ain Smara respectivement.

On observe par contre des concentrations moins fortes au point N4 et cela est dû probablement à l'absence de rejets urbains et industriels à ce tronçon de l'oued.

C'est en hiver que des hautes valeurs en orthophosphate ont été enregistrées sur les trois points de prélèvements. Cette situation serait peut-être due au ruissellement des engrais des cultures, nombreuses dans cette région, dans les eaux de l'oued.

Les concentrations en nitrates (fig. 63) et nitrites au point

N5 sont nettement supérieures à celles des points N3 et N4. Cette teneur des nitrates et nitrites dans l'eau sur ce site peut-être expliquée par l'évolution (de l'azote organique) des composés organiques azotés présentent dans les eaux usées des rejets de Ain Smara, et aussi par l'utilisation des fertilisants qui contiennent de l'azote des nitrates dans l'agriculture dans cette vallée.

Les teneurs en nitrates et nitrites sont restées pendant les deux hivers consécutifs à un niveau relativement bas. Cela peut-être expliqué par l'apport supérieur des sources ponctuelles à celui des sources diffuses.

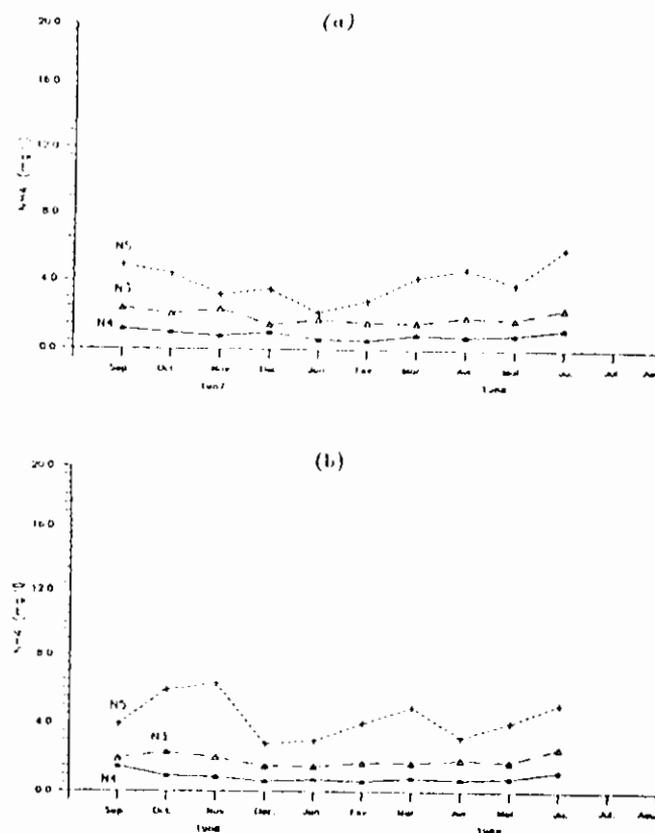
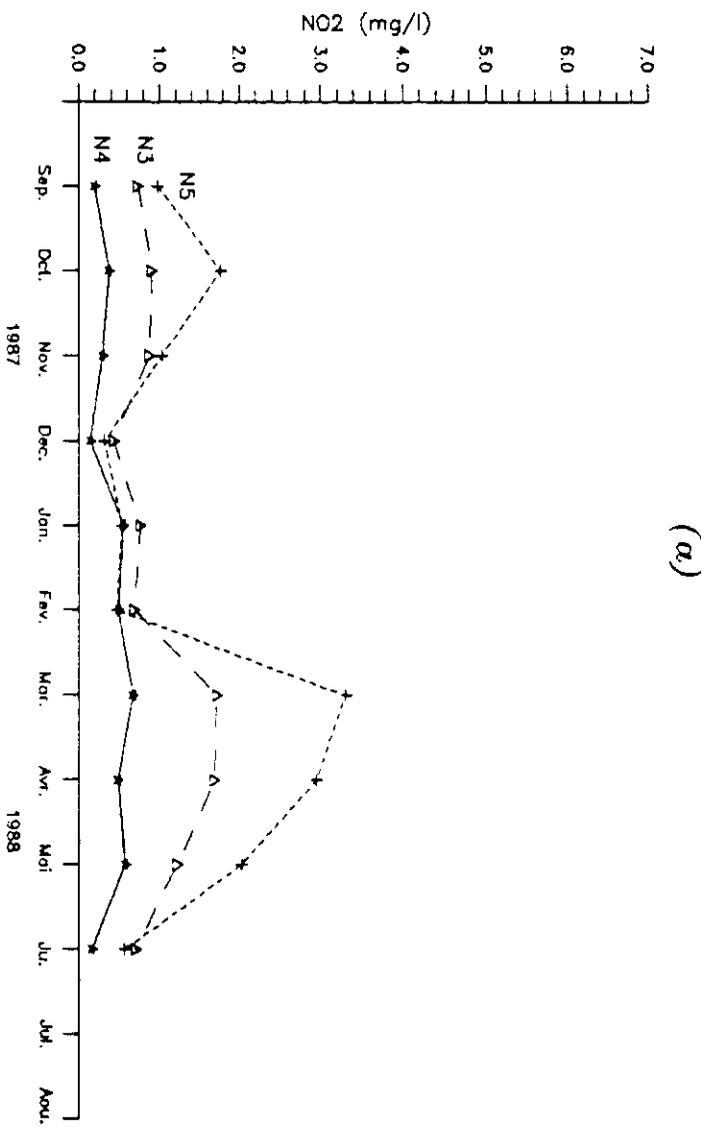


Figure 6a: Courbes concentration temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5
 (a) du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b) du 09/09/1988 au 30/06/1989



(b)

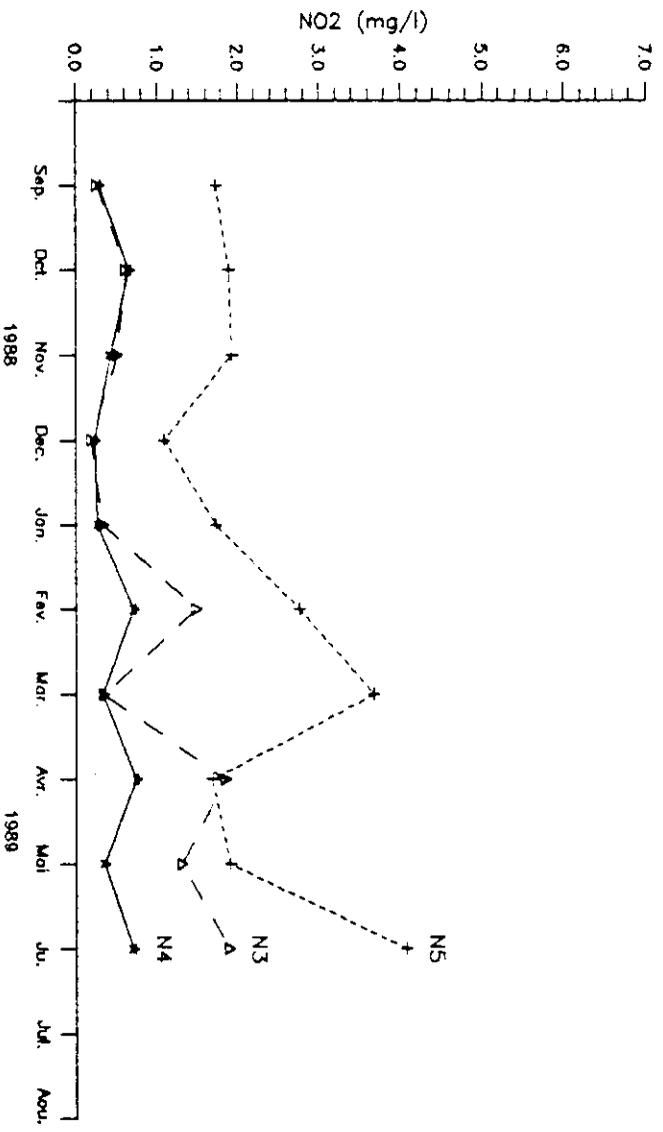
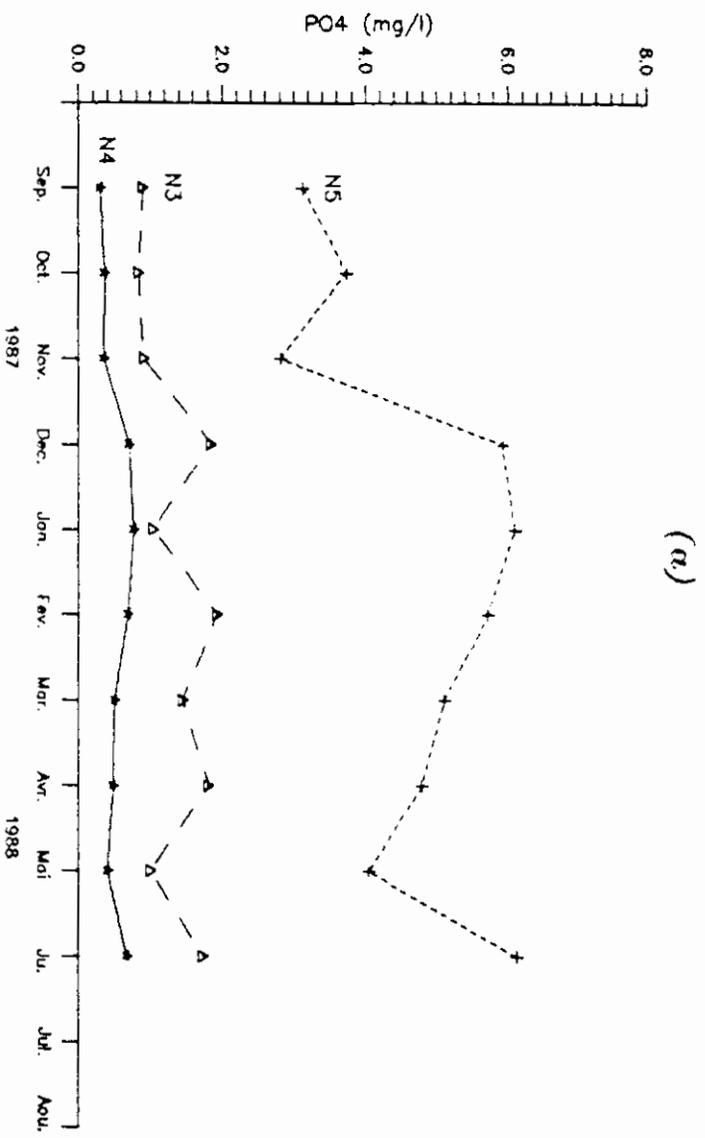


Figure 61: Courbes concentration-temps aux points de
prélèvement N3, N4 et N5

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989



(a)

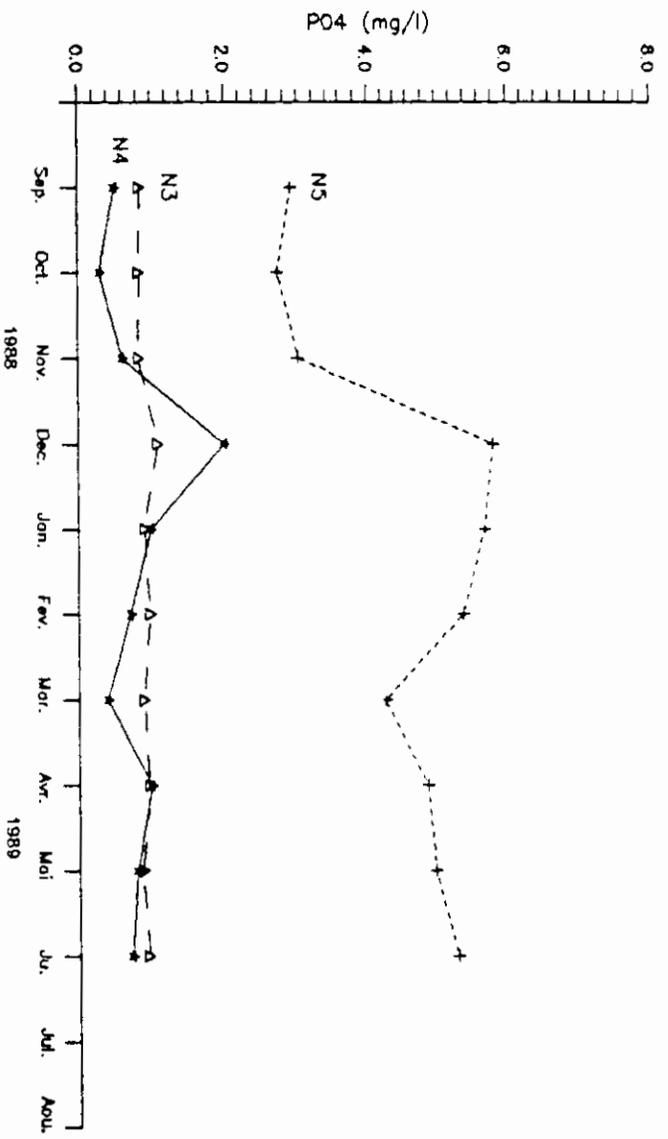
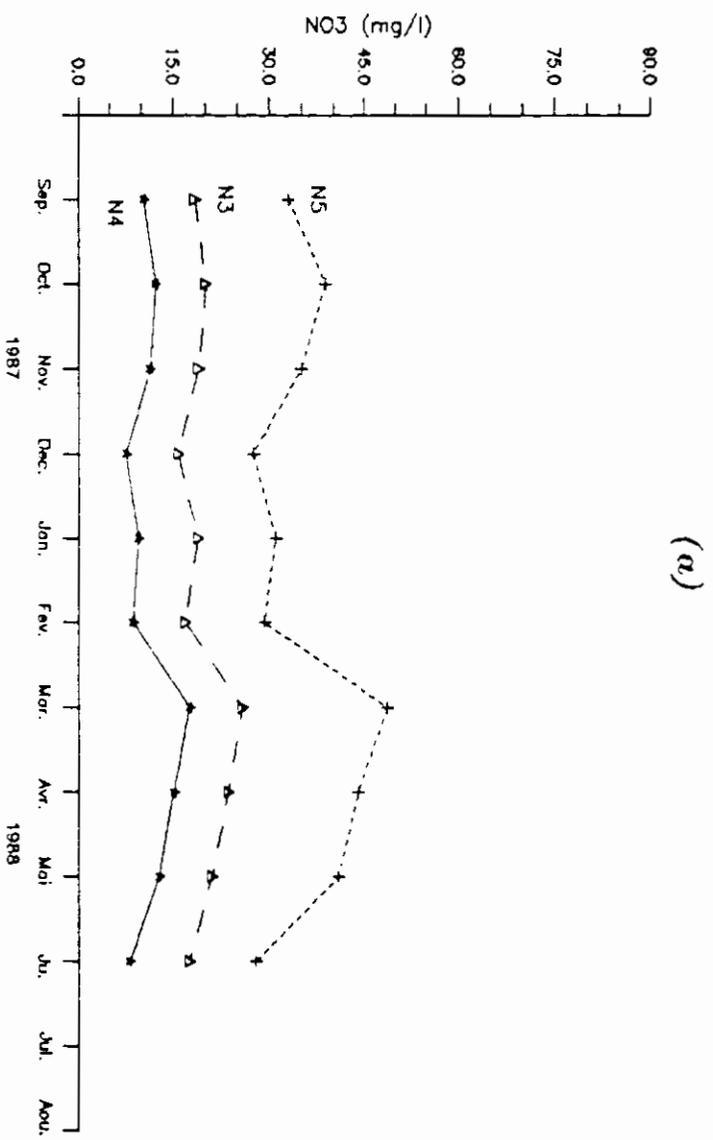


Figure 62: Courbes concentration-temps aux points de

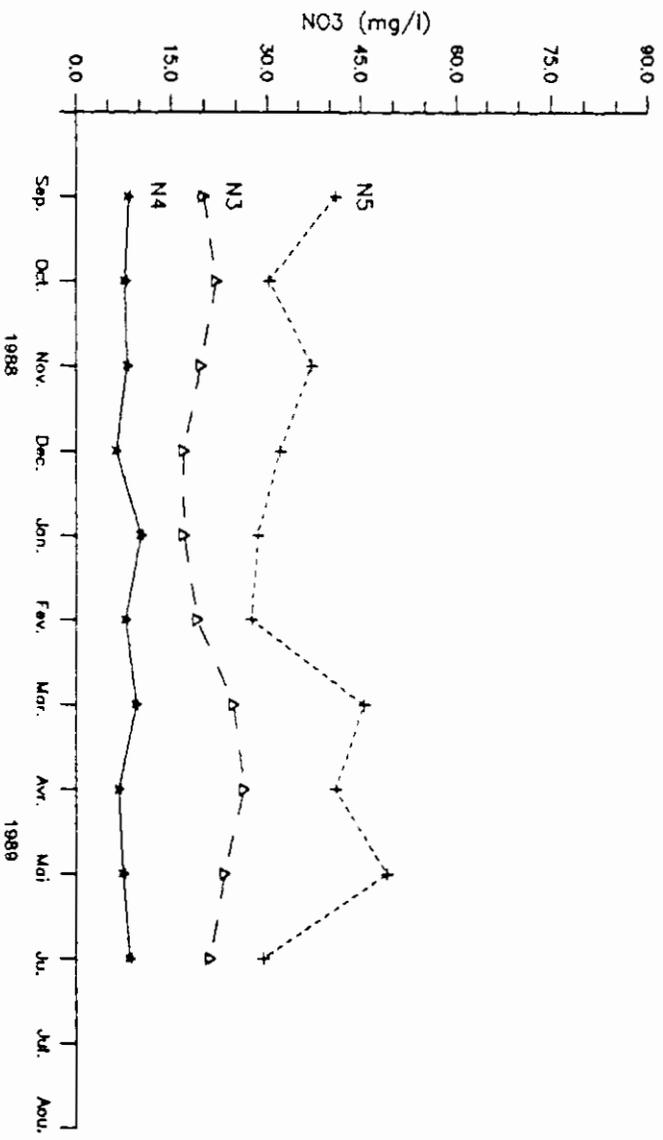
prélèvement N3, N4 et N5

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989



(a)



(b)

Figure 63: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N3, N4 et N5

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.3.2.1.2- Entré de Constantine , sortie de Constantine et Grarem
(points N6, N7 et N8)

Nous avons porté sur les figures 64, 65, 66 et 67 les courbes d'évolution des concentrations de l'azote ammoniacal (de l'ammoniaque), des nitrates, des nitrites et des orthophosphates dans l'eau du Rhumel aux points N6, N7 et N8, pour vingt expériences, réalisées durant la période d'étude. Nous avons pu constater une fluctuation de l'ammoniaque et des nitrites entre été et hiver (points N6 et N7).

Pour les nitrates cette fluctuation est enregistrée entre printemps et hiver. On observe par contre une fluctuation entre hiver et automne pour les phosphates.

Au point N8 la fluctuation des nitrites et des orthophosphates est notée entre printemps et automne, celle des nitrates et de l'azote ammoniacal entre automne et hiver.

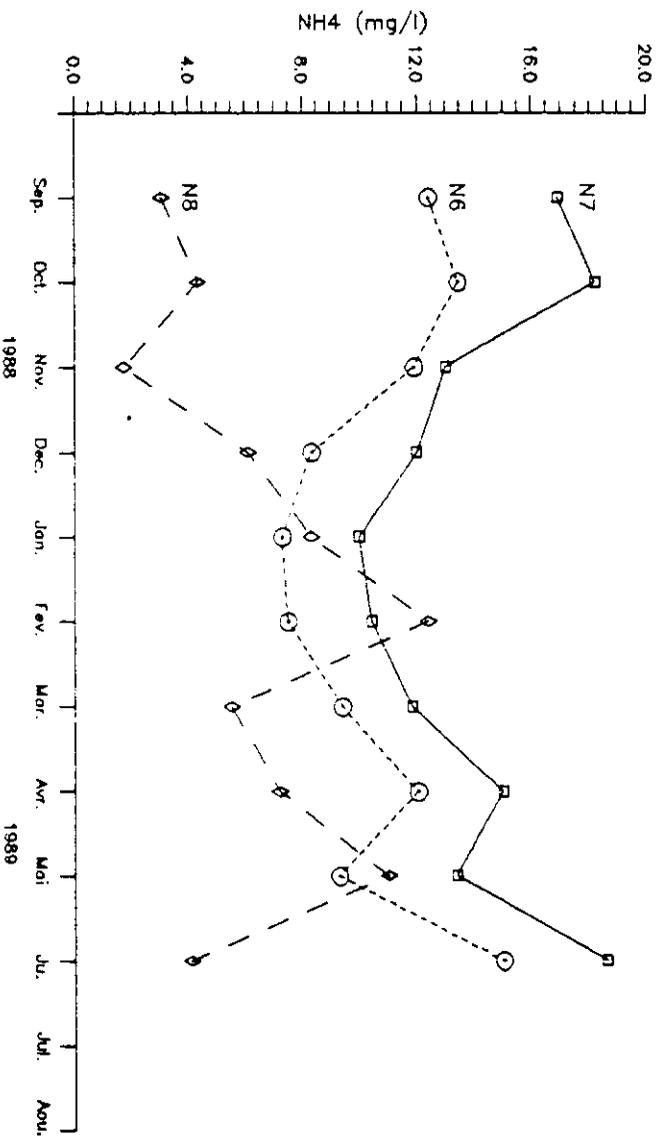
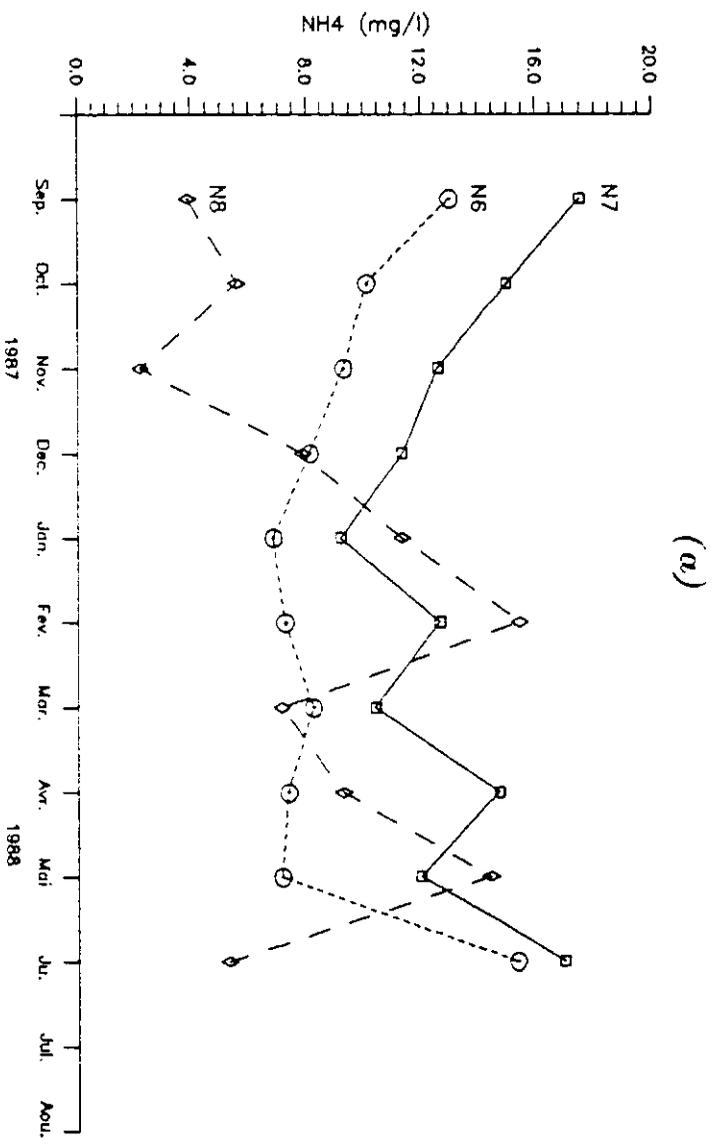


Figure 64: Courbes concentration-temps aux points de
prélèvement N6, N7 et N8
(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

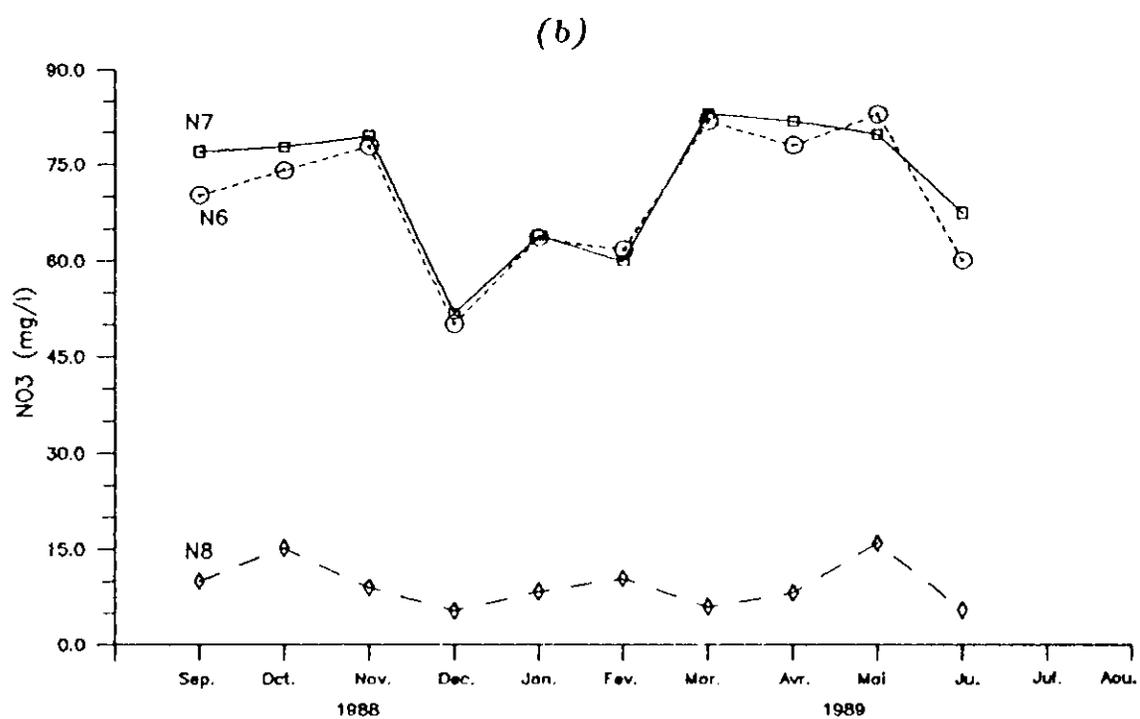
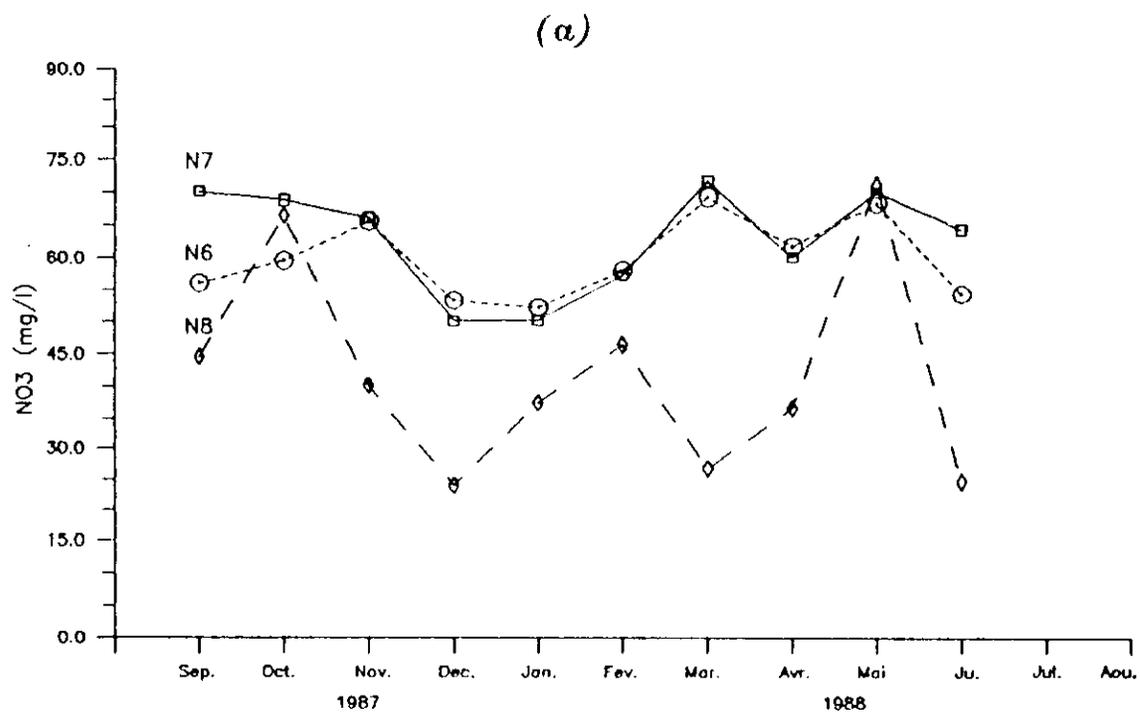


Figure 65: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

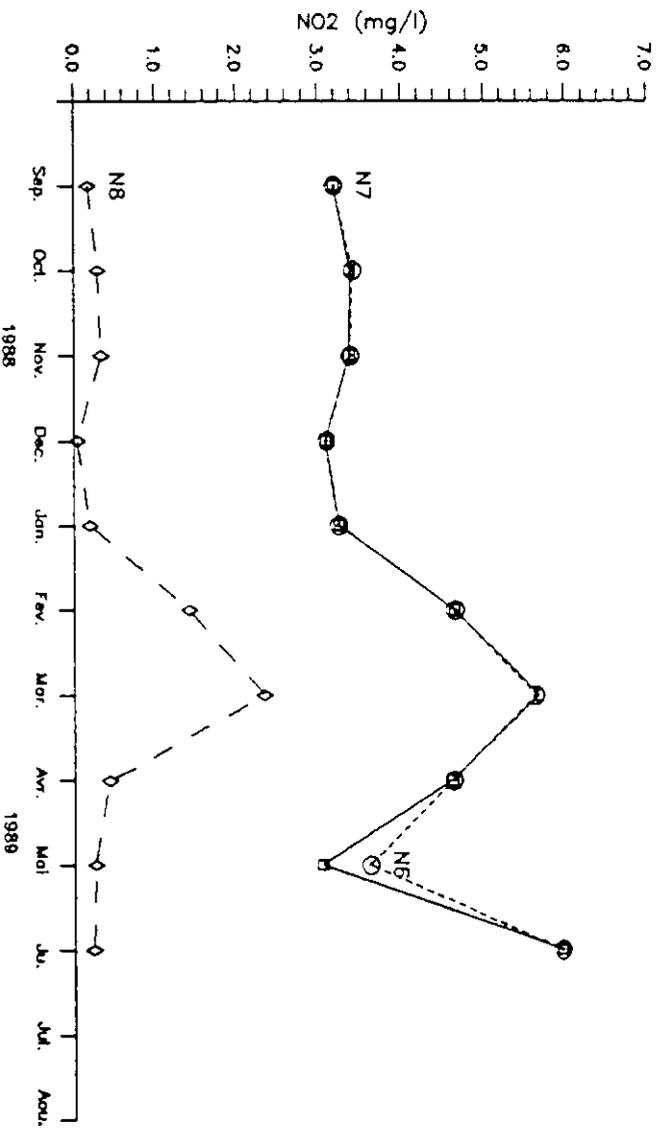
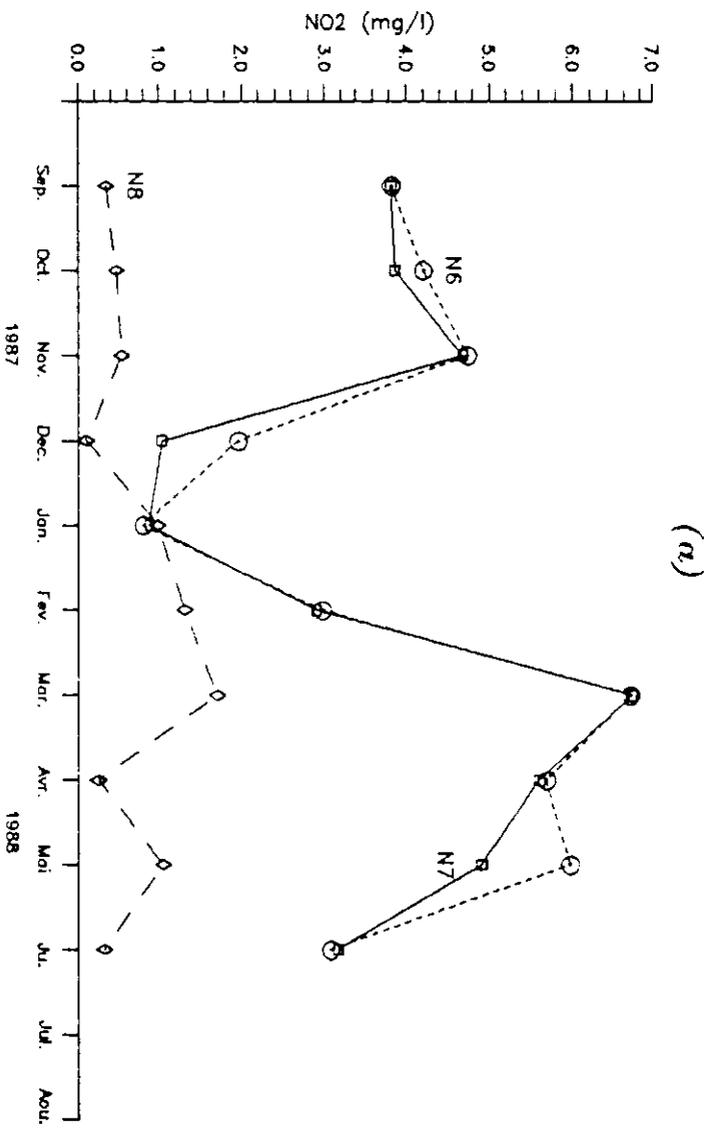
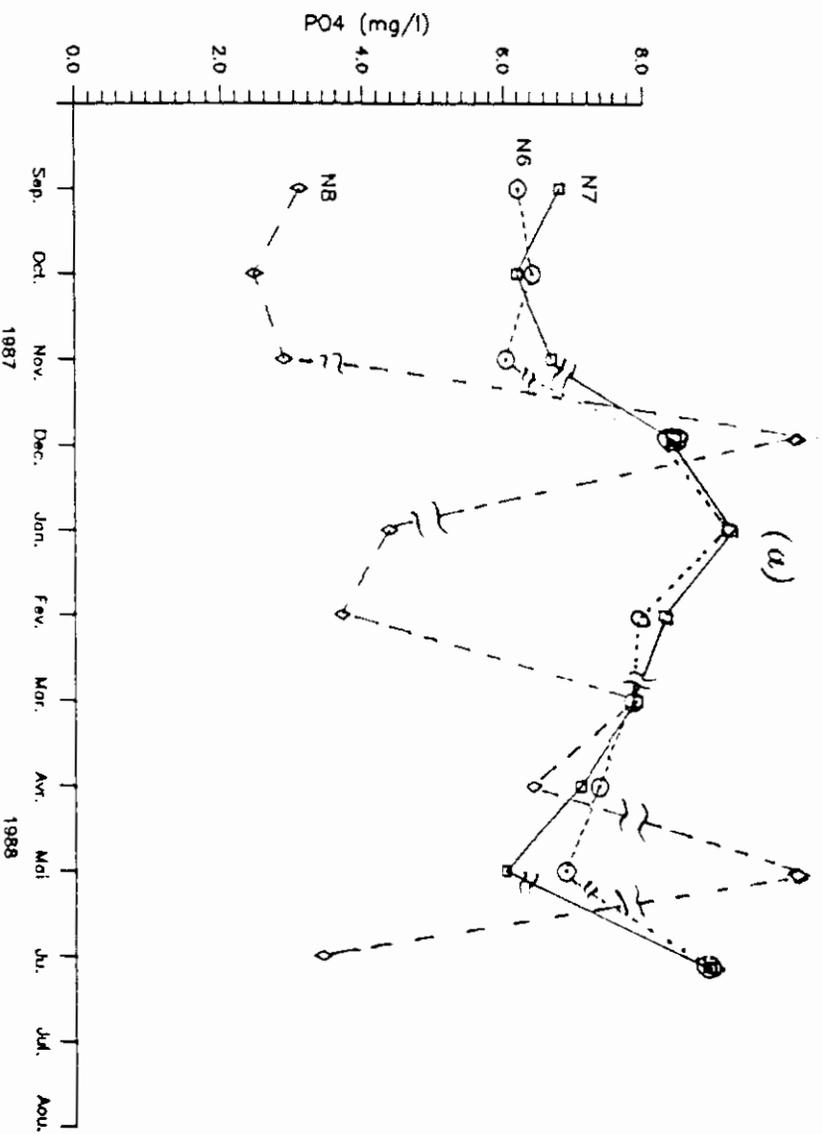


Figure 66: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989



(a)

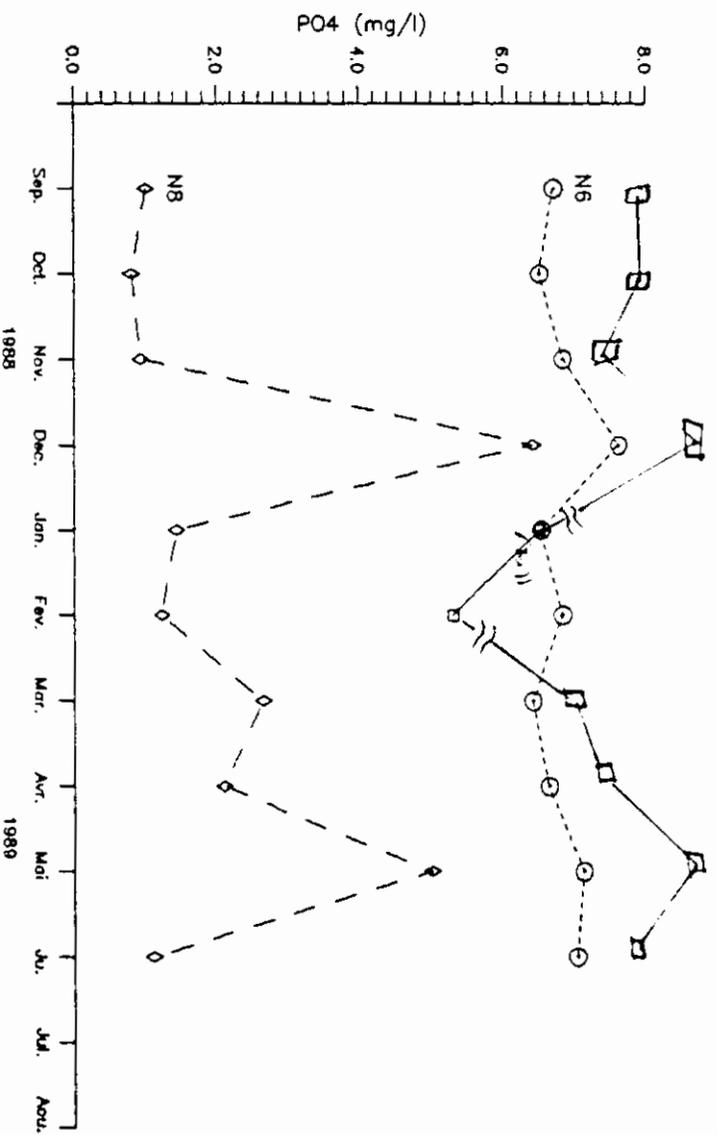


Figure 67: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N6, N7 et N8

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

Pour comparer la qualité des eaux de ces trois points de prélèvements, après avoir calculé des moyennes des concentrations nous avons dressé un tableau des valeurs annuelles moyennes et extrêmes (tableau 10).

Tableau 10: Moyennes des concentrations aux points de prélèvements N6, N7 et N8 (période de septembre 1987 à juin 1989)

Paramètres	MOYENNES					
	N6		N7		N8	
	moy.	Ec.Ty.	moy.	Ec.Ty.	moy.	Ec.Ty.
NH ₄ (mg/l)	10,011	2,879	13,599	2,875	7,311	3,942
NO ₂ (mg/l)	4,136	1,479	3,889	1,494	0,639	0,625
NO ₃ (mg/l)	64,858	10,132	67,494	10,472	25,550	20,127
Ortho-P (mg/l PO ₄)	7,372	1,311	8,671	2,181	4,536	4,707

Les eaux au point N8 sont faiblement chargées en ammonium et nitrites et on observe peu de variations au cours des deux années, ce qui se traduit pour chaque paramètre par un écart type important.

La teneur en nitrates, subit de fortes fluctuations. Alors que la teneur en orthophosphates est relativement stable.

On observe sur les points N6 et N7 des teneurs moyennes élevées en azote, en particulier l'azote nitrique (64,858 mg/l et 67,497 mg/l respectivement), et les écarts types traduisent bien les faibles variations enregistrées tout au long de la période

d'étude. Il en est de même pour les concentrations en orthophosphates, près de deux fois plus élevées que dans les eaux du point N8.

Si on calcule les différences de concentrations entre les points N6 et N7 pour chaque paramètre et pour chaque couple d'analyse, on constate néanmoins que la teneur en azote ammoniacal s'accroît à la traversée de Constantine de 3,588 mg/l d'ammonium en moyenne; l'augmentation est inférieure à 2,635 mg/l pour l'azote nitrique. Pour les orthophosphates, elle est de l'ordre de 1,299 mg/l.

Etant donné qu'au point amont (point N5) les teneurs moyennes en azote ammoniacal et en orthophosphates sont respectivement de 4,20 mg/l et 4,625 mg/l, les rejets de la ville de Constantine altèrent donc sensiblement la qualité des eaux de l'oued Rhumel.

4.3.2.1.3- TISSERIMANE, EL-MILIA et embouchure (points N9, N10 et N11)

4.3.2.1.3.1- TISSERIMANE (point N9)

Les eaux de l'oued Rhumel (qui prend le nom de oued EL-KEBIR en cette région) présentent des teneurs en ammonium (fig. 68) qui varient de 0,1 mg/l (en Janvier 1988) à 0,650 mg/l (en Juin 1988). Elles sont généralement plus faibles en hiver qu'en automne et été. Sur l'ensemble de la période d'étude, les concentrations en ammonium ne dépassent pas 0,65 mg/l pour la totalité des analyses.

La teneur en nitrates (fig. 69) et nitrites (fig. 70) fluctue

entre printemps et hiver. Leurs concentrations passent respectivement de 0,878 mg/l en Juin 1988 à 6,223 mg/l en Mars 1989 et de 0,009 mg/l en Janvier 1988 à 0,197 mg/l en Mai 1989.

Les concentrations des orthophosphates (fig. 71) ont varié de 0,031 mg/l (en Avril 1988) à 0,305 mg/l (en Décembre 1988). Elles sont généralement beaucoup plus faibles de Mars à Novembre qu'en hiver.

4.3.2.1.3.2- EL-MILIA (point N10)

On note une fluctuation en ammonium entre automne et hiver. La concentration varie entre un minimum de 2,8 mg/l (Juin 1988) et un maximum de 16,727 mg/l (Octobre 1988).

Les teneurs en nitrates présentent des concentrations d'un niveau plus élevé en automne et d'un niveau relativement bas au printemps.

Les valeurs les plus élevées en nitrites (2,661 mg/l) ont été enregistrées durant les mois de printemps. Les valeurs à un niveau relativement bas (0,03 mg/l) ont été observées durant les mois d'automne.

On constate d'après la figure 70 que la teneur en nitrites pendant la seconde période d'observation (Septembre 1988-Juin 1989) ne subit que de légères variations (augmentation de 0,114 mg/l) comparée à celle de la première période (Septembre 1987-Juin 1988).

La teneur en orthophosphates est comprise entre 0,402 mg/l et 3,172 mg/l avec une moyenne durant la période d'étude de 1,309 mg/l. Les valeurs en hiver et printemps sont généralement plus

élevées qu'en automne (fig. 71). Il apparaît une variation significative entre les prélèvements de la première période (en moyenne égale à 0,648 mg/l) et ceux de la seconde période (en moyenne égale à 1,970 mg/l).

4.3.2.1.3.3- EMBOUCHURE (point N11)

La teneur en ammonium (fig. 68) a généralement de faibles valeurs (en moyenne égale à 3,769 mg/l). Les concentrations les plus élevées ont été observées en automne (les plus hautes valeurs ont été enregistrées durant les deux automnes consécutifs : 10,12 mg/l et 13,011 mg/l respectivement). Comparées à celles des printemps (les plus basses valeurs ont été enregistrées pendant les deux printemps consécutifs : 0,341 mg/l et 0,438 mg/l). Ces concentrations en ammonium évoluent peu dans le temps. Elles ont augmenté d'une valeur de 0,947 mg/l lors de la seconde période d'étude.

Les concentrations en nitrites ont une moyenne de 0,488 mg/l et une légère différence entre automnes et hivers.

C'est aux printemps qu'on a rencontré les valeurs les plus élevées (supérieur à 2 mg/l). Leur teneur a très peu changé au cours de la période d'étude.

Les concentrations en nitrates ont des valeurs comprises entre 0,51 mg/l 44,286 mg/l, avec une moyenne relativement très faible (7,85 mg/l, n = 20).

Les concentrations en orthophosphates sont comprises entre 0,101 mg/l et 1,661 mg/l, avec une moyenne de 0,528 mg/l (n = 20). Les valeurs d'hiver étaient généralement les plus élevées. Celles

du printemps les plus basses (fig. 71). On note un accroissement de 0,529 mg/l en moyenne entre les concentrations obtenues pendant la seconde période.

REMARQUE :

Au niveau de TISSERIMANE (point N9), on constate que l'ammonium, nitrites et orthophosphates restent en permanence à faible concentration.

Ces valeurs rencontrées dans les eaux de l'oued El-Kebir en cette zone (point 9) montrent qu'on a un très faible niveau de pollution en ammonium, nitrates, nitrites et orthophosphates et cela n'a rien d'exceptionnel pour cette partie de l'oued (région montagneuse, absence d'agglomérations, d'industries et disparition des pratiques agricoles).

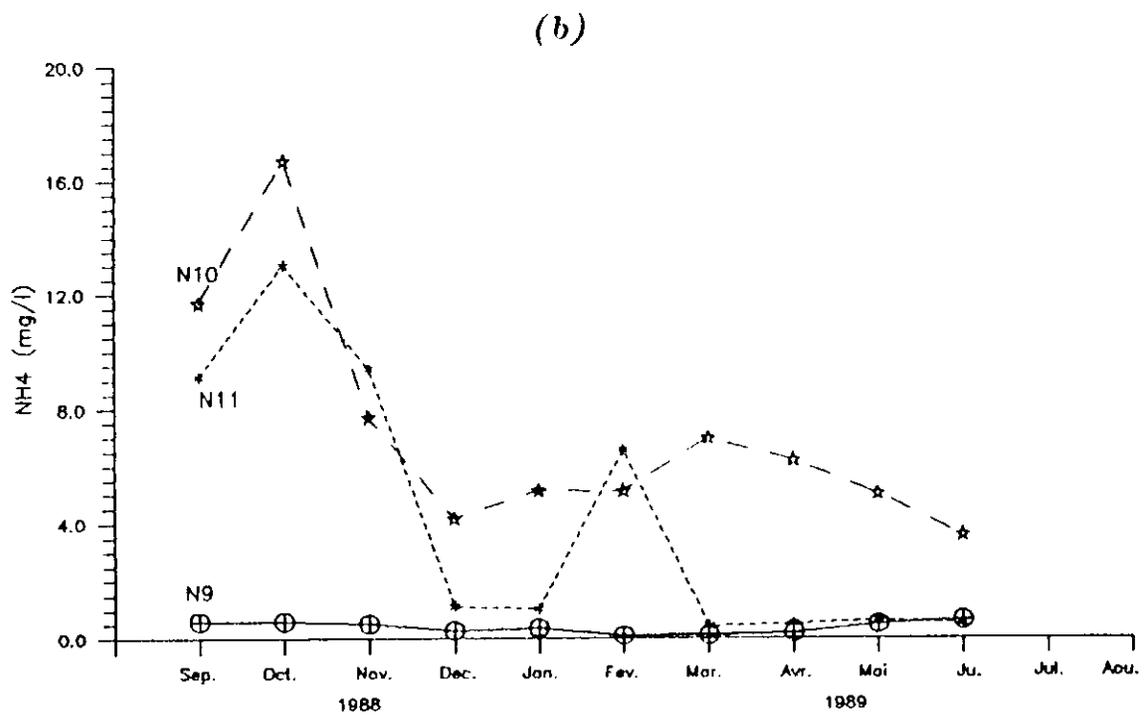
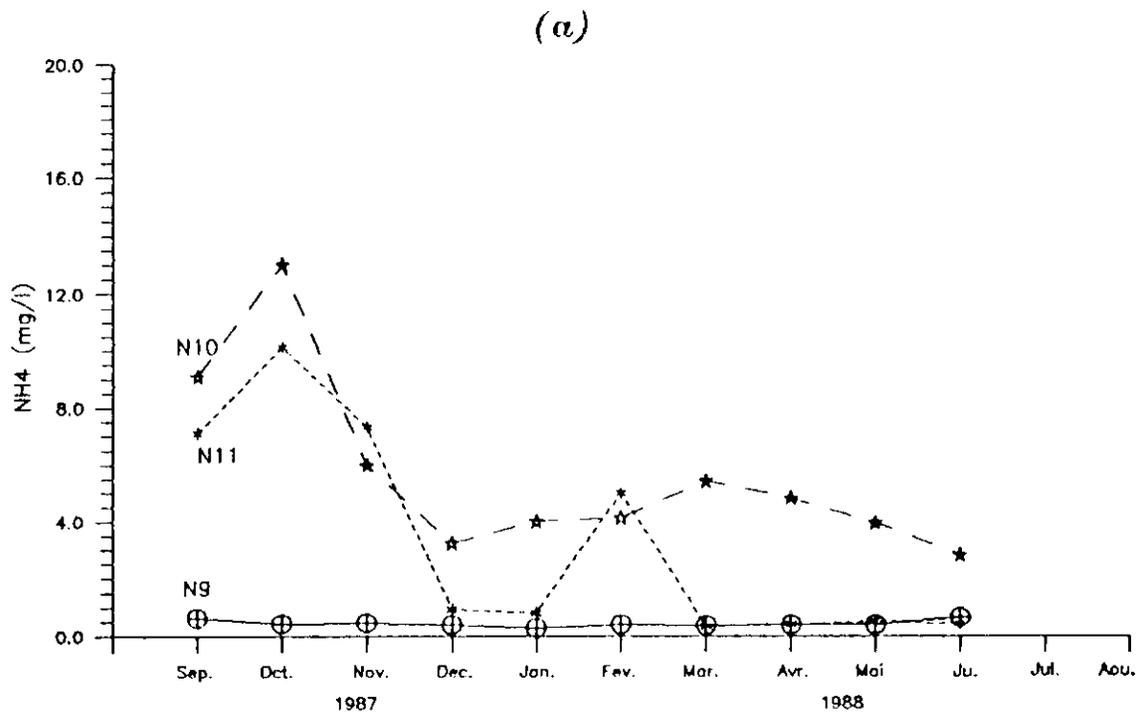


Figure 68: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

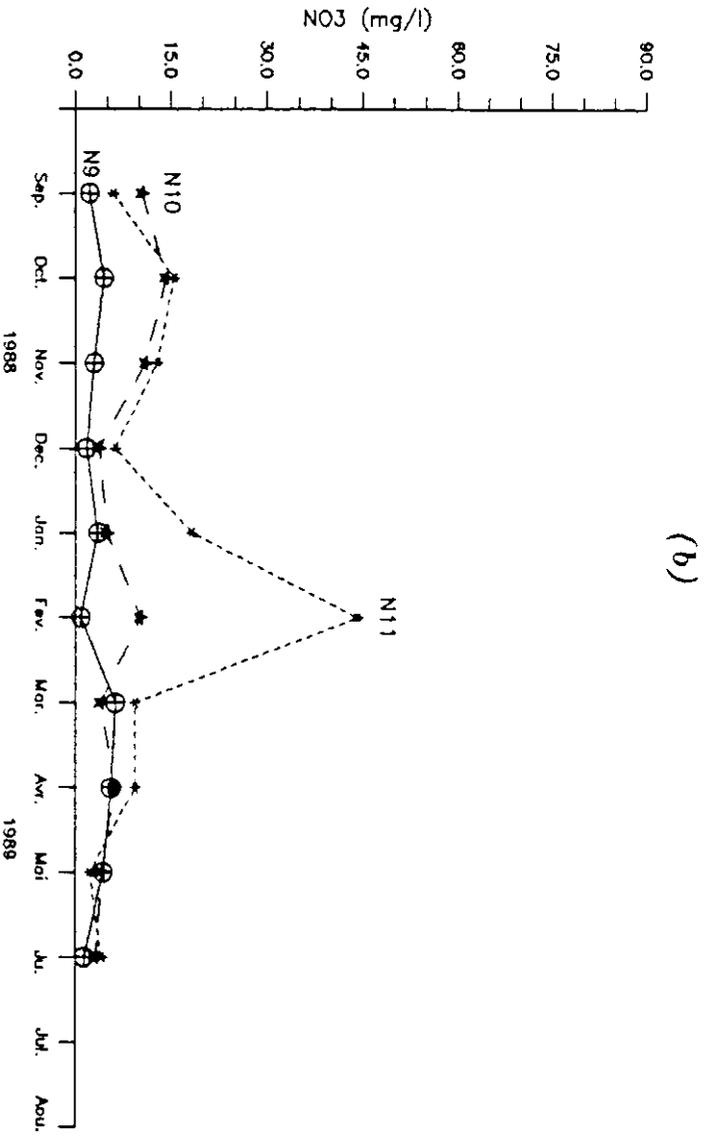
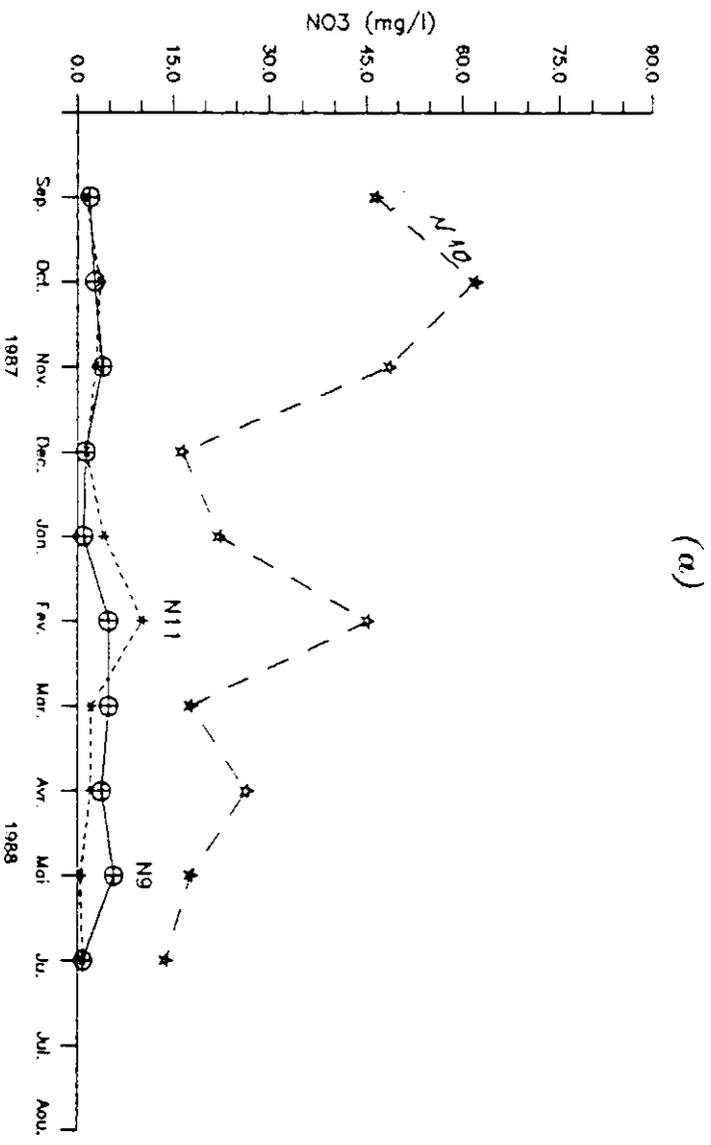


Figure 6g: Courbes concentration-temps aux points de
 prélèvement N9, N10 et N11
 (a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
 (b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

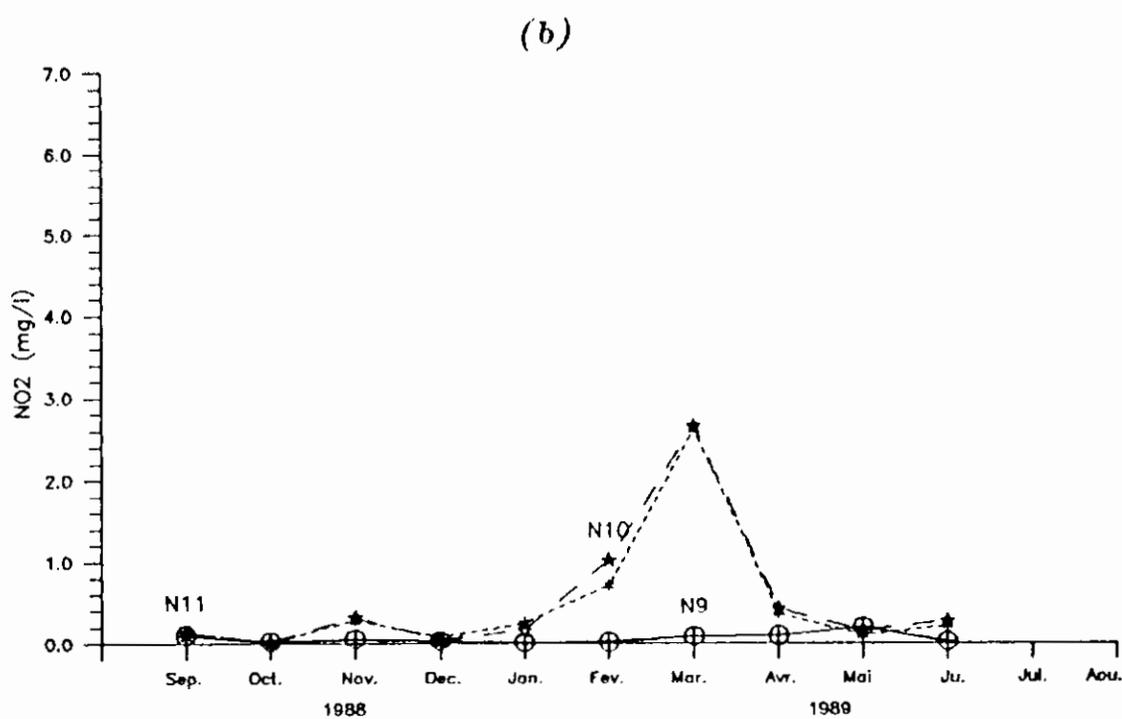
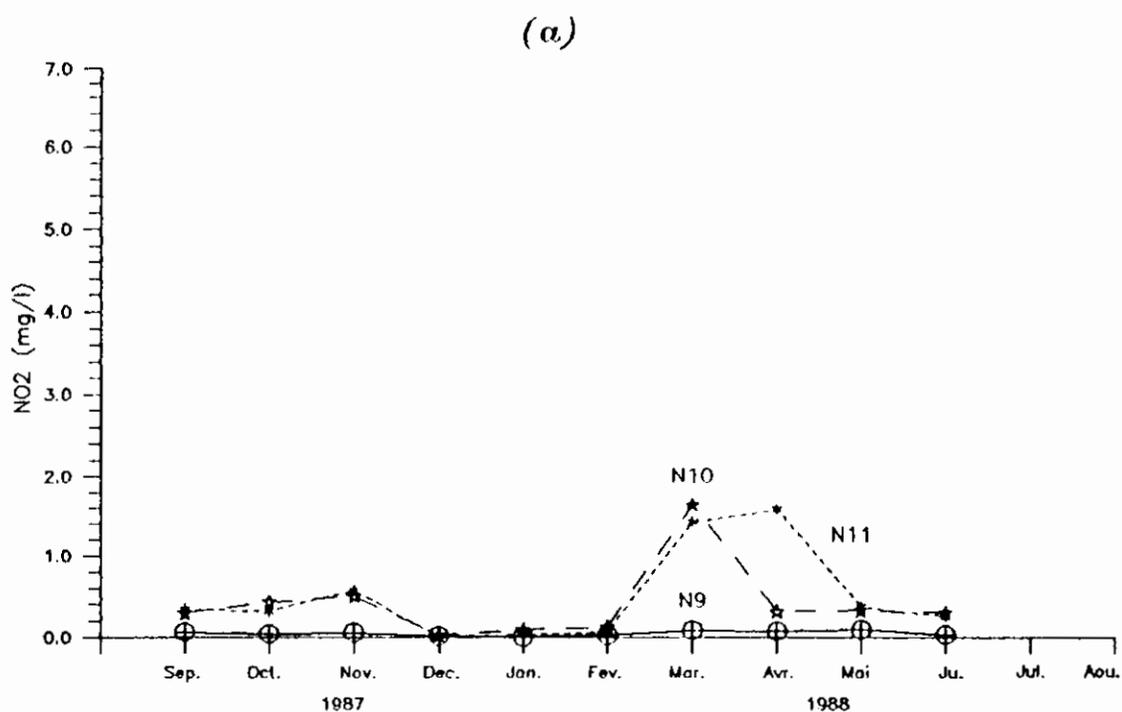


Figure 70: Courbes concentration-temps aux points de prélèvement N9, N10 et N11

(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988

(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

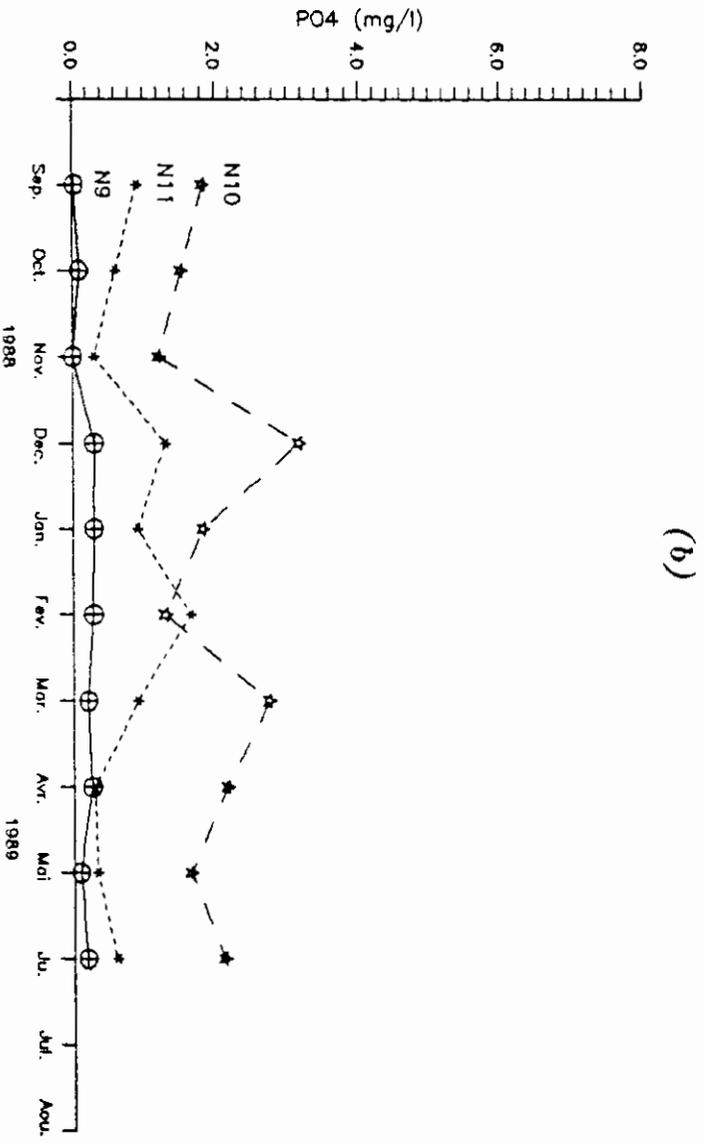
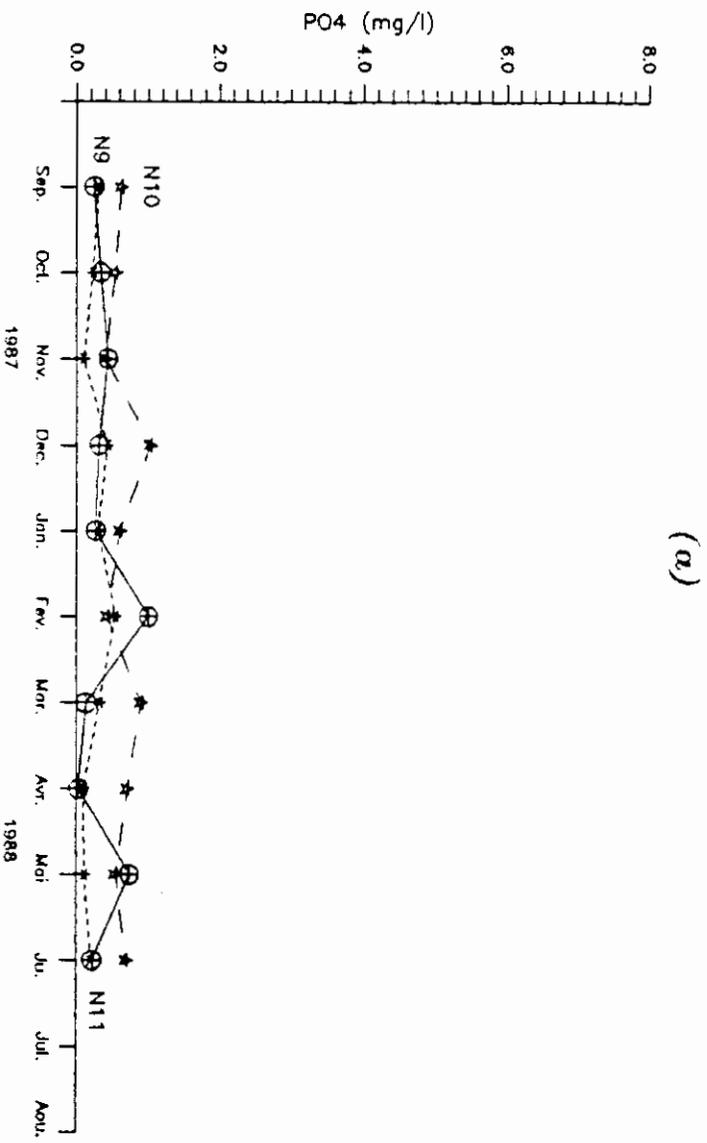


Figure 71: Courbes concentration-temps aux points de
prélèvement N9, N10 et N11
(a): du 30/09/1987 au 30/06/1988
(b): du 09/09/1988 au 30/06/1989

4.3.2.2. *Variation espaciale des formes minérales de l'azote et des orthophosphates aux différents points de prélèvement sur le Rhumel*

Dans le but d'obtenir des indications sur l'évolution des éléments nutritifs azotés et phosphorés le long de l'oued Rhumel durant toute la période d'étude, nous avons effectué le calcul correspondant aux moyennes et aux écarts types de ces quatre paramètres (ammonium, nitrates, nitrites et phosphates) et nous avons rassemblé les valeurs obtenues dans le tableau 11.

Tableau 11: Evolution de la concentration moyenne d'ammonium, nitrates, nitrites et orthophosphates le long du oued Rhumel. (période de septembre 1987- Juin 1989)

Paramètre NX*	** n	NH ₄ (mg/l)		NO ₃ (mg/l)		NO ₂ (mg/l)		PO ₄ (mg/l)	
		moy.	Ec. Ty.						
N3	20	1,904	0,346	20,431	3,095	0,924	0,557	1,135	0,384
N4	20	0,893	0,244	9,911	2,829	0,433	0,196	0,666	0,380
N5	20	4,204	1,153	35,940	7,294	1,818	1,079	4,625	1,198
N6	20	10,011	2,879	64,858	10,230	4,136	1,479	7,332	1,311
N7	20	13,699	2,875	67,494	10,472	3,889	1,494	8,671	2,181
N8	20	7,311	3,942	25,550	20,127	0,639	0,625	4,536	4,707
N9	20	0,421	0,165	3,198	1,738	0,059	0,045	0,274	0,238
N10	20	6,446	3,620	19,446	17,475	0,466	0,640	1,309	0,811
N11	20	3,769	4,216	7,850	9,979	0,488	0,660	0,528	0,424

* numéro du point de prélèvement

** nombre de prélèvement

Il apparait à la lecture de ces résultats que les échantillons d'eau prélevés le long de l'oued Rhumel présentent des niveaux de pollution qui étaient en général:

- très faible : au point de prélèvement (N9). En effet, les valeurs de ces quatre paramètres des échantillons au point de prélèvement N9 ont toujours été très faibles.

- faible :
 - en ammonium (entre 0,64 et 1,28 mg/l) au point N4
 - en nitrates (entre 6,64 et 17,7 mg/l) aux points N4 et N11;
 - en nitrites (entre 0,13 et 0,657 mg/l) aux points N4, N8, N10 et N11;
 - en phosphates (entre 0,332 et 0,765 mg/l) aux points N4 et N11;

- moyen:
 - en ammonium (entre 1,29 et 2,57 mg/l) au point N3;
 - en nitrates (entre 17,78 et 26,57 mg/l) aux points N3, N8 et N10;
 - en nitrites (entre 0,69 et 1,83 mg/l) au point N3;
 - en phosphates (entre 0,79 et 1,83 mg/l) aux points N3 et N10;

- élevé:
 - en ammonium (entre 2,58 et 6,42 mg/l) aux points N5 et N11;
 - en nitrates (entre 26,6 et 48,71 mg/l) au point N5;
 - en nitrites (entre 1,675 et 3,28 mg/l) au point N5;

en phosphates (entre 1,838 et 6,129 mg/l) aux points N5 et N8;

-très élevé en ammonium (\approx 6,42 mg/l) aux points N6, N7, N8 et N10;

en nitrates (\approx 48,71 mg/l) aux points N6 et N7;

en nitrites (\approx 3,28 mg/l) aux points N6 et N7;

en phosphates (\approx 6,129 mg/l) aux points N6 et N7.

Ces valeurs indiquent également que le niveau de la pollution azotée et phosphorée est plus élevée chaque fois que l'oued traverse une zone urbanisée ou peuplée, caractérisée par des rejets domestiques, notamment des petites industries, implantées au bassin versant de l'oued.

Cette augmentation en ces matières, que nous avons pu constater, est probablement due à la provenance des déchets domestiques (matières fécales, détergents, etc...) et des décharges industrielles. Et nous avons pu constater également que les eaux usées qu'elles soit d'origines ménagères ou industrielles aboutissent directement dans l'oued et cela sur tout son trajet. Ce qui peut renforcer notre explication.

- CONCLUSION GENERALE -

CONCLUSION GENERALE

La pollution chimique dans le bassin du Rhumel a été suivie durant deux années, des résultats quantitatifs sur dix-neuf paramètres ont été obtenus.

Les résultats indiquent deux zones de forte pollution, à savoir en aval de Constantine sur 35 Km et en aval de Chelghoum-Laïd sur 10 Km, un traitement des eaux résiduaires de ces agglomérations est nécessaire.

Des zones moins polluées se trouvent en aval de Ain Smara sur environ 10 Km, en aval de Garam et en aval d'El- Milia, ici des traitements sont recommandés.

Deux zones exceptionnelles où la qualité de l'eau reste encore non polluée à Oued Seguin et Tissermane (points de prélèvements N4 et N9 respectivement). C'est à ces deux endroits qu'une action de protection des effets néfastes de la pollution est nécessaire, il est souhaitable d'œuvrer à ce que toutes les zones du oued aient une image semblable à celle-ci. Afin d'atteindre ce but, il est recommandé de continuer la surveillance de la qualité de l'eau pour pouvoir constater si y a, une éventuelle dégradation du oued, laquelle, rendra plus urgent le traitement de l'eau résiduaire de certaines agglomérations.

Ces mêmes résultats, montrent que la qualité des eaux de l'oued Rhumel se trouve sous la double dépendance des apports (qui présentent eux-mêmes un caractère saisonnier) et des facteurs climatiques. C'est donc en premier lieu la considération des caractéristiques des eaux des points de prélèvement situés à la sortie des agglomérations qui doit permettre de déceler

d'éventuelles variations saisonnières. Mais l'interprétation de ces variations devra aussi tenir compte des fluctuations des apports au cours du cycle annuel.

Aux différents endroits (presque tout le long du Rhumel) une irrigation avec de l'eau du oued est pratiquée, cette eau sert également au rinçage des légumes, ce qui conduit forcément, dans des zones polluées, à une contamination microbienne qui va de paire avec la pollution organique. Il est aux autorités sanitaires de veiller à ce que ceci ne se passe pas et que les solutions de recharge soient cherchées à Ghelghoum-Laid et à Oued-Athmania où une eau fortement polluée et l'eau d'égout même sont utilisés pour l'irrigation.

Dans les pays moins développés comme le notre, il est préférable de considérer les données sur la caractérisation des eaux des cours d'eau qui peuvent être utilisées à différentes fins comme une base sur laquelle on doit s'appuyer lors des travaux d'assainissement ou des traitements.

En conséquence, il est utile pour ces pays de se pencher à nouveau sur les critères qui définissent l'eau et qui ont été choisis par les pays industrialisés - critères établis dans des conditions et habitudes sociales très différentes à celles des pays moins développés - sans cela ces pays sont exposés au risque d'être amenés à des résultats désastreux.

La proposition de cette étude présentée dans cette thèse est de présenter des données réelles sur les caractéristiques de l'eau de l'oued Rhumel. Ces eaux ont été trouvées de contenance moyenne en terme des matières organiques, mais très forte en terme de constituants solides. L'ensemble des paramètres caractérisant l'oued est présenté dans les tableaux qui composent l'annexe I.

Une note finale concernant l'utilisation et l'application de ces données est essentielle, elle indique que ces résultats sont basés sur les données cueillies pendant une période de plus de 20 mois, ou plus de 220 échantillons ont été prélevés et que sur chaque échantillon l'analyse de plus de 19 paramètres a été effectuée (+ 4180 analyses).

Ainsi, l'utilisation de ces données à différentes fins va être setenue par une caractérisation scientifique des eaux du Rhumel.

Pour terminer, nous invitons les concernés par les travaux d'assainissement ou ceux qui ont des projets d'utilisation d'eau du Rhumel de venir consulter ces données et pour des plans à long terme.

Nous recommandons que des études similaires dans le futur, plus spécialement dans les cinq années à venir, continuent à des différentes dates à donner des informations sur les caractéristiques des eaux du oued Rhumel.

- ANNEXES -

ANNEXE 1

Tableau 12: Valeurs des paramètres étudiés
(Septembre 1987)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température... °C	16	17	30	21	23	25
pH	7,8	7,9	7,9	8,1	7,9	7,75
Conductivité... mS/cm	2,36	1,35	2,09	1,63	1,39	1,49
O ₂ dissous... mg/l	8,1	8,1	4,7	6,9	4,0	2,0
DBO ₅	31,5	31,3	5,8	3,1	48,2	88,5
DCO	136	153	30,1	13,0	195	293
NH ₄ ⁺	9,261	11,57	2,429	1,202	4,902	13,01
NO ₃ ⁻	5,381	31,12	18,50	10,46	32,93	55,98
NO ₂ ⁻	0,306	0,335	0,734	0,201	0,972	3,821
PO ₄ ²⁻	0,159	0,156	0,901	0,293	3,125	6,202
SO ₄ ²⁻	98	109	117	152	129	150
Cl ⁻	367	370	311	310	258	291
Ca ⁺⁺	149	144	130	140	98	95
Mg ⁺⁺	81	69	32	22	18	17
Na ⁺	128	244	226	210	160	140
K ⁺	2,7	2,9	3	4	4	5
TH	10,2	12,95	9,2	8,8	6,4	6,2
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	7,8	10,5	8,1	4,0	3,1	1,0

Lieu	Paramètre	Température, °C	pH	Conductivité, mS/cm	O ₂ dissous, mg/l	DBO ₅ , mg/l	DCO, mg/l	NH ₄ ⁺ , mg/l	NO ₃ ⁻ , mg/l	NO ₂ ⁻ , mg/l	PO ₄ ³⁻ , mg/l	SO ₄ ²⁻ , mg/l	Cl ⁻ , mg/l	Ca ²⁺ , mg/l	Mg ²⁺ , mg/l	Na ⁺ , mg/l	K ⁺ , mg/l	TH, mg/l	TA, mg/l	TAC, mg/l
N°7		26	7,9	2,15	2,2	169	301,5	17,51	70,09	3,820	6,819	220	350	158	34	160	11	10,7	0	3,1
N°8		26	7,9	2,04	7,2	21,8	103	3,910	44,47	0,335	3,074	250	283	139	43	177	9	10,6	0	5,2
N°9		21	8,1	1,53	9,8	1,4	7,8	6,631	1,975	0,067	0,242	220	249	133	38	136	7	9,9	0	4,2
N°10		25	8,0	1,45	8,5	21,1	87,3	9,10	46,5	0,30	0,62	210	217	119	35	138	4	8,9	0	4
N°11		22	7,9	2,87	7,3	16,8	87,4	7,10	1,32	0,34	0,30	281	264	215	49	230	3	14,8	0	7,5

Tableau 12: (Suite)

ANNEXE 1

Tableau 13: Valeurs des paramètres étudiés
(Octobre 1987)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	*	*	30	16	16	19
pH unité	*	*	7,6	7,9	7,8	8,4
Conductivité...mS/cm	*	*	2,68	2,74	1,42	1,74
O ₂ dissous...mg/l	*	*	4,8	7,9	4,5	2,2
DBO ₅mg/l	*	*	33,5	40,5	40,3	83,5
DCOmg/l	*	*	196	196	156,8	235
NH ₄ ⁺mg/l	*	*	2,08	0,998	4,410	10,12
NO ₃ ⁻mg/l	*	*	20,14	12,38	38,77	59,45
NO ₂ ⁻mg/l	*	*	0,903	0,374	1,764	4,204
PO ₄ ²⁻mg/l	*	*	0,836	0,359	3,728	6,425
SO ₄ ²⁻mg/l	*	*	161	134	197	201
Cl ⁻mg/l	*	*	365	295	219	275
Ca ⁺⁺mg/l	*	*	168	170	104	101
Mg ⁺⁺mg/l	*	*	29	51	34	22
Na ⁺mg/l	*	*	268	220	130	177
K ⁺mg/l	*	*	4	5	5	7
THmeq/l	*	*	10,8	12,8	8,0	6,8
TAmeq/l	*	*	0,0	0,0	0,0	0,3
TACmeq/l	*	*	9	5,6	3,4	2,6

ANNEXE 1

Tableau 13: (Suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	21	20	19	18	17
pH	7,8	8,1	8,2	7,9	8,0
Conductivité...mS/cm	1,16	1,37	1,05	1,08	2,01
O ₂ dissous....mg/l	2,5	8,1	9,8	9,3	9,5
DBO ₅	160,5	40,7	44,4	39,2	58,4
DCO	235,2	215,6	294	196	313
NH ₄ ⁺	15,00	5,570	0,440	13,01	10,12
NO ₃ ⁻	68,80	66,43	2,689	62,00	3,543
NO ₂ ⁻	3,867	0,463	0,043	0,430	0,323
PO ₄ ²⁻	6,202	2,452	0,331	0,534	0,221
SO ₄ ²⁻	224	279	184	218	274
Cl ⁻	239	195	229	223	287
Ca ⁺⁺	135	132	128	116	230
Mg ⁺⁺	43	51	36	41	53
Na ⁺	35	45	38	35,5	35,5
K ⁺	13	10	8	3	3
TH	10,3	10,9	9,4	9,2	15,9
TA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TAC	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0

ANNEXE 1

Tableau 14: Valeurs des paramètres étudiés
(Novembre 1987)

Lieu Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température... °C	*	8	27	11	10	10
pH	*	8,10	7,8	8,3	8,2	8,6
Conductivité... mS/cm	*	1,36	2,65	2,43	1,47	1,24
O ₂ dissous... mg/l	*	11,0	5,2	9,0	5,2	2,8
DBO ₅	*	29,8	2,4	2,9	20,7	83,0
DCO	*	127	13	13	83,8	102,5
NH ₄ ⁺	*	14,14	2,389	0,798	3,224	9,304
NO ₃ ⁻	*	30,22	19,05	11,52	35,01	65,46
NO ₂ ⁻	*	0,240	0,871	0,298	1,023	4,729
PO ₄ ²⁻	*	0,090	0,904	0,347	2,812	6,034
SO ₄ ²⁻	*	104	110	161	203	199
Cl ⁻	*	320	327	308	263	277
Ca ⁺⁺	*	146	157	180	99	93
Mg ⁺⁺	*	77	39	27	19	18
Na ⁺	*	264	254	216	170	151
K ⁺	*	5	4,7	5,4	5,5	6,0
TH	*	13,7	11	11,3	6,5	6,2
TA	*	0	0	0	0	1,1
TAC	*	11,3	10	6,3	2,7	3,1

ANNEXE 1

Tableau 14: (Suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	12	12	11	10	10
pH	7,6	7,9	8,2	8,0	7,6
Conductivité...mS/cm	2,06	2,08	1,44	1,57	2,87
O ₂ dissous...mg/l	3,0	8,9	11,9	11,4	11,3
DBO ₅	102,5	37,8	1,8	24,0	36,3
DCO	37,8	1,8	24	109	181
NH ₄ ⁺	12,61	2,229	0,470	6,001	7,324
NO ₃ ⁻	66,00	40,00	3,854	48,71	2,901
NO ₂ ⁻	4,673	0,532	0,059	0,499	0,568
PO ₄ ²⁻	6,704	2,856	0,431	0,402	0,101
SO ₄ ²⁻	249	273	228	244	211
Cl ⁻	294	259	249	260	271
Ca ⁺⁺	155	143	131	121	219
Mg ⁺⁺	36	42	37	38	51
Na ⁺	158	196	136	141	221
K ⁺	10	11	8	6	5
TH	10,8	10,7	9,6	9,2	15,2
TA	0	0	0	0	0
TAC	4,1	6,1	3,1	2,0	9,2

ANNEXE 1

Tableau 15: Valeurs des paramètres étudiés
(Décembre 1987)

Lieu Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	15	12	30	13	13	14
pH	8,0	7,8	7,5	7,6	8,1	8,1
Conductivité...mS/cm	1,66	2,03	1,17	1,23	1,19	1,20
O ₂ dissous...mg/l	8,3	8,3	5,2	9,2	5,2	2,9
DBO ₅	24,3	19,8	8,8	3,5	15,6	48,3
DCO	69,4	87,0	42,0	18,3	69,3	97,4
NH ₄ ⁺	1,671	7,586	1,500	1,021	3,54	8,10
NO ₃ ⁻	5,319	29,67	15,89	7,719	27,54	53,11
NO ₂ ⁻	0,356	0,095	0,435	0,145	0,321	1,964
PO ₄ ²⁻	0,215	0,307	1,853	0,704	5,918	9,864
SO ₄ ²⁻	129	255	207	225	214	170
Cl ⁻	351	345	280	260	240	210
Ca ⁺⁺	115	130	106	107	109	129
Mg ⁺⁺	57	61	24	18	16	14
Na ⁺	145	140	112	111	114	83
K ⁺	6	9	11	12	11	11
TH	10,5	11,6	7,3	6,9	6,8	7,6
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	5,4	2,8	1,3	1,0	1,1	1,0

ANNEXE 1

Tableau 15: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	16	16	11	15	15
pH	7,9	8,0	7,9	8,2	8,0
Conductivité...mS/cm	2,09	1,34	2,55	1,28	1,66
O ₂ dissous....mg/l	3,0	10,0	13,2	10,6	10
DBO ₅	57,1	17,2	8,1	8,1	14,7
DCO	73,6	35,2	43,5	43,5	62,1
NH ₄ ⁺	11,37	7,844	0,410	3,242	0,932
NO ₃ ⁻	50,00	23,96	1,305	16,39	1,401
NO ₂ ⁻	1,035	0,095	0,019	0,030	0,013
PO ₄ ²⁻	10,00	18,39	0,312	1,031	0,431
SO ₄ ²⁻	200	170	175	190	170
Cl ⁻	333	260	247	148	254
Ca ⁺⁺	145	103	179	107	149
Mg ⁺⁺	25	38	34	31	47
Na ⁺	190	115	207	121	132
K ⁺	17	15	9	8,5	9
TH	9,3	8,3	11,9	7,9	11,4
TA	0	0	0,8	0,4	0,0
TAC	8,0	7,1	6,0	4,2	5,0

ANNEXE 1

Tableau 16: Valeurs des paramètres étudiés
(Janvier 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	8	9	27	11	12	13
pH	7,5	7,6	7,2	7,7	7,7	8,0
Conductivité...mS/cm	1,43	1,61	0,76	1,09	1,77	1,59
O ₂ dissous....mg/l	9,5	9,5	5,6	10,0	5,4	3,5
DBO ₅	44,3	19,3	9,2	4,4	24,8	44,9
DCO	84,6	84,6	44,6	24,6	44,9	47,3
NH ₄ ⁺	2,060	8,100	1,805	0,627	2,210	6,804
NO ₃ ⁻	6,661	33,66	18,97	9,621	31,03	52,00
NO ₂ ⁻	0,657	0,292	0,759	0,555	0,535	0,798
PO ₄ ²⁻	0,156	0,123	1,040	0,766	6,083	10,50
SO ₄ ²⁻	193	298	204	219	344	350
Cl ⁻	290	408	237	210	215	265
Ca ⁺⁺	98	114	92	100	156	128
Mg ⁺⁺	59	71	12	19	49	47
Na ⁺	127	109	72	91	100	92
K ⁺	5	7	9	8	11	13
TH	9,8	11,6	5,6	6,6	11,9	10,3
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	3,2	1,4	1,1	0,9	2,8	1,0

ANNEXE 1

Tableau 16: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	8	7	6	6	6
pH	7,5	7,7	7,8	7,8	7,4
Conductivité...mS/cm	2,50	1,61	1,04	1,03	1,07
O ₂ dissous....mg/l	3,7	12,8	17,4	8,5	12,5
DBO ₅	47,3	14,9	6,6	19,4	16,1
DCO	14,9	6,6	19,4	77,9	85,0
NH ₄ ⁺	9,221	11,35	0,290	4,010	0,812
NO ₃ ⁻	49,98	37,24	0,923	22,24	4,140
NO ₂ ⁻	0,878	0,986	0,009	0,099	0,033
PO ₄ ²⁻	10,57	4,382	0,267	0,601	0,301
SO ₄ ²⁻	437	304	258	302	254
Cl ⁻	315	298	209	219	206
Ca ⁺⁺	131	115	95	75	79
Mg ⁺⁺	67	49	41	40	39,5
Na ⁺	190	145	89	89	97
K ⁺	19	16	14	11	7
TH	12,1	9,9	8,2	7,1	7,2
TA	0	0	0	0,0	0,0
TAC	3,0	1,8	1,0	1,2	1,0

ANNEXE 1

Tableau 17: Valeurs des paramètres étudiés

(Février 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température... °C	10	11	30	11	12	13
pH unité	7,6	7,4	7,6	7,4	7,4	8,0
Conductivité... mS/cm	1,05	0,98	0,55	0,49	1,05	0,91
O ₂ dissous.... mg/l	11	11	5,3	9,7	5,3	3,1
DBO ₅ mg/l	15,2	17,3	10,7	2,1	5,6	38,5
DCO mg/l	40,0	56,0	48,5	12,3	47,2	62,8
NH ₄ ⁺ mg/l	2,321	9,386	1,651	0,567	2,903	7,222
NO ₃ ⁻ mg/l	9,300	35,87	16,98	8,776	29,24	57,73
NO ₂ ⁻ mg/l	1,755	1,710	0,689	0,491	0,472	2,971
PO ₄ ²⁻ mg/l	0,138	0,153	1,931	0,691	5,713	8,033
SO ₄ ²⁻ mg/l	162	201	203	133	215	259
Cl ⁻ mg/l	206	335	298	179	194	189
Ca ⁺⁺ mg/l	56	63	89	53	97	107
Mg ⁺⁺ mg/l	35	30	40	21	23	30
Na ⁺ mg/l	106	66	52	46	101	73
K ⁺ mg/l	3	3,5	3,5	4	5	4
TH meq/l	5,7	5,7	7,9	4,4	6,8	7,8
TA meq/l	0	0	0	0	0	0
TAC meq/l	2,1	3,2	1,3	1,0	1,1	0,8

ANNEXE 1

Tableau 17: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température... °C	13	10	9	8	8
pH	7,4	7,8	8,0	7,7	7,2
Conductivité... mS/cm	1,04	0,87	0,41	0,48	1,01
O ₂ dissous... mg/l	3,2	11,5	15	9,8	12
DBO ₅	31,6	10,2	4,5	17,8	14,8
DCO	62,8	49,7	17,4	65,5	66,7
NH ₄ ⁺	12,66	15,43	0,413	4,134	5,00
NO ₃ ⁻	57,00	46,19	4,812	45,17	10,10
NO ₂ ⁻	2,894	1,314	0,029	0,131	0,066
PO ₄ ²⁻	8,423	3,677	1,001	0,431	0,542
SO ₄ ²⁻	231	243	232	204	200
Cl ⁻	216	221	210	213	231
Ca ⁺⁺	91	76	72	70	92
Mg ⁺⁺	33	36	22	24	33
Na ⁺	87	67	66	65	73
K ⁺	6,5	6	3	3	4
TH	7,3	6,8	5,4	5,5	7,4
TA	0	0	0	0	0
TAC	1,0	1,0	0,9	1	1

ANNEXE 1

Tableau 18: Valeurs des paramètres étudiés
(Mars 1988)

Lieu Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	*	5	27	9	9	10
pH	*	7,7	7,4	7,8	7,3	8,2
Conductivité...mS/cm	*	1,57	1,20	1,01	1,02	1,06
O ₂ dissous....mg/l	*	10,3	5,4	9,8	5,7	3,2
DBO ₅	*	17,2	10,4	6,0	8,1	42
DCO	*	75,9	59,4	27	58,4	67,2
NH ₄ ⁺	*	11,57	1,64	0,903	4,303	8,210
NO ₃ ⁻	*	36,31	25,91	17,68	48,91	69,01
NO ₂ ⁻	*	0,371	1,714	0,671	3,300	6,682
PO ₄ ²⁻	*	0,245	1,449	0,501	5,093	7,896
SO ₄ ²⁻	*	155	160	200	220	230
Cl ⁻	*	318	235	211	211	165
Ca ⁺⁺	*	119	91	89	93	85
Mg ⁺⁺	*	59	28	19	17	30
Na ⁺	*	121	72	90	96	83
K ⁺	*	3	3	4	5	6
TH	*	10,9	6,9	6,0	6,0	6,8
TA	*	0	0	0	0	0
TAC	*	3,6	1,0	1,0	1,0	0,9

ANNEXE 1

Tableau 18: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	11	10	8	9	9
pHunité	7,8	7,5	8,0	7,6	7,3
Conductivité...mS/cm	1,26	0,98	0,54	0,57	1,04
O ₂ dissous....mg/l	3,3	10,5	14,8	11,7	10,4
DBO ₅mg/l	32,9	13,1	4,9	16,7	20,2
DCOmg/l	67,5	57,5	20,6	61,3	115
NH ₄ ⁺mg/l	10,42	7,111	0,380	5,432	0,341
NO ₃ ⁻mg/l	71,54	26,67	4,864	17,71	2,104
NO ₂ ⁻mg/l	6,697	1,710	0,089	1,643	1,429
PO ₄ ²⁻mg/l	7,961	8,092	0,134	0,901	0,321
SO ₄ ²⁻mg/l	218	252	200	257	240
Cl ⁻mg/l	233	198	147	144	115
Ca ⁺⁺mg/l	95	76	72	90	72
Mg ⁺⁺mg/l	27	40	37	45	48
Na ⁺mg/l	97	54	63	60	74
K ⁺mg/l	11	9	8	7,0	5
THmeq/l	7,0	7,1	6,7	8,3	7,6
TAmeq/l	0	0	0	0	0
TACmeq/l	1,0	1,0	1,0	2	2

ANNEXE 1

Tableau 19: Valeurs des paramètres étudiés
(Avril 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	12	15	30	18	19	18
pH	7,7	7,1	7,3	7,6	7,8	7,9
Conductivité...mS/cm	1,68	2,07	1,12	1,53	1,61	1,09
O ₂ dissous....mg/l	6,7	6,7	5,1	8,0	4,5	2,5
DBO ₅	25,3	18,5	11,8	2,2	17,1	39,4
DCO	72,6	72,6	52,6	12,6	72,6	78,6
NH ₄ ⁺	1,290	12,30	2,004	0,812	4,833	7,324
NO ₃ ⁻	6,864	34,98	23,62	15,22	44,05	61,46
NO ₂ ⁻	1,354	1,741	1,681	0,484	2,944	5,682
PO ₄ ²⁻	0,780	0,215	1,812	0,478	4,782	7,385
SO ₄ ²⁻	100	115	124	171	219	229
Cl ⁻	285	307	280	221	170	178
Ca ⁺⁺	126	112	105	95	91	86
Mg ⁺⁺	78	56	41	87	64	28
Na ⁺	111	114	79	93	88	88
K ⁺	2,6	2,9	3	4	3,4	3,6
TH	12,8	10,3	8,7	12	9,9	6,6
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	6,5	1,0	1,0	0,9	1,2	1,1

ANNEXE 1

Tableau 19: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	17	19	17	19	19
pH	7,9	7,6	7,6	7,8	7,4
Conductivité...mS/cm	1,30	1,08	1,12	1,02	1,06
O ₂ dissous....mg/l	2,8	9,5	10,6	10,2	11,2
DBO ₅	35,0	14,2	1,7	16,3	14,2
DCO	72,8	60,4	6,3	60,4	60,4
NH ₄ ⁺	14,71	9,285	0,398	4,833	0,404
NO ₃ ⁻	59,79	36,32	3,714	26,57	2,103
NO ₂ ⁻	5,590	0,237	0,076	0,319	1,587
PO ₄ ²⁻	7,114	6,445	0,031	0,711	0,101
SO ₄ ²⁻	285	232	243	232	265
Cl ⁻	240	212	120	201	110
Ca ⁺⁺	102	93	65	83	73
Mg ⁺⁺	51	60	35	39	51
Na ⁺	107	76	121	76	76
K ⁺	9,5	7,5	4,5	4,5	4,8
TH	9,4	9,7	6,2	7,4	7,9
TA	0	0	0	0	0
TAC	2,0	2,0	3,6	1,0	3,1

ANNEXE 1

Tableau 20: Valeurs des paramètres étudiés
(Mai 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	18	19	30	21	19	20
pH	8,0	7,3	7,7	7,3	7,6	8,1
Conductivité...mS/cm	1,78	1,78	1,20	1,24	1,18	0,95
O ₂ dissous...mg/l	7,2	7,2	5,0	7,4	4,4	2,4
DBO ₅	77,5	93;6	6,7	8,8	85,6	18,9
DCO	351	351	35	35,2	328	352
NH ₄ ⁺	3,347	9,643	1,87	0,932	3,944	7,104
NO ₃ ⁻	13,88	41,19	21,15	13,01	40,91	68,01
NO ₂ ⁻	0,108	1,327	1,215	0,575	2,021	5,962
PO ₄ ²⁻	0,135	0,184	1,003	0,403	4,031	6,901
SO ₄ ²⁻	105	112	133	145	182	178
Cl ⁻	263	208	260	197	213	172
Ca ⁺⁺	131	102	108	111	103	87
Mg ⁺⁺	65	51	31	25	21	28
Na ⁺	141	204	112	110	105	82
K ⁺	3,5	4,5	5,1	6,1	5,5	7,5
TH	12,1	9,4	8,0	7,6	6,9	6,7
TA	0	0	0,2	0,4	0,3	0,3
TAC	3,2	2,6	2,0	2,0	1,8	1,1

ANNEXE 1

Tableau 20: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	22	21	20	18	18
pHunité	7,7	7,8	8,75	8,25	7,7
Conductivité...mS/cm	1,30	1,52	1,36	2,08	1,10
O ₂ dissous...mg/l	2,5	8,3	10	9,7	10,2
DBO ₅mg/l	183	64,5	6,8	35,7	73,4
DCOmg/l	212	42	128	128	296
NH ₄ ⁺mg/l	12,04	14,41	0,400	3,944	0,501
NO ₃ ⁻mg/l	69,71	70,86	5,69	17,71	0,510
NO ₂ ⁻mg/l	4,897	1,051	0,096	0,335	0,368
PO ₄ ²⁻mg/l	6,053	15,32	0,741	0,544	0,111
SO ₄ ²⁻mg/l	240	255	238	245	210
Cl ⁻mg/l	246	252	240	207	119
Ca ⁺⁺mg/l	103	104	104	104	83
Mg ⁺⁺mg/l	47	62	49	53	49
Na ⁺mg/l	87	110	108	208	78
K ⁺mg/l	12,5	10,7	5,3	5,5	5,8
THmeq/l	9,1	10,4	9,2	9,6	8,2
TAmeq/l	0,1	0,1	0,2	0,2	0,4
TACmeq/l	2,3	2,3	1,8	3,4	4,2

ANNEXE 1

Tableau 21: Valeurs des paramètres étudiés
(Juin 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	*	*	30	27	28	28
pHunité	*	*	7,1	7,7	8,0	7,8
Conductivité...mS/cm	*	*	1,40	2,05	1,70	1,18
O ₂ dissous...mg/l	*	*	4,5	6,0	3,5	1,8
DBO ₅mg/l	*	*	14,0	13,8	21,5	68,0
DCOmg/l	*	*	75	75	78	172
NH ₄ ⁺mg/l	*	*	2,503	1,302	6,120	15,35
NO ₃ ⁻mg/l	*	*	17,69	8,313	28,00	53,91
NO ₂ ⁻mg/l	*	*	0,705	0,167	0,563	3,073
PO ₄ ²⁻mg/l	*	*	1,739	0,672	6,104	10,09
SO ₄ ²⁻mg/l	*	*	341	369	256	285
Cl ⁻mg/l	*	*	262	222	260	219
Ca ⁺⁺mg/l	*	*	109	139	96	89
Mg ⁺⁺mg/l	*	*	50	69	59	26
Na ⁺mg/l	*	*	111	132	94	83
K ⁺mg/l	*	*	12	10	8	11
THmeq/l	*	*	10,1	12,7	9,7	6,7
TAmeq/l	*	*	0	0	0	0
TACmeq/l	*	*	1,2	4,2	1,0	1,1

ANNEXE 1

Tableau 21: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Température...°C	28	27	27	22	22
pH	7,7	7,8	8,0	8,1	8,0
Conductivité...mS/cm	1,68	1,35	1,07	1,08	1,17
O ₂ dissous....mg/l	2,0	6,4	8,0	8,2	7,0
DBO ₅	76,9	27,5	1,3	38,5	69,5
DCO	172,7	135,5	6,9	161	268
NH ₄ ⁺	17,01	5,275	0,650	2,80	0,413
NO ₃ ⁻	64,08	24,55	0,878	13,87	0,912
NO ₂ ⁻	3,164	0,312	0,031	0,302	0,256
PO ₄ ²⁻	10,33	3,383	0,220	0,700	0,201
SO ₄ ²⁻	316	313	275	308	256
Cl ⁻	259	254	239	270	221
Ca ⁺⁺	96	101	81	79	83
Mg ⁺⁺	50	69	40	49	55
Na ⁺	114	87	80	74	84
K ⁺	20	10	9	10	9
TH	9,0	10,8	7,4	8,0	8,7
TA	0	0	0	0	0
TAC	1,0	1,0	0,9	1	1

ANNEXE 1

Tableau 22: Valeurs des paramètres étudiés
(Septembre 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature... °C	*	21	31	25	26	27
pH	*	7,6	7,8	7,9	8,0	8,2
Conductivité... mS/cm	*	2,12	1,75	1,58	1,05	1,31
O ₂ dissous... mg/l	*	7,5	4,8	6,9	3,7	2,0
DBO ₅	*	35,7	8,1	4,5	14	87
DCO	*	150	39,5	19,5	53	270
NH ₄ ⁺	*	9	1,926	1,450	3,931	12,40
NO ₃ ⁻	*	8,2	20,03	8,333	40,97	70,21
NO ₂ ⁻	*	1,410	0,260	0,286	1,733	3,197
PO ₄ ²⁻	*	0,04	0,851	0,503	2,910	6,702
SO ₄ ²⁻	*	105	200	178	212	103
Cl ⁻	*	204	172	267	187	238
Ca ⁺⁺	*	164	107	102	93	88
Mg ⁺⁺	*	77	26	20	19	18
Na ⁺	*	254	214	206	106	103
K ⁺	*	3	4	5	6	7
TH	*	14,6	7,5	6,8	6,2	5,9
TA	*	0	0	0	0	0
TAC	*	10,5	7,4	4,3	1	1

ANNEXE 1

Tableau 22: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature... °C	23	26	26	25	23
pH unité	8,1	8,0	8,0	8,2	8,0
Conductivité... mS/cm	2,10	2,01	1,43	1,28	2,88
O ₂ dissous.... mg/l	2,1	7,4	8,5	8,5	6,9
DBO ₅ mg/l	113	52	2,5	43,5	69,5
DCO mg/l	271	266	15,7	224	264
NH ₄ ⁺ mg/l	16,90	3,040	0,598	11,70	9,134
NO ₃ ⁻ mg/l	77	10,04	2,219	10,50	8,850
NO ₂ ⁻ mg/l	3,200	0,174	0,104	0,128	0,135
PO ₄ ²⁻ mg/l	9,421	1,003	0,003	1,840	0,919
SO ₄ ²⁻ mg/l	194	152	157	175	383
Cl ⁻ mg/l	337	307	197	245	233
Ca ⁺⁺ mg/l	134	128	123	110	128
Mg ⁺⁺ mg/l	35	45	41	30	36
Na ⁺ mg/l	168	176	125	112	309
K ⁺ mg/l	14	12,5	11,4	7	5
TH meq/l	9,6	10,2	9,6	8,0	9,4
TA meq/l	0	0	0	0	0
TAC meq/l	3,3	6,1	5,6	3,1	7,4

ANNEXE 1

Tableau 23: Valeurs des paramètres étudiés
(Octobre 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature... °C	*	*	31	22	21	25
pH unité	*	*	7,5	7,8	7,7	8,8
Conductivité... mS/cm	*	*	2,04	2,56	1,21	1,62
O ₂ dissous... mg/l	*	*	4,8	7,2	4,2	2,1
DBO ₅ mg/l	*	*	18,9	24,9	23,5	62,8
DCO mg/l	*	*	98	98	78,4	117,6
NH ₄ ⁺ mg/l	*	*	2,34	0,92	5,922	13,44
NO ₃ ⁻ mg/l	*	*	22,04	7,800	30,34	74,08
NO ₂ ⁻ mg/l	*	*	0,617	0,651	1,891	3,424
PO ₄ ²⁻ mg/l	*	*	0,84	0,30	2,731	6,503
SO ₄ ²⁻ mg/l	*	*	337	457	261	194
Cl ⁻ mg/l	*	*	150	347	142	296
Ca ⁺⁺ mg/l	*	*	145	130	97	96
Mg ⁺⁺ mg/l	*	*	24	32	25	24
Na ⁺ mg/l	*	*	231	278	114	185
K ⁺ mg/l	*	*	7	8	8	9
TH meq/l	*	*	9,3	9,2	6,9	6,8
TA meq/l	*	*	0	0	0	0,4
TAC meq/l	*	*	5	4,6	3,4	2,6

ANNEXE 1

Tableau 23: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature...°C	21	22	23	23	24
pH	7,9	8,2	8,0	8,1	8,00
Conductivité...mS/cm	1,64	1,68	1,42	1,31	2,91
O ₂ dissous....mg/l	2,4	7,1	8,9	8,7	5,9
DBO ₅	62,6	25,7	27,8	23,2	31,9
DCO	117,6	107,8	147	98	156,6
NH ₄ ⁺	18,20	4,332	0,600	16,73	13,01
NO ₃ ⁻	77,76	15,20	4,441	14,20	15,50
NO ₂ ⁻	3,394	0,296	0,026	0,023	0,020
PO ₄ ²⁻	9,50	0,098	1,540	1,540	0,613
SO ₄ ²⁻	269	328	281	279	528
Cl ⁻	173	211	250	204	263
Ca ⁺⁺	128	121	117	109	220
Mg ⁺⁺	57	54	39	31	51
Na ⁺	113	150	128	118	319
K ⁺	15	14	11	9	7
TH	11,2	10,6	9,1	8,1	15,3
TA	0,3	0,5	0,3	0,3	0,2
TAC	7,0	5,4	4,0	3,6	4,5

ANNEXE 1

Tableau 24: Valeurs des paramètres étudiés
(Novembre 1988)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature...°C	14	14	30	16	17	18
pH	8,25	8,20	8,00	8,40	8,50	8,20
Conductivité...mS/cm	1,9	1,3	1,1	1,8	1,02	1,83
O ₂ dissous...mg/l	8,2	9,3	5,2	8,5	4,4	2,6
DBO ₅	27,4	17,5	4,1	2,6	17,7	69,8
DCO	78	73	21,1	11	72	182
NH ₄ ⁺	7,203	11	1,983	0,869	6,320	11,90
NO ₃ ⁻	1,215	7,78	19,61	8,142	37,14	77,96
NO ₂ ⁻	0,467	0,539	0,506	0,424	1,927	3,391
PO ₄ ²⁻	0,052	0,080	0,83	0,612	3,013	6,821
SO ₄ ²⁻	129	169	213	234	245	209
Cl ⁻	306	247	197	311	251	203
Ca ⁺⁺	162	177	129	115	91	89
Mg ⁺⁺	81	54	33	21	18	17
Na ⁺	128	273	227	207	169	137
K ⁺	3	3	4	5	5	6,5
TH	14,9	13,4	9,2	7,5	6,1	5,9
TA	0	0	0	0,4	1,8	0
TAC	9,2	11	2	2,2	4,5	1,1

ANNEXE 1

Tableau 24: (suite)

Lieu Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature...°C	14	18	17	16	14
pH	8,10	8,40	8,20	8,1	8
Conductivité...mS/cm	2,04	1,54	1,46	1,39	2,89
O ₂ dissous...mg/l	2,9	8,1	10,6	10,1	8 ,3
DBO ₅	79,8	29,1	1,16	16,4	27,4
DCO	182	140	5,8	65,5	123
NH ₄ ⁺	13,01	1,734	0,520	7,716	9,417
NO ₃ ⁻	79,52	9,034	2,923	11,02	12,86
NO ₂ ⁻	3,384	0,338	0,058	0,322	0,286
PO ₄ ²⁻	8,904	0,932	0,004	1,230	0,306
SO ₄ ²⁻	380	301	248	265	221
Cl ⁻	256	249	262	253	299
Ca ⁺⁺	139	130	128	115	212
Mg ⁺⁺	51	49	35	32	44
Na ⁺	140	116	134	131	324
K ⁺	12	9	7	6	4
TH	11,2	10,5	9,3	8,5	14,3
TA	0	0,7	0	0	0
TAC	2,1	3,6	2,4	2	6,1

ANNEXE 1

Tableau 25: Valeurs des paramètres étudiés
(Décembre 1988)

Lieu Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Température...°C	12	12	27	14	13	15
pH	7,9	7,8	7,6	7,7	8,0	8,0
Conductivité...mS/cm	1,63	1,41	1,17	1,23	1,08	1,30
O ₂ dissous...mg/l	12,9	9,1	5,6	9,1	5,2	2,9
DBO ₅	26,9	21,2	7,8	3,5	20,4	59,4
DCO	78,5	93,4	31,2	18,9	68,9	170,5
NH ₄ ⁺	1,3	5,900	1,513	0,599	2,823	8,332
NO ₃ ⁻	1,201	6,700	16,99	6,403	32,15	50,13
NO ₂ ⁻	0,181	0,161	0,187	0,233	1,082	3,095
PO ₄ ²⁻	0,070	0,100	1,100	2,000	5,821	7,610
SO ₄ ²⁻	179	235	241	218	298	218
Cl ⁻	207	195	150	200	205	228
Ca ⁺⁺	129	118	98	106	76	105
Mg ⁺⁺	64	53	19	14	17	39
Na ⁺	138	114	105	102	86	78
K ⁺	4	5	6	7	6	7
TH	11,8	10,3	6,5	6,5	5,2	8,5
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	6,5	4,5	1,4	1,1	1,0	1,1

ANNEXE 1

Tableau 25: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature... °C	13	11	12	12	13
pH unité	7,9	7,95	7,7	8,2	8,4
Conductivité... mS/cm	1,34	1,48	0,98	0,84	1,06
O ₂ dissous... mg/l	3,1	11,4	11,9	8,8	10,6
DBO ₅ mg/l	59,3	21,5	12,5	22,4	17
DCO mg/l	111	83,2	49,7	93,2	94
NH ₄ ⁺ mg/l	12,01	6,101	0,283	4,168	1,120
NO ₃ ⁻ mg/l	51,81	5,41	1,794	3,702	6,204
NO ₂ ⁻ mg/l	3,095	0,043	0,033	0,049	0,082
PO ₄ ²⁻ mg/l	10,83	6,404	0,305	3,172	1,321
SO ₄ ²⁻ mg/l	304	282	212	184	240
Cl ⁻ mg/l	248	280	150	164	220
Ca ⁺⁺ mg/l	115	80	60	58	82
Mg ⁺⁺ mg/l	31	48	35	25	41
Na ⁺ mg/l	145	160	74	74	86
K ⁺ mg/l	12	10	5	5,5	6
TH meq/l	8,3	8,0	5,9	5,0	7,5
TA meq/l	0	0	0	0	0,3
TAC meq/l	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0

ANNEXE 1

Tableau 26: Valeurs des paramètres étudiés
(Janvier 1989)

Lieu Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature...°C	12	14	29	11	11	12
pHunité	7,75	7,9	7,5	7,9	8,0	8,25
Conductivité...mS/cm	1,79	1,82	1,20	1,32	1,31	1,73
O ₂ dissous....mg/l	14,8	15,8	5,4	9,7	5,6	3,1
DBO ₅mg/l	25,6	16,5	3,4	7,3	36,4	41,7
DCOmg/l	70,0	70,0	20,0	40,0	140	70,0
NH ₄ ⁺mg/l	1,60	6,30	1,511	0,721	3,005	7,300
NO ₃ ⁻mg/l	1,504	7,60	17,06	10,30	28,65	63,67
NO ₂ ⁻mg/l	0,059	0,233	0,325	0,226	1,727	3,246
PO ₄ ²⁻mg/l	0,051	0,040	0,906	1,000	5,703	6,517
SO ₄ ²⁻mg/l	138	264	266	390	430	346
Cl ⁻mg/l	257	210	110	298	169	200
Ca ⁺⁺mg/l	127	125	102	159	110	119
Mg ⁺⁺mg/l	63	62	14	54	36	41
Na ⁺mg/l	133	130	108	103	119	102
K ⁺mg/l	9	11	13	12	14	16
THmeq/l	11,6	11,4	6,3	12,3	8,5	9,0
TAmeq/l	0	0	0	0	0	0
TACmeq/l	6,3	5,9	2,1	1,3	0,8	1,0

ANNEXE 1

Tableau 26: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature...°C	14	12	12	10	10
pH	7,9	7,9	8,0	8	8
Conductivité...mS/cm	2,15	1,52	0,99	0,97	1,14
O ₂ dissous....mg/l	10,8	14,0	9,4	8,4	13,5
DBO ₅	38,9	13,5	3,0	17,9	14,9
DCO	75,5	58,8	11,2	67,0	67,1
NH ₄ ⁺	10,01	8,324	0,370	5,156	1,044
NO ₃ ⁻	64,11	8,410	3,527	5,021	18,33
NO ₂ ⁻	3,263	0,197	0,014	0,164	0,246
PO ₄ ²⁻	6,504	1,430	0,301	1,842	0,922
SO ₄ ²⁻	420	309	203	178	224
Cl ⁻	328	295	200	163	194
Ca ⁺⁺	154	116	74	73	86
Mg ⁺⁺	34	31	25	24	43
Na ⁺	200	148	82	81	98
K ⁺	18	15	13	10,0	6
TH	10,5	8,4	5,8	5,7	7,9
TA	0	0	0	0	0
TAC	1,0	1,0	1,0	0,9	2,4

ANNEXE 1

Tableau 27: Valeurs des paramètres étudiés
(Février 1989)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature... °C	10	10	27	11	12	13
pH	8,00	7,9	7,7	8,2	8,2	7,90
Conductivité... mS/cm	2,08	2,58	1,37	1,25	1,07	1,13
O ₂ dissous... mg/l	13,5	14,2	5,6	9,7	5,4	3,2
DBO ₅	22,5	18,1	9,0	3,5	8,9	43,8
DCO	51,4	59,5	49,5	19,5	59,5	79,0
NH ₄ ⁺	1,81	7,30	1,720	0,611	4,066	7,501
NO ₃ ⁻	2,1	8,1	19,08	7,901	27,65	61,81
NO ₂ ⁻	1,584	1,551	1,482	0,709	2,755	4,643
PO ₄ ²⁻	0,045	0,05	0,99	0,723	5,402	6,812
SO ₄ ²⁻	95	109	161	180	193	130
Cl ⁻	282	225	180	257	136	215
Ca ⁺⁺	124	127	126	109	89	102
Mg ⁺⁺	62	63	15	19	16	16
Na ⁺	140	222	122	118	94	100
K ⁺	3	4	4	6	8	10
TH	11,4	11,6	7,6	7,0	5,8	6,4
TA	0	0	0	0	0	0
TAC	6,1	9,2	4,2	1,2	0,9	1,0

ANNEXE 1

Tableau 27: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature... °C	11	13	12	12	11
pH	7,7	7,9	7,60	7,8	8
Conductivité... mS/cm	1,97	1,53	1,31	1,34	2,34
O ₂ dissous... mg/l	3,3	10,6	12,9	11,1	12,2
DBO ₅	46,1	11,3	6,6	14,4	13,6
DCO	79,8	53,2	26,6	53,2	53,2
NH ₄ ⁺	10,44	12,40	0,10	5,135	6,562
NO ₃ ⁻	60,05	10,43	0,75	10,21	44,29
NO ₂ ⁻	4,643	1,429	1,019	1,022	0,706
PO ₄ ²⁻	5,300	1,222	0,289	1,321	1,661
SO ₄ ²⁻	195	163	169	185	162
Cl ⁻	309	271	254	204	280
Ca ⁺⁺	125	118	116	114	168
Mg ⁺⁺	34	23	21	26	37
Na ⁺	175	160	150	146	188
K ⁺	15	13	11	9	7
TH	9,1	7,8	7,6	7,9	12,0
TA	0	0	0	0	0
TAC	3,3	4,2	3,9	3,4	6,5

ANNEXE 1

Tableau 28: Valeurs des paramètres étudiés
(Mars 1989)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature...°C	10	*	30	13	13	13
pH	7,75	*	7,5	8,0	7,9	8,4
Conductivité...mS/cm	1,60	*	0,95	0,78	0,87	1,25
O ₂ dissous....mg/l	9,3	*	5,2	9,2	5,2	3,0
DBO ₅	19,6	*	18,1	25,3	13,1	192,4
DCO	66,8	*	81,5	29,6	66,7	148,2
NH ₄ ⁺	2,00	*	1,72	0,814	5,020	9,412
NO ₃ ⁻	3,1	*	24,82	9,541	45,62	81,89
NO ₂ ⁻	0,217	*	0,338	0,325	3,675	5,632
PO ₄ ²⁻	0,052	*	0,90	0,401	4,301	6,403
SO ₄ ²⁻	87	*	107	167	269	201
Cl ⁻	197	*	130	117	128	169
Ca ⁺⁺	129	*	73	69	91	89
Mg ⁺⁺	64	*	23	18	29	29
Na ⁺	158	*	74	73	79	86
K ⁺	5	*	9	8	7	9
TH	11,1	*	5,6	5,0	6,9	6,9
TA	0	*	0	0	0	1,2
TAC	6,5	*	2,7	1,4	1,0	3,4

ANNEXE 1

Tableau 28: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature...°C	15	15	15	16	15
pH	8,1	8,0	7,8	7,9	8
Conductivité...mS/cm	1,06	1,07	0,93	0,54	1,07
O ₂ dissous...mg/l	3,0	10,0	12,0	10,2	9,4
DBO ₅	71,2	26,1	6,8	33,8	35,2
DCO	148,2	108,0	36,7	117	177
NH ₄ ⁺	11,83	5,53	0,115	6,984	0,438
NO ₃ ⁻	83,07	6,022	6,223	4,021	9,318
NO ₂ ⁻	5,671	2,339	0,090	2,661	2,622
PO ₄ ²⁻	8,004	2,642	0,211	2,758	0,919
SO ₄ ²⁻	155	131	128	118	128
Cl ⁻	252	231	99,7	220	130
Ca ⁺⁺	97	69	49	47	77
Mg ⁺⁺	33	49	45	29	46
Na ⁺	105	71	61	48	82
K ⁺	15	13,5	7,5	7,8	6
TH	7,6	7,5	6,2	4,8	7,7
TA	0	0	0	0	0
TAC	1,1	2,1	4,1	0,8	5,1

ANNEXE 1

Tableau 29: Valeurs des paramètres étudiés
(Avril 1989)

Lieu Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature...°C	16	*	30	17	19	21
pH	8,35	*	7,7	8,1	8,2	7,8
Conductivité...mS/cm	1,55	*	1,03	1,10	1,15	1,10
O ₂ dissous...mg/l	15,6	*	5,3	8,3	4,5	2,4
DBO ₅	21,3	*	63,7	92,1	128,2	55,6
DCO	70,0	*	560,0	560,0	560	560
NH ₄ ⁺	1,00	*	1,9	0,720	3,240	12,04
NO ₃ ⁻	1,51	*	26,46	6,801	41,11	78,09
NO ₂ ⁻	1,245	*	1,850	0,741	1,684	4,626
PO ₄ ²⁻	0,123	*	0,973	1,0	4,903	6,623
SO ₄ ²⁻	79,4	*	59	107,6	158	96,2
Cl ⁻	201	*	216	220	237	200
Ca ⁺⁺	132	*	93	99	90	84
Mg ⁺⁺	66	*	20	30	23	23
Na ⁺	116	*	96	100	180	98
K ⁺	3	*	4	5	7	7
TH	12,1	*	5,3	7,3	6,4	6,0
TA	1,1	*	0	0	0	0
TAC	10,1	*	2,2	2,5	3,7	2,3

ANNEXE 1

Tableau 29: (suite)

Lieu Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature...°C	16	20	19	20	16
pH	7,8	7,5	7,6	8,0	8,2
Conductivité...mS/cm	1,40	1,18	0,89	0,69	1,11
O ₂ dissous...mg/l	2,9	9,1	10,2	8,9	9,9
DBO ₅	268,3	136,3	2,7	90,1	121
DCO	560	545	16,1	478	478
NH ₄ ⁺	15,25	7,22	0,20	6,214	0,519
NO ₃ ⁻	81,98	8,202	5,525	6,022	9,313
NO ₂ ⁻	4,620	0,434	0,094	0,427	0,365
PO ₄ ²⁻	9,331	2,103	0,267	2,179	0,307
SO ₄ ²⁻	271	265	237	229	211
Cl ⁻	237	229	80	214	170
Ca ⁺⁺	100	71	54	73	79
Mg ⁺⁺	42	59	41	39	47
Na ⁺	102	68	52	54	84
K ⁺	11	10	9	9	7
TH	8,5	8,5	6,1	6,9	7,9
TA	0	0	0	0	0
TAC	1,0	1,0	1,0	1,0	2,3

ANNEXE 1

Tableau 30: Valeurs des paramètres étudiés
(Mai 1989)

Lieu / Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature... °C	22	23	30	25	27	27
pH unité	7,95	7,8	7,5	7,6	7,5	8,5
Conductivité... mS/cm	2,45	2,06	1,16	1,07	1,01	1,09
O ₂ dissous.... mg/l	7,1	10,5	5,4	7,0	3,7	2,2
DBO ₅ mg/l	98,6	82,3	7,9	3,1	142,8	140
DCO mg/l	494	494	49,4	15,6	464	546
NH ₄ ⁺ mg/l	2,60	7,50	1,78	0,800	4,136	9,304
NO ₃ ⁻ mg/l	3,13	9,3	23,40	7,513	49,22	83,00
NO ₂ ⁻ mg/l	0,299	0,332	1,304	0,350	1,904	3,624
PO ₄ ²⁻ mg/l	0,049	0,06	0,882	0,804	5,013	7,102
SO ₄ ²⁻ mg/l	82	94	146	138	188	123
Cl ⁻ mg/l	219	177	157	130	203	174
Ca ⁺⁺ mg/l	140	105	90	94	88	79
Mg ⁺⁺ mg/l	70	52	29	20	19	19
Na ⁺ mg/l	180	205	92	92	92	81
K ⁺ mg/l	3	3	5	6	7	8
TH meq/l	12,8	9,6	6,9	6,4	6,0	5,5
TA meq/l	2,3	0	0	0	0	0,5
TAC meq/l	11,0	8,3	2,1	3,1	1,0	1,9

ANNEXE 1

Tableau 30: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature...°C	25	28	26	27	25
pH	7,9	8,7	8,25	8,75	8,35
Conductivité...mS/cm	1,20	1,29	0,94	0,73	1,16
O ₂ dissous...mg/l	2,3	8,3	9,3	13,1	11,7
DBO ₅	263,1	66,1	41,9	61,9	64,2
DCO	546	294	252	182	182
NH ₄ ⁺	13,42	11,02	0,50	5,071	0,644
NO ₃ ⁻	79,87	16,00	4,32	4,221	2,259
NO ₂ ⁻	3,049	0,263	0,197	0,164	0,099
PO ₄ ²⁻	10,00	14,00	5,000	1,670	0,340
SO ₄ ²⁻	224	236	222	228	238
Cl ⁻	213	206	50	209	197
Ca ⁺⁺	106	76	57	55	88
Mg ⁺⁺	38	53	38	31	42
Na ⁺	99	72	63	59	86
K ⁺	13	11	6	7	6
TH	8,5	8,2	6,0	5,4	7,8
TA	0	1,2	1,3	2,2	1,5
TAC	1,5	3,4	4,7	4,2	4,1

ANNEXE 1

Tableau 31: Valeurs des paramètres étudiés
(Juin 1989)

Lieu Paramètre	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6
Temperature...°C	*	*	31	25	27	22
pH	*	*	7,5	7,7	8,1	8,1
Conductivité...mS/cm	*	*	1,33	1,34	1,18	2,05
O ₂ dissous...mg/l	*	*	4,7	6,6	3,5	1,8
DBO ₅	*	*	7,9	3,0	22,8	66,3
DCO	*	*	41,3	14,3	81,0	149
NH ₄ ⁺	*	*	2,615	1,200	5,231	16,04
NO ₃ ⁻	*	*	1,896	0,704	4,072	5,957
NO ₂ ⁻	*	*	1,896	0,704	5,321	16,04
PO ₄ ²⁻	*	*	0,964	0,734	5,321	7,012
SO ₄ ²⁻	*	*	265	304	280	231
Cl ⁻	*	*	244	263	248	208
Ca ⁺⁺	*	*	99	120	91	94
Mg ⁺⁺	*	*	47	58	31	31
Na ⁺	*	*	100	99	98	95
K ⁺	*	*	9	7	6	9
TH	*	*	8,9	10,8	7,1	7,3
TA	*	*	0	0	0	0
TAC	*	*	1,4	0,8	1,0	1,0

ANNEXE 1

Tableau 31: (suite)

Lieu / Paramètre	N°7	N°8	N°9	N°10	N°11
Temperature...°C	27	26	27	27	22
pHunité	8,0	7,9	7,7	8,0	7,9
Conductivité...mS/cm	1,49	1,36	1,04	1,15	1,29
O ₂ dissous...mg/l	2,1	7,9	8,1	8,5	8,8
DBO ₅mg/l	72,0	33,4	2,0	38,5	27,5
DCOmg/l	150	146	11,5	163	163
NH ₄ ⁺mg/l	18,62	4,103	0,641	3,600	0,531
NO ₃ ⁻mg/l	5,964	0,237	0,023	3,132	4,039
NO ₂ ⁻mg/l	18,62	4,103	0,641	0,273	0,214
PO ₄ ²⁻mg/l	11,44	1,104	0,197	2,145	0,616
SO ₄ ²⁻mg/l	313	306	319	220	410
Cl ⁻mg/l	249	212	189	224	110
Ca ⁺⁺mg/l	101	76	77	81	87
Mg ⁺⁺mg/l	52	65	41	51	58
Na ⁺mg/l	112	82	84	79	93
K ⁺mg/l	19	13	12	10	9
THmeq/l	9,3	9,2	7,3	8,3	9,2
TAmeq/l	0	0	0	0	0
TACmeq/l	1,0	1,0	1,0	1,0	2,5

ANNEXE 2

Tableau 32: Analyse physico-chimiques

PARAMETRES	UNITES	METHODES ANALYTIQUES	PRECISION	RESULTATS Chiffres significatifs
<i>Critères physiques</i>				
Température eau...	°C	Thermomètre, NF T90100...	± 0,2 °C	3
pH.....	pH	Electrométrie, NF T90008	± 0,1	2
Conductivité électrique à 20 °C....	µS/cm	Electrométrie, NF T90031	± 5 %	2
<i>Critères chimiques et biochimiques</i>				
DBO ₅	mg/l d'O ₂	NF T90103.....	»	2
DCO.....	mg/l d'O ₂	NF T90101.....	± 5 mg/l	2
Oxygène dissous immédiat.....	mg/l d'O ₂	WINKLER.....	± 0,2 mg/l	3
Taux de saturation en oxygène.....	%	NF T90032.....	± 5 %	2
K ⁺	mg/l	T90020.....	± 5 %	3
Na ⁺	mg/l	T90010.....	± 5 %	3
Ca ⁺	mg/l	Complexométrie E.D.T.A.	± 10 %	3
Mg ⁺⁺	mg/l	NF T90005.....	± 10 %	3
NH ₄ ⁺	mg/l	NF T90013.....	± 5 %	2
NO ₂ ⁻	mg/l	NF T90012.....	± 10 %	2
NO ₃ ⁻	mg/l	NF T90014.....	± 10 %	2
Cl ⁻	mg/l	NF T90015.....	± 5 %	3
SO ₄ ⁻⁻	mg/l	Néphélométrie.....	± 5 %	3
PO ₄ ⁻⁻	mg/l	NF T90023.....	± 0,05 %	2

- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1]: VAILLANT J.R.

Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution. Contrôle de déversement d'eaux polluées. Ed. Eyrolles. Paris 1973

[2]: DUBOURG P.

Agonia Revu. Science et vie. Cit Forum. 3, 11, 37. (1975)

[3]: BENTOUX J.

Introduction à l'étude des eaux douces - Chapitre VIII: Méthodologie d'étude d'une eau superficielle - Tribune du CEBEDEAU. Vol. 36, N°474, pp 247-257

[4]: MERLET N.

Etude des paramètres de la demande chimique en oxygène et participation de différents composés organiques à la valeur des critères globaux de la pollution. Thèse de Doctorat de 3^{eme} cycle, Université de Poitiers, 1974, N°532, 60 p.

[5]: "NORMES EUROPEENES APPLICABLES A L'EAU DE BOISSON"

Organisation, Mondiale de la santé, Genève, 2^e édition, (1971)

- [6]: AGENCE FINANCIERE DE BASSIN "SEINE NORMANDIE". Etude du paramètre carbone organique total dans les eaux.
Par B.LANGLAIS et M. DORE. Déc. 1980.
- [7]: DAJOZ R.
Précis d'écologie, GAUTIERS-VILLARS, (1975)
- [8]: RAMADE F.
Elément d'écologie appliquée, EDISCIENCE, (1974)
- [9]: BENNETON J.P.
Eutrophisation des plans d'eau. Inventaire des principales sources des substances nutritives azotées et phosphorées. Etude bibliographique
Tribune du CEBEDEAUX, vol. 39, N°506, pp. 15-26
- [10]: VOLLENWEIDER R.A.
Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation.
Revue Technique de l'eau n°292 à 299 en 1971 (résumés du document OCDE Paris - 30 septembre 1970 - 214 pages).
- [11]: VILA J.M.
Carte structurale au 1/500.000 de la chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins Algero-Tunisiens.
Publiée avec le concours du C.N.R.S. et B.E.I.C.E.P. (1978)

[12]: D.E.M.R.H.

Méthodes d'analyses des sols et des eaux.

Manuel interne, D.E M.R.H. Alger (1978)

[13]: DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES FORETS,
SOUS DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES FORETS.

Constat sur l'environnement urbain et rural dans la
wilaya de Constantine et nature des pollutions
industrielles situation unité par unité visitée.

Fev. 1986.

[14]: CENTRE UNIVERSITAIRE DE RECHERCHES D'ETUDES ET DE
REALISATION

Rapport sur le surveil de la pollution organique du
Rhumel et du BOUMERZOUG durant la période
de septembre 1975-juillet 1977. Aou. 1977

[15]: DELEU Y.

Approches raisonnées de la conception de systèmes
de surveillance de la qualité de l'eau de surface
Tribune du CEBEDEAU, Vol. 37, N° 484, pp.63-73 (1984)

[16]: Afnor

eaux méthodes d'essai

Recueil de norme française, Paris 1986.

- [17]: NORME AFNOR NF T 90-008 Août 1980
Mesure Electrométrique du pH avec l'électrode de verre.
- [18]: NORME AFNOR NF T 90-031 Décembre 1977
Détermination de la résistivité - ou de la conductivité -
Electrique
- [19]: NORME AFNOR NF T 90-106 Novembre 1973
Dosage de l'oxygène dissous.
- [20]: NORME AFNOR NF T 90-036 Juillet 1977
Détermination de l'alcalinité (titre alcalimétrique et
titre alcalimétrique complet).
- [21]: NORME AFNOR NF T 90-003 Août 1984
Détermination de la concentration totale en calcium et
magnésium - Méthode titrimétrique à l'EDTA.
- [22]: NORME AFNOR NF T 90-016 Août 1984
Dosage du calcium - Méthode titrimétrique à l'EDTA
- [23]: NORME AFNOR NF T 90-019 Août 1984
Dosage du sodium et du potassium - Méthode par
spectrométrie d'émission de flamme.
- [24]: RODIER J.
L'analyse de l'eau. DUNOD, Paris 1984.

[25]: NORME AFNOR NF T 90-014 Février 1952

Dosage des ions chlores

[26]: NORME AFNOR NF T 90-013 Novembre 1985

Dosage des nitrites - Méthode par spectrométrie
d'absorption moléculaire.

[27]: NORME AFNOR NF T 90-012 Août 1975

Dosage des nitrates.

[28]: NORME AFNOR NF T 90-015 Août 1975

Dosage de l'azote ammoniacal.

[29]: NORME AFNOR NF T 90-023 Septembre 1982

Dosage des orthophosphates des polyphosphates et du
phosphore total (Méthode spectrométrique).

[30]: NORME AFNOR NF T 90-101 Septembre 1971

Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)
(Méthode par le dichromate de potassium).

[31]: NORME AFNOR NF T 90-103 Décembre 1975

Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO).

[32]: PITREBOIS L., DE SCHEPPER H.

La qualité des eaux du Haut-Escaut depuis la frontière
française jusqu'à Gand:

Influence de la pollution transfrontière

Tribune du CEBEDEAU, Vol. 35, N° 461, pp. 181-186 (1982).

[33]: BILLEN G., ELSKENS I. et SMITZ J.

Effet de la température dans les modèles chimiques et écologiques. Dans: NIHOUL J. G. J. et WOLLAST R., 1976: L'estuaire de l'Escaut, Service du premier Ministre, Bruxelles (1976)

[34]: VALIQUETTE L., BERON P. et BRIERE F.

Proposition d'une grille de critères de qualité de l'eau en fonction de ses usages.

Tribune du CEBEDEAU, Vol.34, N° 447, pp. 59-65 (1981)

[35]: OLUWANDE P.A., SRIDHAR M.R.C., BAMMEKE A.O.

Pollution levels in some Nigerian rivers.

Water Research, Vol. 17, N° 9, pp. 957-963 (1983)

[36]: EMMERSON W.D.

The nutrient status of the Sundays river Estuary South Africa.

Water Research, Vol 23, N° 8, pp. 1059-1067 (1989)

[37]: Degrément

Mémento Technique de l'eau, Paris 1978.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
<u>PARTIE 1: SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....</u>	<u>3</u>
1.1- OXYGÈNE DISSOUS (O_2).....	3
1.2- PRÉSENTATION DES CRITÈRES GLOBAUX ET CYCLE DU.....	
CARBONE.....	5
1.2.1- LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE (DCO).....	5
1.2.2- LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGÈNE (DBO).....	6
1.2.3- L'OXYDABILITÉ EN FERMANGANATE.....	6
1.2.4- LE CARBONE ORGANIQUE TOTAL (COT).....	6
1.2.5- LA DEMANDE TOTAL EN OXYGÈNE (DTO).....	6
1.2.6- LE CYCLE DU CARBONE DANS LES EAUX DE.....	
SURFACE.....	6
1.2.6.1- LES TRANSFERTS DE GAZ CARBONIQUE... ENTRE ATMOSPHERE ET LITHOSPHERE...9	
1.2.6.1.1- LES ÉQUILIBRES CALCO- CARBONIQUES.....	10
1.2.6.2- TRANSFERT DU CARBONE MINÉRAL EN... CARBONE ORGANIQUE.....	11
1.2.6.2.1- LA PHOTOSYNTHESE.....	11
1.2.6.2.2- LA CHIMIOSYNTHESE.....	13
1.2.6.3- ÉVOLUTION DU CARBONE ORGANIQUE EN.. CARBONE MINÉRAL.....	13
1.2.6.3.1- LA RESPIRATION.....	

CELLULAIRE.....	13
1.2.6.3.2- LA FERMENTATION.....	14
1.2.6.3.3- L'HUMIFICATION.....	15
1.3- ORIGINE ET FORMES DE L'AZOTE DANS L'EAU.....	17
1.3.1- LE CYCLE DE L'AZOTE - ORIGINE DES NUTRIENTS AZOTES.....	17
1.3.1.1- ORIGINES PRINCIPALES DES IONS NITRATES.....	18
1.3.1.2- EVOLUTION DE LA STRUCTURE CHIMIQUE DE L'AZOTE.....	
POUR ABOUTIR A L'ION NITRATE.....	19
1.3.1.3- CYCLE D'ABSORPTION DE L'ION NITRATE.....	19
1.4- CYCLE DU PHOSPHORE - ORIGINE ET FORME DES NUTRIENTS	
PHOSPHORES.....	21
1.4.1- FILIERES DE PRODUCTION.....	21
1.4.2- PRINCIPALES ORIGINES DES IONS PHOSPHATES.....	22
1.4.2.1- LE PHOSPHORE ELEMENT INDISPENSABLE A LA VIE.....	22
1.4.2.2- LE PHOSPHORE ELEMENT MAJEUR DU DEVELOPPEMENT.....	
VEGETAL.....	23
1.4.2.3- LE PHOSPHORE ET LES DETERGENTS.....	23
1.4.2.4- LE CYCLE DU PHOSPHORE.....	24
1.4.2.5- FORMES DU PHOSPHORE.....	26
1.5- LES COMPOSES MINERAUX.....	27
1.5.1- LES ELECTROLYTES MINERAUX.....	28
1.5.1.1- LES ELEMENTS FONDAMENTAUX.....	28
1.5.1.2- LES ELEMENTS CARACTERISTIQUES.....	29
<u>PARTIE 2: SITUATION DU TERRAIN D'ETUDE.....</u>	<u>30</u>
2.1- LE MILIEU.....	30
2.1.1- LE BASSIN VERSANT.....	30
2.1.1.1- LOCALISATION GEOGRAPHIQUE.....	30

2.1.1.2-	GEOLOGIE.....	32
2.1.1.3-	GEOMORPHOLOGIE.....	34
2.1.1.4-	CLIMATOLOGIE.....	35
2.1.2-	ASPECTS HYDROLOGIQUES DE L'OUED RHUMEL ET KEBIR.....	36
2.2-	ENVIRENEMENT URBAIN ET RURAL DANS LA WILAYA DE CONSTANTINE.....	39
2.2.1-	PRESENTATION DE LA WILAYA.....	39
2.2.1.1-	AU POINT DE VUE AGGLOMERATION.....	39
2.2.1.2-	AU POINT DE VUE UNITES INDUSTRIELLES.....	40
2.2.1.3-	CONCLUSION.....	40
2.2.2-	DIFFERENTS TYPES D'INDUSTRIES DANS LA WILAYA.....	41
2.2.2.1-	INDUSTRIE MECANIQUE.....	41
2.2.2.2-	INDUSTRIE DE LAIT ET DERIVES.....	41
2.2.2.3-	UNITE TEXTILE.....	41
2.2.2.4-	CIMENTERIE ET BRIQUETERIE.....	41
2.2.2.5-	UNITES ERCP.....	42
2.2.2.6-	BOULANGERIE - MINOTERIE - BISCUITERIE.....	42
2.2.2.7-	INDUSTRIE DE BOISSON.....	42
2.2.2.8-	INDUSTRIE DE TABAC ET ALLUMETTE.....	42
<u>PARTIE 3:</u>	<u>EXPERIMENTATION.....</u>	<u>43</u>
3.1-	CONDITIONS EXPERIMENTALES.....	43
3.1.1-	LES POINTS DE PRELEVEMENTS.....	43
3.1.2-	les moments de prelevements.....	45
3.1.3-	METHODE DE PRELEVEMENT.....	46
3.1.4-	PARAMETRES MESURES.....	46
3.1.5-	LABORATOIRE D'ANALYSE.....	48
3.2-	METHODES D'ANALYSES.....	48

3.2.1-	PARAMETRES DE BASE.....	48
3.2.1.1-	LA TEMPERATURE DE L'EAU (T).....	48
3.2.1.2-	LE pH.....	49
3.2.1.3-	LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE).....	51
3.2.1.4-	L'OXYGENE DISSOUS (O_2).....	52
3.2.2-	PARAMETRES GEOCHIMIQUES.....	53
3.2.2.1-	L'ALCALINITE (TA ET TAC).....	53
3.2.2.2-	LA DURETE TOTALE (TH).....	54
3.2.2.3-	LE CALCIUM (Ca^{2+}).....	54
3.2.2.4-	LE MAGNESIUM (Mg^{2+}).....	55
3.2.2.5-	LE SODIUM ET LE POTASSIUM (Na^+ ET K^+).....	55
3.2.2.6-	LES SULFATES (SO_4^{2-}).....	55
3.2.2.7-	LES CHLORURES (Cl^-).....	56
3.2.3-	PARAMETRES FORTEMENT INFLUENCES PAR LES ACTIVITES HUMAINES.....	56
3.2.3.1-	LES NITRITES (NO_2^-).....	56
3.2.3.2-	LES NITRATES (NO_3^-).....	56
3.2.3.3-	L'AMMONIUM (NH_4^+).....	57
3.2.3.4-	LES ORTHOPHOSPHATES (PO_4^{3-}).....	57
3.2.3.5-	LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (DCO).....	58
<u>PARTIE 4:</u>	RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	60
4.1-	PARAMETRES DE BASE.....	60
4.1.1-	LA TEMPERATURE DE L'EAU.....	60
4.1.1.1-	VARIATION TEMPORELLE DE LA TEMPERATURE..... AUX DIFFERENTS POINTS DE PRELEVEMENT.....	61
4.1.1.1.1-	OUED EL-ATHMANIA, OUED SEGUIN ET... EN AVAL DE AIN- SMARA (POINTS N3,..	

N4 ET N5).....	61
4.1.1.1.2- ENTRE DE CONSTANTINE, SORTIE DE CONSTANTINE ET.. GRAREM (POINTS N6, N7 ET N8).....	63
4.1.1.1.3- TISSERIMENE, EL- MILIA ET EMBOUCHURE (POINTS N9, N10 ET N11).....	65
4.1.1.2- VARIATION ESPACIELLE.....	66
4.1.2- LE pH.....	67
4.1.2.1- VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS DE..... PRELEVEMENT.....	67
4.1.2.1.1- OUED ATHMANIA, OUED SEGUIN ET EN AVAL DE..... AIN-SMARA (POINTS N3, N4 ET N5).....	67
4.1.2.1.2- CONSTANTINE (POINTS N6 ET N7) ET GRAREM..... (POINT N8).....	69
4.1.2.1.3- TISSERIMENE, EL MILIA ET EMBOUCHURE..... (POINTS N9, N10 et N11).....	71
4.1.2.2- VARIATION ESPACIELLE.....	72
4.1.3- LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE).....	73
4.1.3.1- VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS DE..... PRELEVEMENT.....	73
4.1.3.1.1- OUED ATHMANIA, OUED SEGUIN ET EN AVAL DE AIN-SMARA (POINTS N3, N4 ET N5).....	73
4.1.3.1.2- ENTRE DE CONSTANTINE, SORTIE DE CONSTANTINE..... ET GRAREM (POINTS N6, N7 et N8).....	75
4.1.3.1.3- TISSERIMENE, EL-MILIA ET EMBOUCHURE (POINTS N9, N10 ET N11).....	76
4.1.3.2- VARIATION ESPACIELLE.....	78

N4 ET N5).....	61
4.1.1.1.2- ENTRE DE CONSTANTINE, SORTIE DE CONSTANTINE ET.. GRAREM (POINTS N6, N7 ET N8).....	63
4.1.1.1.3- TISSERIMENE, EL- MILIA ET EMBOUCHURE (POINTS N9, N10 ET N11).....	65
4.1.1.2- VARIATION ESPACIELLE.....	66
4.1.2- LE pH.....	67
4.1.2.1- VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS DE..... PRELEVEMENT.....	67
4.1.2.1.1- OUED ATHMANIA, OUED SEGUIN ET EN AVAL DE..... AIN-SHARA (POINTS N3, N4 ET N5).....	67
4.1.2.1.2- CONSTANTINE (POINTS N6 ET N7) ET GRAREM..... (PPOINT N8).....	69
4.1.2.1.3- TISSERIMENE, EL MILIA ET EMBOUCHURE..... (PPOINTS N9, N10 et N11).....	71
4.1.2.2- VARIATION ESPACIELLE.....	72
4.1.3- LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE (CE).....	73
4.1.3.1- VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS DE..... PRELEVEMENT.....	73
4.1.3.1.1- OUED ATHMANIA, OUED SEGUIN ET EN AVAL DE AIN-SHARA (POINTS N3, N4 ET N5).....	73
4.1.3.1.2- ENTRE DE CONSTANTINE, SORTIE DE CONSTANTINE..... ET GRAREM (POINTS N6, N7 et N8).....	75
4.1.3.1.3- TISSERIMENE, EL-MILIA ET EMBOUCHURE (POINTS N9, N10 ET N11).....	76
4.1.3.2- VARIATION ESPACIELLE.....	78

4.1.4-	L'OXYGENE DISSOUS (O_2).....	79
4.1.4.1-	VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS DE..... PRELEVEMENT.....	79
4.1.4.2-	VARIATION ESPACIELLE.....	82
4.2-	PARAMETRES GEOCHIMIQUES.....	84
4.2.1-	TITRES HYDROTIMETRIQUES ET ALCALIMETRIQUES.....	84
4.2.1.1-	VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS DE..... PRELEVEMENT.....	84
4.2.1.1.1-	OUED ATHMANIA, OUED SEGUIN ET EN AVAL DE..... AIN-SMARA (POINTS N3, N4 ET N5).....	84
4.2.1.1.2-	ENTRE DE CONSTANTINE, SORTIE DE CONSTANTINE.. ET GRAREM (POINTS N6, N7 ET N8).....	86
4.2.1.1.3-	TISSERIMENE, EL-MILIA ET EMBOUCHURE (POINTS.. N9, N10 ET N11).....	88
4.2.1.2-	VARIATION ESPACIELLE.....	90
4.2.2-	LES CHLORURES ET LES SULFATES.....	91
4.2.2.1-	VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS DE..... PRELEVEMENT.....	91
4.2.2.1.1-	OUED ATHMANIA, OUED SEGUIN ET EN AVAL DE..... AIN-SMARA (POINTS N3, N4 ET N5).....	91
4.2.2.1.2-	ENTRE, SORTIE DE CONSTANTINE ET GRAREM..... (PPOINTS N6, N7 ET N8).....	94
4.2.2.1.3-	TISSERIMENE, EL-MILIA ET EMBOUCHURE..... (PPOINTS N9, N10 ET N11).....	96
4.2.2.2-	VARIATION ESPACIELLE.....	99
4.2.3-	LE CALCIUM, LE SODIUM, LE MAGNESIUM ET LE POTASSIUM...101	

4.2.3.1-	VARIATION TEMPORELLE AUX DIFFERENTS POINTS.....	
	DE PRELEVEMENT.....	101
4.2.3.2-	VARIATION ESPACIELLE.....	114
4.3-	PARAMETRES FORTEMENT INFLUENCES PAR LES ACTIVITES.....	
	HUMAINES.....	118
4.3.1-	LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE ET LA DEMANDE.....	
	CHIMIQUE EN OXYGENE (DBO ET DCO).....	118
4.3.1.1-	VARIATION TEMPORELLE DE LA DEMANDE BIOCHIMIQUE.....	
	ET DE LA DEMANDE CHIMIQUE AUX DIFFERENTS POINTS DE	
	PRELEVEMENT.....	118
4.3.1.2-	VARIATION ESPACIELLE.....	128
4.3.2-	LES NITRATES, NITRITES, AMMONIUM ET LES.....	
	ORTHOPHOSPHATES.....	133
4.3.2.1-	VARIATION TEMPORELLE DES FORMES DE L'AZOTE ET.....	
	DU PHOSPHORE AUX DIFFERENTS POINTS DE PRELEVEMENT..	
	SUR LE RIVER.....	133
4.3.2.1.1	OUED ALHAGHATA, OUED SEGUIN ET EN AVAL DE...	
	AIN-SHARA (POINTS N3, N4 ET N5).....	133
4.3.2.1.2-	ENTRE DE CONSTANTINE, SORTIE DE	
	CONSTANTINE ET GRAREM (POINTS N6, N7 ET	
	N9).....	138
4.3.2.1.3-	TISSERIMENE, EL-MILIA ET EMOUCHURE.....	
	(POINTS N9, N10 ET N11).....	144
4.3.2.1.3.1-	TISSERIMENE (POINT N9).....	144
4.3.2.1.3.2-	EL-MILIA (POINT N10).....	145
4.3.2.1.3.3-	EMOUCHURE (POINT N11).....	146
4.3.2.2	VARIATION ESPACIELLE DES FORMES MINERALES DE.....	

L'AZOTE ET DES ORTHOPHOSPHATES AUX DIFFERENTS.....	
POINTS DE PRELEVEMENT SUR LE RHUMEL.....	152
CONCLUSION GENERALE.....	155
ANNEXE 1.....	158
ANNEXE 2.....	198
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	199