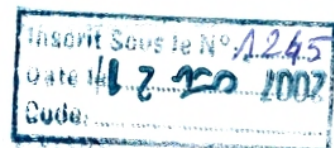


Mhg/591.5-18/01

UNIVERSITE DE TLEMCEN

Institut de Biologie

**THESE**



*Pour Obtenir le diplôme de*

**MAGISTER**

" ECOLOGIE ANIMALE "

" Hydrobiologie "

*Par*

**Nouria BELAIDI - ALIANE**

**ETUDE DE LA SALINITE DANS LE BASSIN  
VERSANT DE LA TAFNA ET SON INFLUENCE  
SUR QUELQUES ORGANISMES BENTHIQUE**

*Soutenue le Novembre 1992 devant le jury*

MM. N. LEUTREUCH  
J. GAGNEUR  
A. L. ROUX  
A. THOMAS  
D. DEBOUZIE

Président  
Rapporteur  
Examinateur  
Examinateur  
Examinateur

## **REMERCIEMENTS**

Je témoigne ma reconnaissance à Monsieur **J. GAGNEUR**, Maître de Conférence à l'Université Paul Sabatier qui n'a cessé de suivre avec intérêt le déroulement de mes travaux. Ses avis ont été pour moi un précieux encouragement.

Je témoigne ma gratitude à :

Monsieur **N. LEUTREUCH**, Maître de Conférence à l'Université de Tlemcen, pour avoir accepté de présider ce jury.

Monsieur **A.L. ROUX**, Professeur à l'Université Claude Bernard, qui m'a si aimablement accueillie dans son laboratoire et accordée toutes facilités pour l'analyse bibliographique.

Monsieur **D. DEBOUZIE**, Professeur à l'Université Claude Bernard, pour son aide précieuse en informatique et en statistique.

Monsieur **A. THOMAS**, Professeur à l'Université Paul Sabatier, qui a bien voulu accepter de juger ce travail.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>PREMIERE PARTIE : Etude sur le terrain</b>	
<b>1. PRESENTATION DU MILIEU</b> .....	3
<b>2. MATERIELS ET METHODES</b> .....	8
2.1. Physico-chimie .....	8
2.2. Méthodes statistiques .....	9
<b>3. RESULTATS</b> .....	10
3.1. Température .....	10
3.2. Chlorures .....	10
3.3. Conductivité .....	12
3.4. Nitrates .....	13
3.5. Nitrites .....	13
3.6. Oxygène .....	15
3.7. pH .....	15
3.8. Dureté .....	16
3.9. Traitement statistique .....	16
3.9.1. AFC .....	16
3.9.2. Classification hiérarchique et agrégation au tour de centres mobiles .....	18
3.10. Composition de l'eau de oued Ed-Diab .....	21
<b>4. DISCUSSION - CONCLUSION</b> .....	27
<b>DEUXIEME PARTIE : Influence de la salinité et de la température sur les organismes benthiques</b>	
<b>1. MATERIELS ET METHODES</b> .....	31
1.1. Les espèces testées .....	31
1.2. Protocole expérimental .....	34
1.2.1. Dispositif expérimental .....	34
1.2.2. Influence de la température .....	36
1.2.3. Influence du NaCl .....	36
- Effet immédiat .....	37
- Test de 24H .....	37

1.3. Méthodes statistiques .....	38
1.3.1. Anova 1 .....	38
1.3.2. Test de Student .....	38
1.3.3. Anova 2 .....	39
<b>2. RESULTATS .....</b>	<b>40</b>
2.1. Effet de la température .....	40
2.2. Effet immédiat du NaCl .....	42
2.3. Effet combiné du NaCl et de la température .....	46
2.4. Test de 24 heures .....	47
<b>3. DISCUSSION .....</b>	<b>51</b>
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>57</b>
<b>ANNEXE</b>	

## Introduction

Les causes de la raréfaction et de la banalisation de la faune observées dans la partie aval des oueds doivent être recherchées dans les modifications importantes de plusieurs paramètres physico-chimiques, notamment la température et la salinité de l'eau.

En effet, les oueds nord-africains sont caractérisés par une eau très chaude en été favorisant, une évaporation intense qui entraîne la concentration des sels (Boumaïza, 1985; Giudicelli et al, 1985). Dans le réseau hydrographique de la Tafna, la pollution d'origine urbaine et industrielle vient s'ajouter à la minéralisation naturelle des eaux.

De plus, en Algérie nous rencontrons fréquemment des oueds salés. L'origine de la salure de l'eau est à rechercher dans le drainage de terrains salifères Eocène (Coquand, 1846; Gentil, 1903). Gentil (1903) cite l'exploitation du sel à Aïn-Tellout (oued Bou-Hadi), par évaporation de l'eau de l'oued, Blanc et Conrad (1968) enregistrent une concentration de 2g/l dans l'oued Saoura au Sahara, alors que 268g/l est atteinte dans l'oued Rharbi (Ville, 1852).

Les augmentations importantes de la température et de la salinité, surtout à partir de la zone de piedmont, nous ont conduit à nous demander si ces facteurs étaient responsables de la distribution particulière de la faune.

Certains auteurs considèrent la température comme un facteur prépondérant dans la distribution des espèces aquatiques (Vaillant, 1967; Decamps, 1968; Hynes, 1970; Pattée, 1980; Perry et al, 1987).

Des études ont montré qu'elle contrôle la durée d'incubation des oeufs (Benech, 1972; Brittain, 1977), le développement larvaire (Lutz, 1968; Scherberger et al, 1977; Sweeney, 1986; Elliot, 1987; SöderStröm, 1988) et la période d'émergence des insectes aquatiques (Nebeker, 1971; Brittain, 1983).

Certaines études portent sur le rôle que peut jouer la salinité

sur la vie aquatique. Albercht (1954), Hawkins et Judd (1972) et Magdych (1984) remarquent que les fortes concentrations en sels engendrent une diminution de la diversité et de la densité de la faune aquatique. De même Crowther et Hynes (1977), ont noté une augmentation importante de la dérive dans le cas de déversement de sels.

D'autre part, des tests ont été fait dans le but de mettre en évidence le seuil de tolérance en sel des organismes aquatiques. Cependant, la plupart des tests ont été réalisés dans une eau stagnante (Anderson, 1948; Dorgelo, 1974; Timmermans, 1975; With et Schors, 1982).

En Afrique du Nord, les seuls travaux expérimentaux consacrés à l'impact de ces deux facteurs sont ceux portant sur le poisson (Kraïem et Pattée, 1980; Kraïem, 1986a; Kraïem et Pattée, 1988).

Dans cette étude, nous avons voulu rechercher les limites de tolérance des organismes benthiques, les plus représentatifs de nos cours d'eau. Pour celà, il était nécessaire d'étudier au laboratoire les réactions des organismes à différentes teneurs en sels et à différentes températures. Ainsi qu'à la recherche d'une possible interaction entre les deux facteurs. Cependant, il fallait, tout d'abord chiffrer les variations amont-aval de ces deux facteurs et déterminer les sels dominants.

A partir des valeurs notées sur le terrain, nous avons établi le protocole expérimental et nous avons une base de données qui permet de faire le lien entre les données de terrains et les résultats expérimentaux.

**PREMIERE PARTIE**  
**ETUDE SUR LE TERRAIN**

## 1. Présentation du milieu

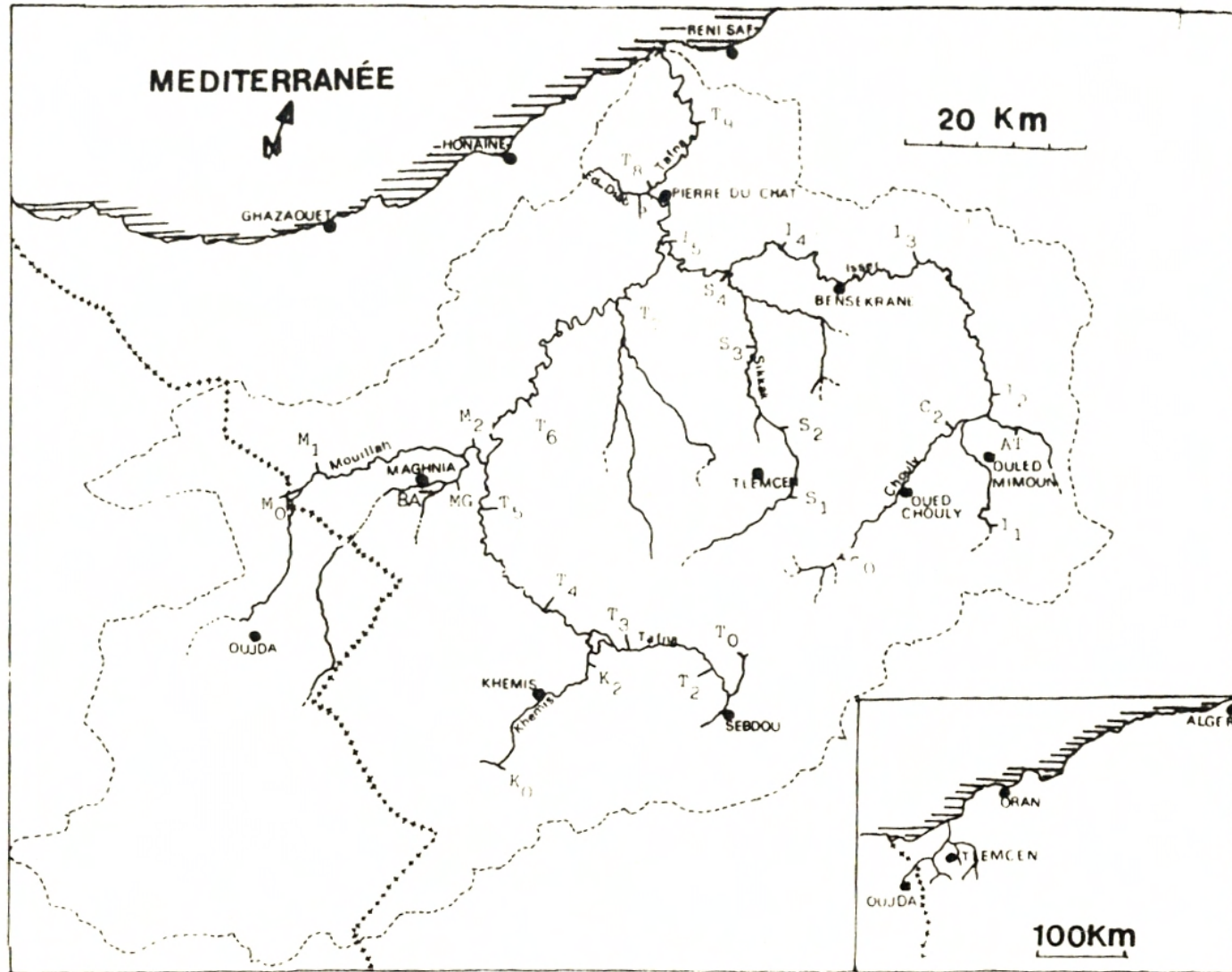
Nous avons prospecté 29 stations appartenant au bassin versant de la Tafna. Le tableau 1 fournit des renseignements complémentaires sur les points de prélèvements et les bassins afférents, donnés dans Gagneur et Thomas (1985, 1988) et Yadi (1991).

Le réseau hydrographique de la Tafna (fig.1) draine un bassin de plus de 7000Km<sup>2</sup>, dont la morphologie change de l'amont vers l'aval. Car les vallées étroites, encaissées et assez boisées de l'amont, s'élargissent et s'ouvrent en aval avec une végétation naturelle réduite, voire absente.

Du point de vue géologique, la partie amont appartient au jurassique supérieur caractérisé par la prédominance des calcaires et les dolomies. Par contre, les vallées limoneuses de l'aval appartiennent au Miocène et au Quaternaire.

Du point de vue bioclimatique, l'étage sub-humide comprend les monts de Tlemcen, alors que vers le Nord la tendance varie du sub-aride à l'aride. D'où une forte évaporation des cours d'eau dans la partie aval, allant jusqu'à leur assèchement en été.

Fig.1 : Carte du bassin versant de la Tafna



**Tableau 1 : Les stations étudiées**

Nom de l'oued	Origine	Importance et caractéristiques	Remarques	Code des stations	Situation géographique	Altitude
Tafna	Région de Sebdoù à 1090m d'altitude.	Cours principal du bassin versant, une longueur de 170km.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Source formée par la résurgence d'une rivière souterraine longue de 10km.</li> <li>- En amont reçoit les rejets de l'usine de Sebdoù.</li> <li>- Toute l'eau du bassin versant amont est retenue par le barrage de Béni-Bahdel et dirigée sur Oran.</li> <li>- En aval reçoit les effluents urbains par l'intermédiaire de ses affluents et sous-affluents (Ouerdeffou, Sikkak).</li> </ul>	<p>T<sub>0</sub> T<sub>1</sub> T<sub>2</sub> T<sub>3</sub> T<sub>4</sub> T<sub>5</sub> T<sub>6</sub> T<sub>7</sub> T<sub>8</sub>  T<sub>9</sub></p>	<p>Aval de Ghar Boumaza. 6km aval de Sebdoù. Amont retenue de Béni-Bahdel. Aval retenue de Béni-Bahdel. Aval Sidi Medjahed. Aval Hammam Boughrara. Aval Zenata. Pierre du chat (aval confluent Oued Ed-Diab). Aval Emir Abdelkader.</p>	<p>1085 830 665 470 300 220 105 45  10</p>
Khémis	Région de Khémis à 1300m d'altitude.	Affluent rive gauche de la haute Tafna, pérenne sur toute sa longueur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se jette dans la retenue de Béni-Bahdel.</li> <li>- Ses eaux sont utilisées pour le rouissage de l'alfa.</li> </ul>	<p>K<sub>0</sub> K<sub>1</sub></p>	<p>Aval Sidi Larbi. Amont retenue Béni-Bahdel.</p>	<p>1045 650</p>

Mouillah	Région d'oujda (oued Isly) (Maroc) à 500m d'altitude.	Affluent rive gauche de la moyenne Tafna, pérenne depuis Oujda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reçoit une perturbation mécanique en amont (installation d'une usine de broyats et de canalisation en béton).</li> <li>- Arrive à l'oued Tafna avec une pollution chimique (détergents).</li> <li>- Pollution organique importante en aval.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>M<sub>0</sub></li> <li>M<sub>1</sub></li> <li>M<sub>2</sub></li> </ul>	Amont usine granulats.	450
					Aval usine granulats, sur la route de Marsa Ben-Mhidi.	405
					Route Maghnia-Hammam Boughrara.	285
Querdeffou	Plaine de Maghnia à 500m d'altitude.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Affluent rive droite de oued Mouillah, naturellement temporaire mais alimenté toute l'année par les effluents.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reçoit les effluents urbains et industriels de la zone de Maghnia.</li> <li>- Fond noirâtre en été.</li> </ul>	MG	Aval Maghnia.	330
El-Abbès	Plaine de Maghnia à 500m d'altitude.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Affluent rive droite de oued Querdeffou, temporaire mais rejets quasi permanents qui l'alimentent.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reçoit les rejets industriels de nature organique (amidon).</li> <li>- Couleur blanchâtre.</li> <li>- Fond noirâtre en été.</li> </ul>	BA	Aval zone industrielle de Maghnia.	360

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Physico-chimie

Chaque paramètre a été mesuré dans chaque station au cours de chacune des 3 périodes choisies, en fonction du débit; les hautes eaux (2 février 1988), les moyennes eaux (12 mars 1988) et l'étiage (6 juillet 1988). Notons que pendant cette dernière période, les mesures étaient impossibles dans certaines stations (T5, I5, S2 et AT) à cause de l'assèchement.

Les principaux paramètres mesurés sont :

- La Température : les relevés de la température de l'eau ainsi que ceux de l'air sont réalisés à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué au 1/10<sup>ème</sup> (°C).
- Le pH : il est mesuré à l'aide de papier pH sur le terrain.
- La conductivité : nous l'avons mesurée grâce à un conductimètre de terrain. Elle est exprimée en  $\mu\text{S/cm}$ .

Les autres paramètres sont mesurés sur le terrain en utilisant les trousseaux d'analyse de type Hach :

- Les chlorures sont mesurés par réduction du bichromate de potassium par le nitrate d'argent. Les résultats sont exprimés en mg/l de  $\text{Cl}^-$
- L'oxygène est dosé d'après la méthode de Winkler et exprimé en % de saturation.
- Les nitrates et les nitrites sont dosés par méthodes colorimétriques en utilisant les disques colorés Hach et exprimés en mg/l de  $\text{N}_2$ .
- L'alcalinité est déterminée par la méthode volumétrique basée sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par l'acide sulfurique dilué en présence d'un indicateur coloré (phénolphtaléine, vert de bromocrésol-rouge de méthyl). Elle est exprimée en mg/l de  $\text{CaCO}_3$ .

D'autres paramètres tels que : dureté non carbonatée, calcium, magnésium, fer, sulfates, sodium et potassium qui sont mesurés uniquement pour l'eau de oued Ed-Diab à cause de son goût salé, sont dosés au laboratoire en utilisant des méthodes tritrimétriques à partir de deux litres d'eau prélevées dans des bouteilles en polyéthylène.

## **2.2. Méthodes statistiques**

Nous avons effectué un traitement statistique qui comprend :

- Une analyse factorielle des correspondances (AFC).

Cette analyse de corrélations multiples permet de hiérarchiser les facteurs étudiés en définissant chacun des points par rapport à un système d'axes d'un espace à n dimensions. Elle répartit l'information contenue dans les résultats en plusieurs facteurs d'importance décroissante (exprimé en %, poids relatif). Les représentations sont les projections des points du nuage dans des plans définis par les axes choisis 2 à 2.

- **Une classification hiérarchique**

Elle permet le rapprochement des prélèvements suivant leur ressemblance. Un dendogramme visualise les distances entre les prélèvements.

- **Une agrégation autour de centres mobiles**

Elle permet une individualisation de plusieurs groupements par une étude statistique des différents paramètres.

### **3. Résultats**

Le tableau des résultats concernant les paramètres physico-chimiques figure en annexe.

#### **3.1. Température**

Les eaux des oueds étudiés ne sont pas fraîches en hiver. Elles se caractérisent par un minimum hivernal de l'ordre de 10°C durant la période d'étude. En été par contre, elles sont assez chaudes. Le réchauffement est plus marqué dans la partie aval des cours d'eau (31°C). Ceci est dû à un débit d'étiage très faible et à l'absence presque totale de la végétation bordante, entraînant ainsi un fort échauffement des eaux.

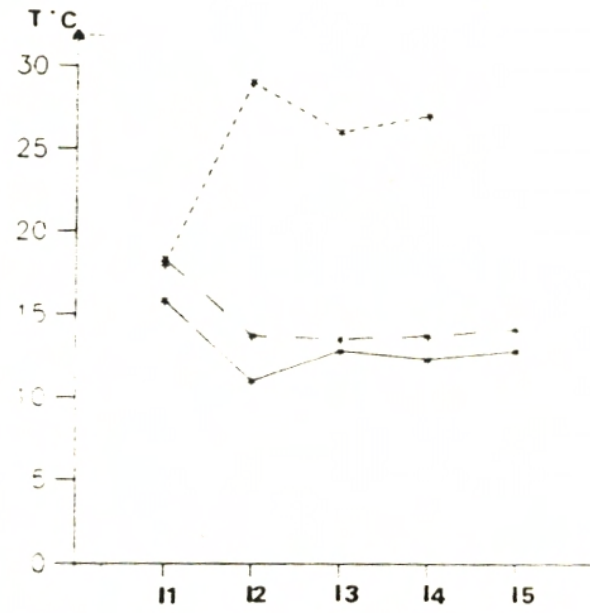
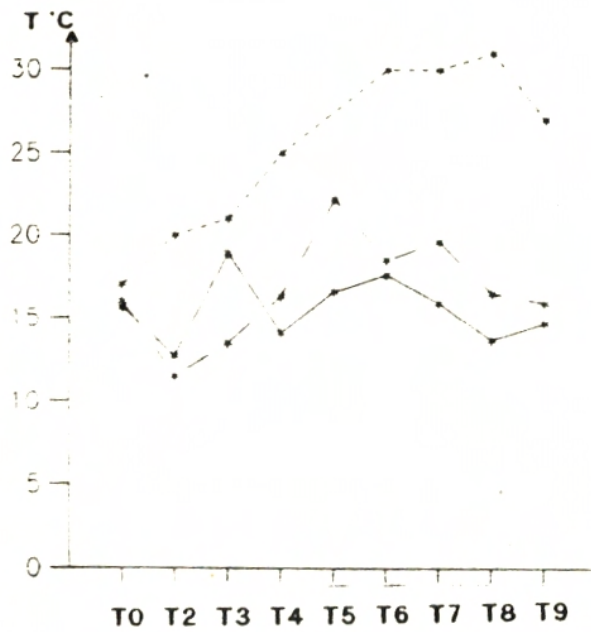
Les courbes de la figure 2 indiquent que la température dans l'ensemble varie peu d'amont en aval, durant les hautes et les moyennes eaux. Les petites variations enregistrées sont probablement dues à l'heure des relevés. Par contre à l'étiage, une augmentation générale d'amont en aval est observée : de 16°C au niveau des sources, la température atteint 30°C à l'aval.

De plus, nous notons une variation saisonnière très importante. En effet, une forte élévation thermique estivale est enregistrée, sauf au niveau des stations amont où la température reste relativement constante, en raison de leur situation près des sources et de la présence d'une végétation ripicole importante, limitant le réchauffement.

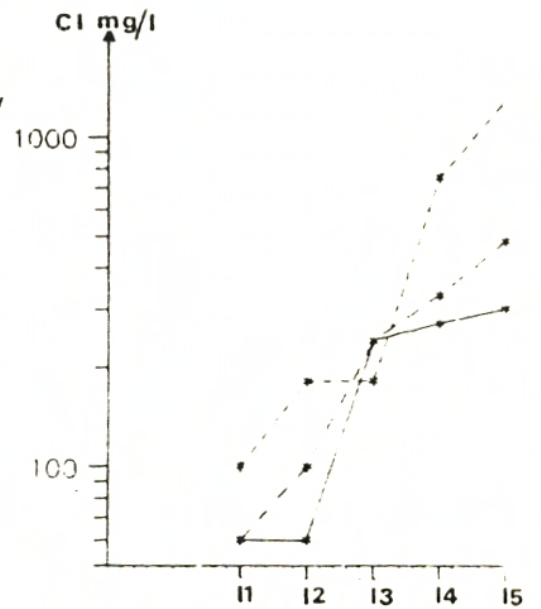
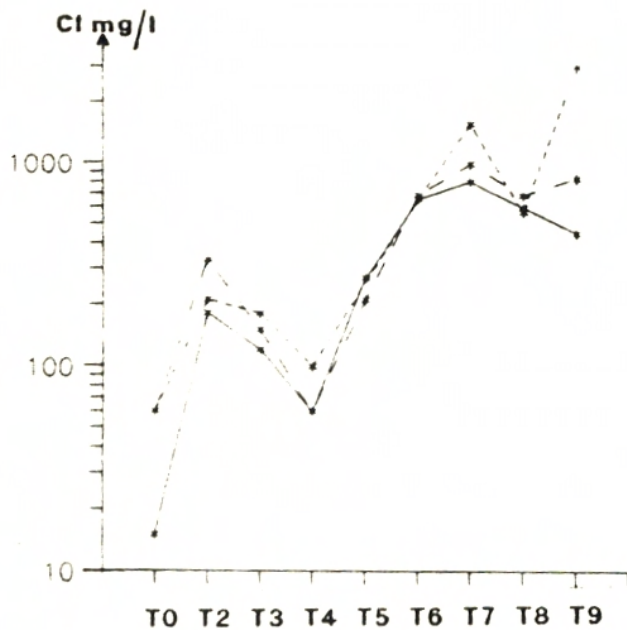
#### **3.2. Chlorures**

Nous remarquons que la valeur minimale enregistrée en chlorures est de l'ordre de 15mg/l au niveau des sources. Cette teneur appartient à la classe 4 de Nisbet et Verneaux (1970) traduisant une concentration importante pour les rivières françaises.

La teneur en chlorures augmente fortement et rapidement de l'amont vers l'aval (fig.3) dans tous les cours d'eau du réseau



**Fig.2.** Evolution de la Température dans le réseau de la Tafna



..... étiage  
 - - - - - moyennes eaux  
 ——— hautes eaux

**Fig.3.** Evolution des chlorures dans le réseau de la Tafna

de la Tafna. En effet, si on suit l'évolution des chlorures au niveau de l'oued Tafna, on enregistre une élévation à la station T2 due probablement aux rejets de la région de Sebdou. La chute observée sur la courbe à la station T4, correspond aux faibles teneurs des eaux de sources à l'origine de la reformation de l'oued Tafna en aval du barrage de Béni-Bahdel. A partir de la station T5, le taux des chlorures devient très élevé car à ce niveau la Tafna pénètre dans la plaine de Maghnia puis elle reçoit l'oued Mouillah, présentant déjà à l'amont (frontières algéro-marocaines) un taux de salinité très important de l'ordre de 1000mg/l. Par contre, au niveau de la station T8 on note une légère chute qui est en rapport avec la dilution apportée par son affluent : l'Isser qui arrive avec une concentration moins élevée (400mg/l en moyenne).

Remarquons que l'oued Ed- Diab (oued salé) qui se jette dans la Tafna en amont de cette station, malgré sa teneur en sel élevée, ne présente pas une grande influence sur son taux de chlorures, car il présente un débit faible.

Par ailleurs, si on suit l'évolution saisonnière, on observe une constante relative des chlorures dans la haute et la moyenne Tafna. Ce qui n'est pas le cas au niveau de la basse Tafna où une forte élévation est notée pendant l'été. Celle-ci est due à une concentration des sels suite à une forte évaporation des eaux. D'autre part, l'importance de la matière organique en décomposition (rejets des usines alimentaires) et l'absence du phénomène de dilution augmente la concentration en sels.

Le même phénomène apparaît dans les affluents de la Tafna où l'on note pendant les basses eaux des teneurs assez élevées en S4 et en I4 respectivement 666mg/l et 757mg/l. Par contre, au niveau de l'oued Chouly, la concentration maximale enregistrée ne dépasse pas 180mg/l.

### **3.3. Conductivité**

La conductivité électrique constitue une bonne appréciation de

la minéralisation d'une eau. Une conductivité élevée traduit une quantité de sels ionisables dissouts très importante (Rodier, 1976).

Le réseau hydrographique de la Tafna est caractérisé par une eau très minéralisée puisqu'elle présente une conductivité au niveau des sources de 600 $\mu$ s/cm en moyenne (classe 8 de Nisbet et Verneaux, 1970) liée à la nature des terrains traversés. Cette minéralisation augmente de l'amont vers l'aval, ceci est lié en majeure partie aux chlorures. En effet, si on analyse la courbe de la conductivité (fig.4a) et celle des chlorures (fig.3), on constate qu'elles sont superposables : c'est-à-dire qu'elles présentent une même évolution (longitudinale et saisonnière).

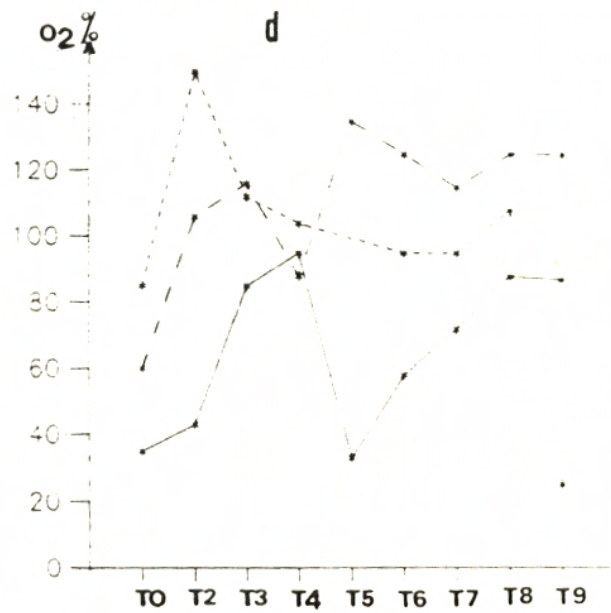
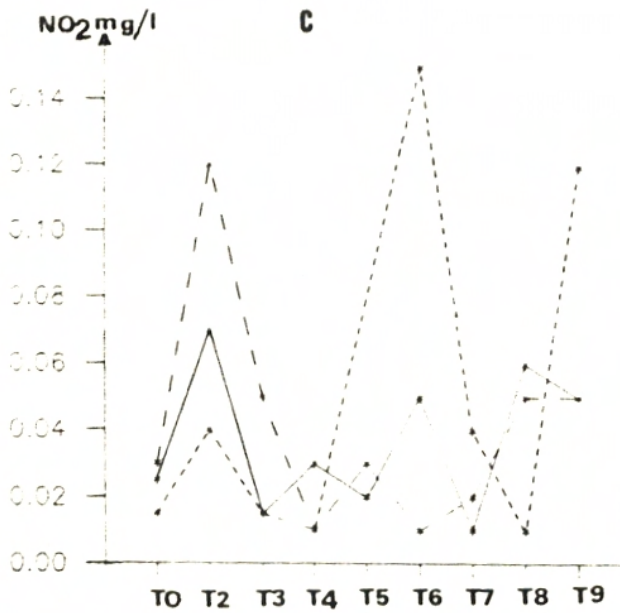
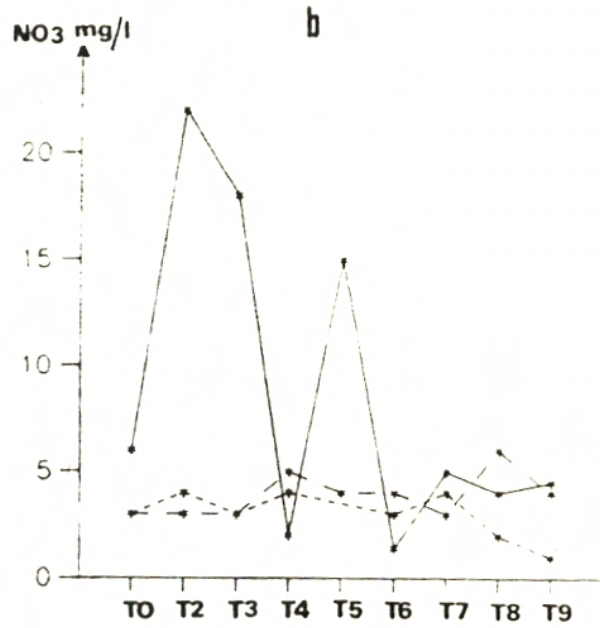
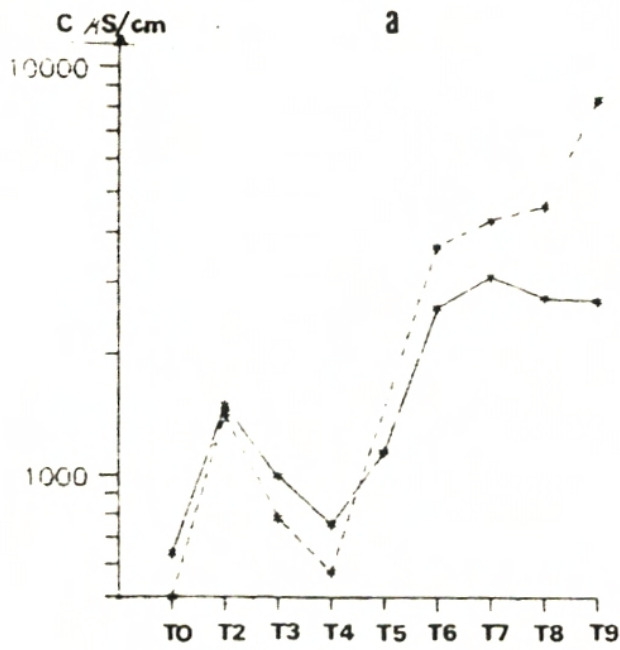
### 3.4. Nitrates

Les teneurs sont dans l'ensemble très faibles. Elles ne dépassent pas 22mg/l. Les sources de Chouly (Co) et de l'Isser (Il) fréquentées par les troupeaux qui viennent s'abreuver et par l'homme qui les utilise pour le lavage présentent, des teneurs de 3 à 5mg/l. De même, dans la source de la Tafna (To), où l'eau est le plus souvent utilisée pour le rouissage de l'alfa qui génère une légère pollution organique (Azza, 1987), les nitrates atteignent 6mg/l.

En général, les concentrations ne varient pas de l'amont vers l'aval. Au niveau de l'oued Tafna (fig.4b), une élévation des concentrations est enregistrée pendant les hautes eaux aux stations T2 (22mg/l), T3 (18mg/l) et T5 (15mg/l) avec un abaissement considérable de ces charges dès le mois de Mars. Cet abaissement est lié au développement de la végétation aquatique qui assimile les nitrates : *Potamogeton* sp en T3 et *Chara* sp en T5.

### 3.5. Nitrites

Au niveau de l'oued Tafna, les concentrations les plus faibles s'observent au niveau des zones de sources pendant les 3



..... étiage  
 - - - moyennes eaux  
 ——— hautes eaux

**Fig.4.** Evolution de la Conductivité (a), des Nitrates (b), des Nitrites (c) et de l'Oxygène (d) au niveau de l'Oued Tafna.

périodes (fig.4c). En aval, elles sont relativement élevées traduisant ainsi une situation préoccupante concernant la qualité des eaux des oueds.

Les concentrations les plus élevées s'observent au niveau des sous-affluents de la Tafna (l'oued Sikkak et l'oued Ouerdeffou), plus particulièrement en aval des rejets de la ville de Tlemcen (S2) et de Maghnia (Mg).

A la station Mg, on note la présence de sédiments réducteurs noirâtres et une mauvaise oxygénation de l'eau (10% de saturation) : conditions ne permettant pas une oxydation complète des formes azotées, les teneurs en nitrites atteignent 0,17mg/l en étiage.

### **3.6. Oxygène**

Les saturations en oxygène sont très fluctuantes parce qu'elles dépendent de facteurs externes (fig.4d). Une bonne oxygénation dans la majorité des stations prospectées est notée pendant les moyennes eaux. Nous supposons qu'elle est due, non seulement, au brassage de l'eau, mais aussi au développement de la végétation aquatique à cette période. Par contre, en hiver, la production en oxygène par photosynthèse est d'autant plus réduite que les crues ont "nettoyé" les cours d'eau et donc éliminé la végétation. Ces mêmes crues apportent aux rivières de grandes quantités de matières azotées entraînant ainsi une sous-saturation en oxygène dans la plupart des stations.

Notons, que de très faibles valeurs en oxygène sont enregistrées (<40% de saturation). Cette sous-saturation n'est peut être due qu'à une erreur de dosage causée par la forte turbidité de l'eau. En effet, la méthode de Winkler devient moins précise quand on l'applique à des eaux aussi chargées.

### **3.7. pH**

Il est toujours alcalin, varie de 7 à 8. Toutefois on note une légère acidité (6-6,5) au niveau des stations M2 et BA. Cette acidité devient importante à la station MG où on enregistre un

pH de 5,5 au mois de Juillet dû à des rejets acides provenant des usines de Maghnia.

### **3.8. Dureté**

La dureté a un caractère naturel et correspond au lessivage des terrains traversés (Rodier, 1976).

La Tafna draine des terrains dolomitiques riches en calcaire et en dolomite. Les eaux sont dures même près des sources. En général, cette dureté augmente de l'amont vers l'aval. Ainsi, au niveau des sources, on enregistre une teneur de 700mg/l. Cette dernière atteint en moyenne 1700mg/l à l'aval.

### **3.9. Traitement statistique**

#### **3.9.1. A.F.C**

A partir de l'analyse factorielle des correspondances réalisée sur les données physico-chimiques, nous avons considéré les 3 premiers axes.

L'axe 1 : représente 84% de l'information.

L'axe 2 : représente 8,6% de l'information.

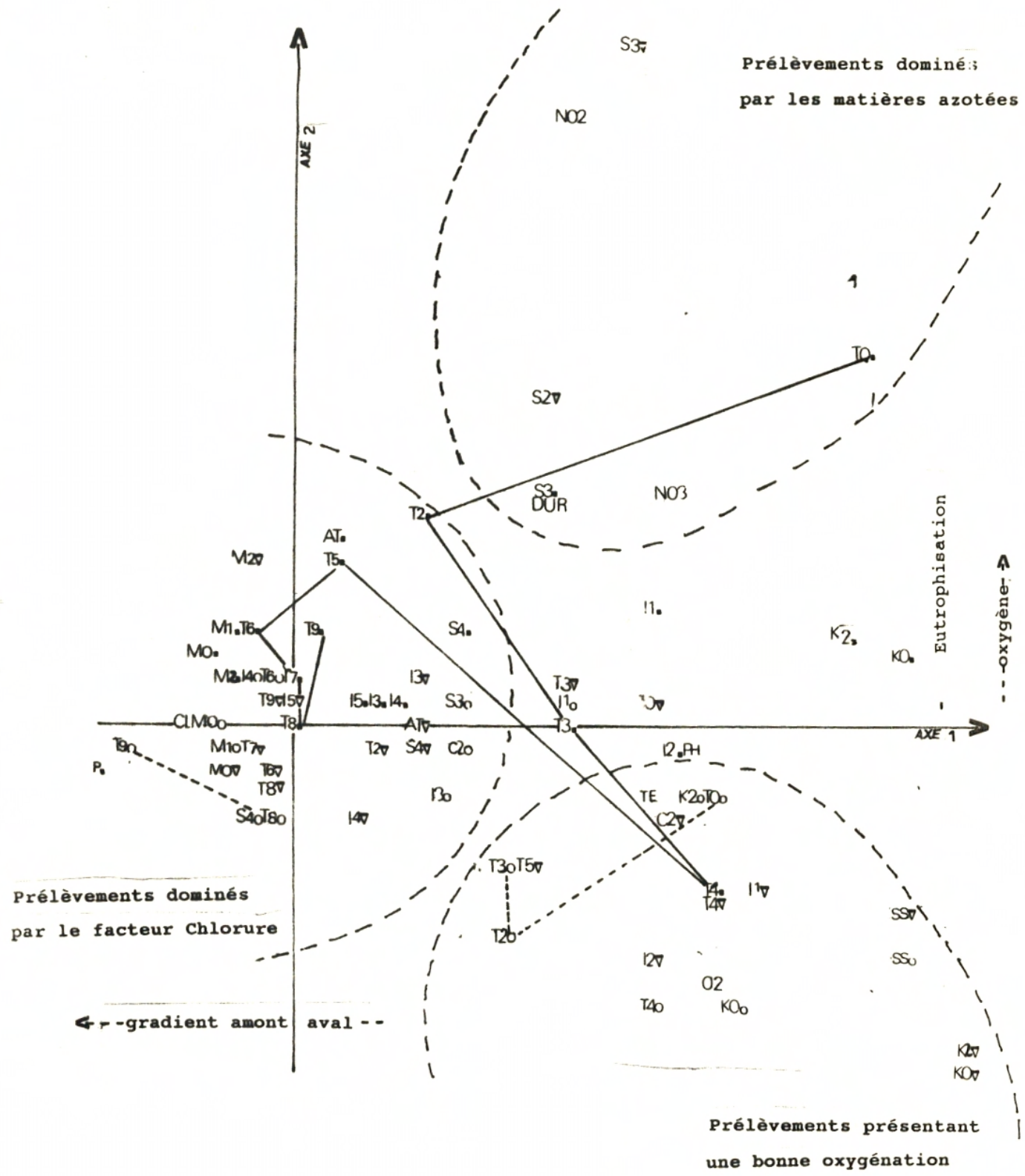
L'axe 3 : représente 3% de l'information.

L'axe 1 représente l'axe amont-aval principalement déterminé par les chlorures et la température (fig.5).

L'axe 2 matérialise un gradient d'eutrophisation en opposant les substances azotées ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ) à l'oxygène dissout et une opposition des hautes eaux aux deux autres périodes.

On observe un regroupement des prélèvements dominés par le facteur chlorures qui masque l'influence des autres facteurs. Dès que les teneurs en chlorures diminuent, les prélèvements s'organisent selon un gradient d'eutrophisation avec un regroupement des stations peu polluées (stations proches des sources) autour du facteur oxygène et un regroupement des prélèvements chargés en matières azotées provenant des rejets et tirés par les facteurs  $\text{NO}_2$  et  $\text{NO}_3$ .

- Hautes eaux
- ▼ Moyennes eaux
- Etiage



**Fig.5** : Représentation dans le plan des axes 1 et 2 de l'A.I

Notons que les plus fortes charges polluantes correspondent aux prélèvements des hautes eaux (effet de chasse).

La représentation dans le système d'axes 2-3 (fig.6) permet d'éliminer l'influence du facteur chlorures qui se retrouve à l'origine, et d'opposer à l'axe 2 un axe 3 caractérisé par l'opposition des facteurs dûs au terrain (dureté), aux facteurs liés à l'activité humaine ( $\text{NO}_3$ ).

### **3.9.2. Classification hiérarchique et agrégation autour de centres mobiles**

Sur le dendogramme (fig.7), la station P s'isole de toutes les autres. L'agrégation autour des centres mobiles permet de voir que la forte salinité ( $m = 17,7\text{g/l}$ ) est le facteur prépondérant à cette station. Ce même facteur isole les prélèvements T9X ( $3030\text{mg/l}$ ) et T7X ( $1575\text{mg/l}$ ) : stations de la basse Tafna à l'étiage.

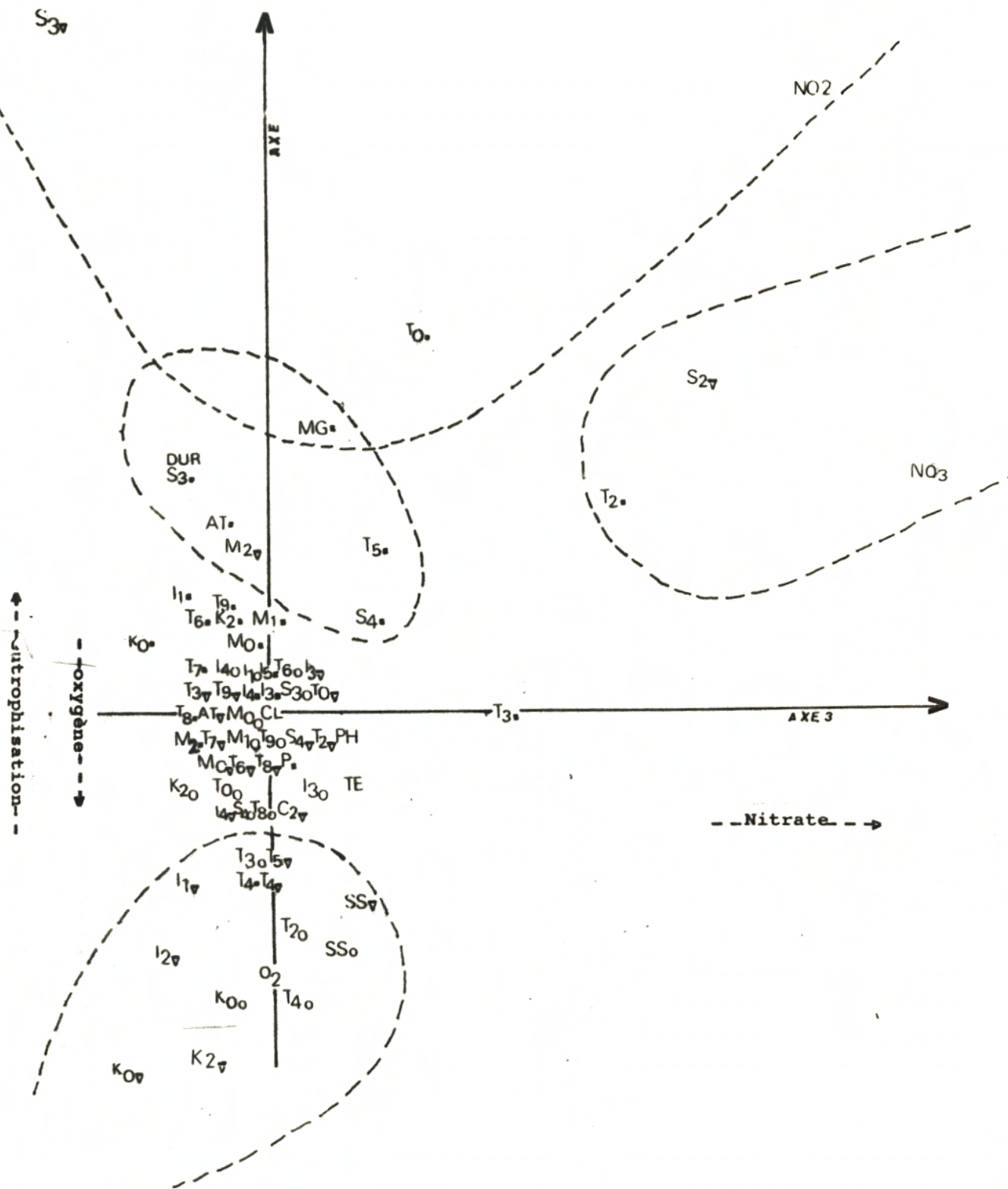
Les autres prélèvements peuvent être répartis en 5 groupes caractérisés par 1 à 3 facteurs.

Le groupe 1, rassemble les prélèvements réalisés au niveau des sources et des parties amont des oueds. Ce groupe est caractérisé par une température moyenne relativement faible ( $15^\circ\text{C}$ ) et une teneur en chlorures très faibles ne dépassant pas  $120\text{mg/l}$ .

Le groupe 2 : réunit les prélèvements effectués dans les stations de piedmont. L'eau à ces stations est en moyenne plus chaude ( $16^\circ\text{C}$ ), plus chlorurée ( $240\text{mg/l}$ ) et un peu plus riche en matières azotées.

Le groupe 3 : est formé par les prélèvements réalisés dans les stations de la moyenne Tafna et de la partie aval des affluents de cette zone (Mouillah, Isser et Sikkak). La température moyenne augmente sensiblement ( $21^\circ\text{C}$ ) de même que l'amplitude thermique. La salinité augmente fortement et les chlorures atteignent une concentration moyenne de  $660\text{mg/l}$ .

Le groupe 4 : est composé des prélèvements de Mouillah amont



**Fig.6** : Représentation dans le plan des axes 2 et 3 de l'A.F.C.



et de quelques prélèvements de la moyenne et basse Tafna. Ce groupe se différencie du précédent principalement par l'élévation de la concentration en chlorures (1000mg/l).

Le groupe 5 , rassemble les prélèvements caractérisés par un pH acide, une nette sous-saturation en oxygène et un taux moyen de nitrites élevé (0,10mg/l). Ces prélèvements correspondent aux périodes des hautes et moyennes eaux dans les stations présentant une pollution organique. L'augmentation du débit est responsable d'une abrasion de la couverture de *Sphaerotilus* sp et d'un remaniement du fond remettant en suspension les sédiments réducteurs, ce qui explique la chute de l'O<sub>2</sub> dissout et la pollution organique.

Afin de donner le même poids à toutes les variables puisque certaines présentent des valeurs trop élevées, nous avons complété la classification hiérarchique en utilisant le coefficient de Paerson. Ainsi, sur le dendrogramme, (fig.8) trois groupes se distinguent :

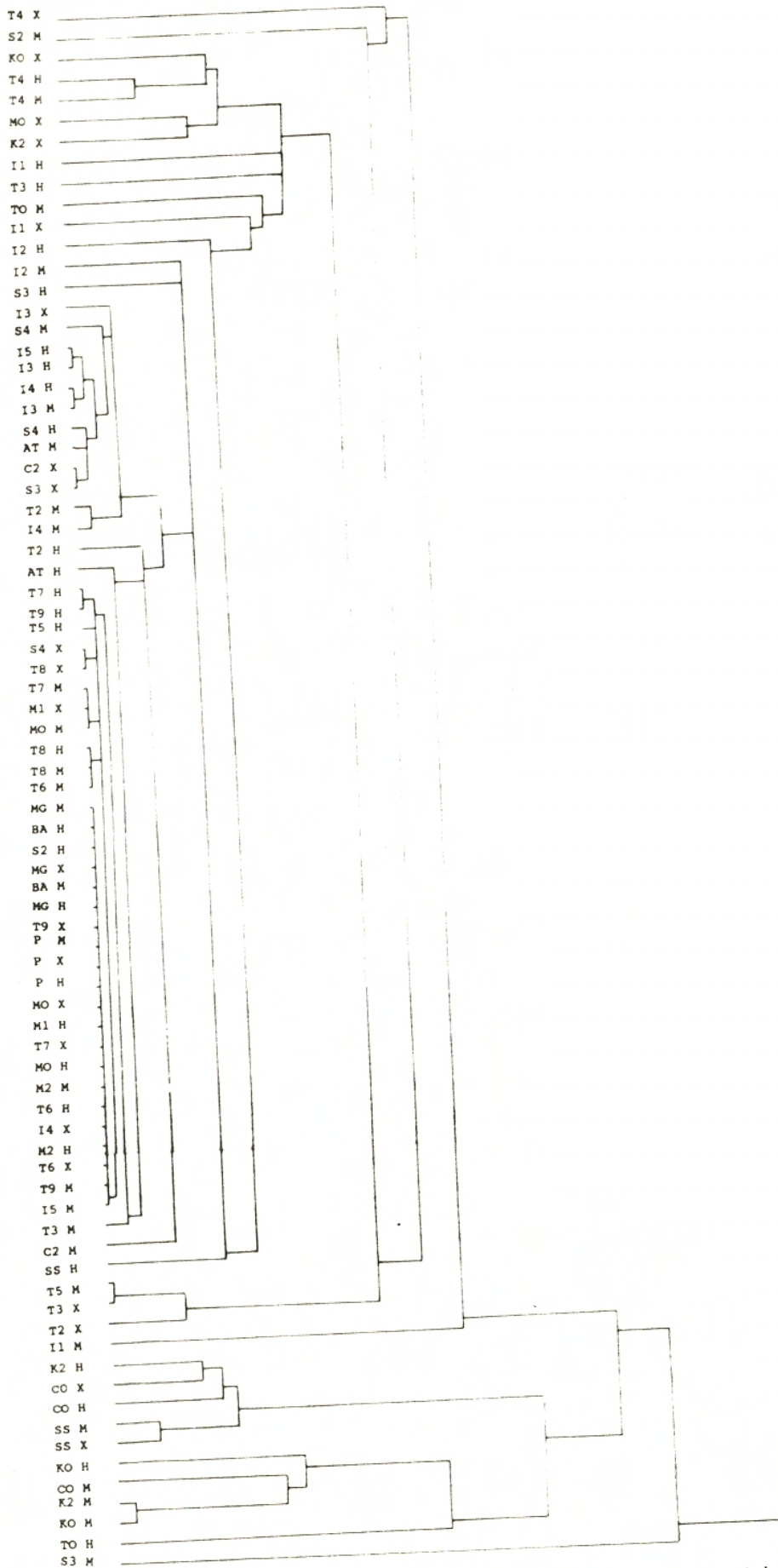
Le Groupe 1 , représente les prélèvements peu chargés. Il s'agit des stations proches des sources pendant les hautes et les moyennes eaux.

Le Groupe 2 : ce groupe est formé des prélèvements effectués dans les stations de piedmont à toutes les périodes.

Le Groupe 3 : il s'agit des prélèvements les plus chargés réalisés au niveau des stations aval de l'oued Mouillah et l'oued Ouerdeffou. Dans ce groupe, nous avons distingué les stations polluées organiquement et les stations salées (3a) et les prélèvements moins chargés à certaines périodes (3b).

### **3.10. Composition de l'eau de oued Ed-Diab à la station P**

Le traitement des données physico-chimiques fait ressortir la particularité de la station P. Les résultats d'une analyse plus approfondie de l'eau de cet oued sont donnés dans le tableau2



**Fig.8** : Dendrogramme de la classification hiérarchique avec coefficient de Pearson. 22

Nous remarquons une forte conductivité au niveau de cet oued suite à des teneurs importantes en sels. On peut parler alors, de minéralisation excessive. Ajoutons, que cette conductivité varie peu de l'amont vers l'aval de l'oued car l'eau est dès l'origine, riche en sels (fig.9). A l'étiage, une croûte de sel apparaît sur les rives et le fond de l'oued asséché.

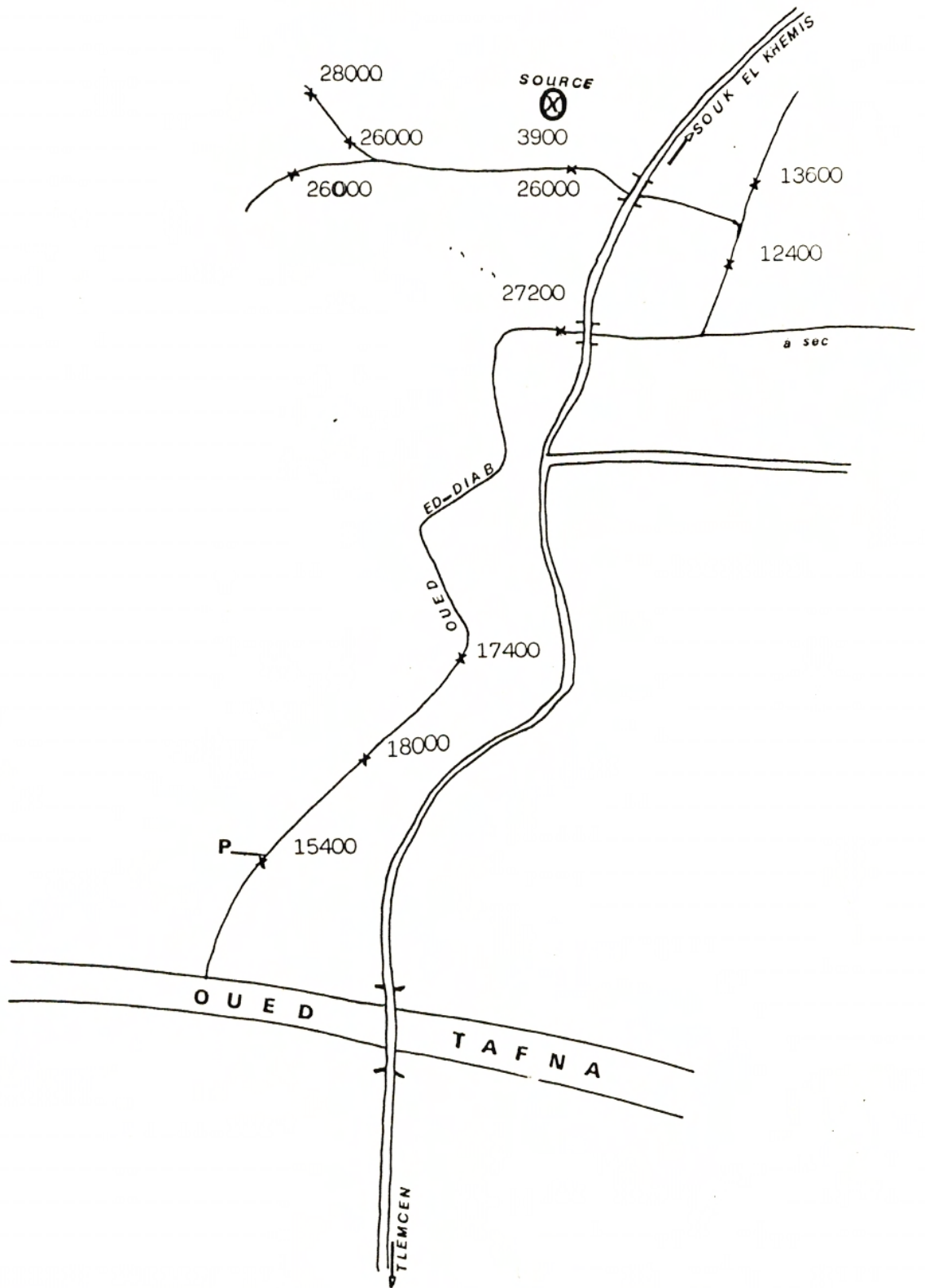
D'après les analyses, cette forte minéralisation est due surtout à une concentration élevée en chlorures, en particulier le chlorure de sodium. Car d'une part, le  $\text{Na}^+$  est le cation le plus abondant. En effet, les rapports  $\text{Na}/\text{Mg}$  et  $\text{Na}/\text{Ca}$  très supérieur à 1 montrent la prédominance du sodium sur le magnésium et sur le calcium. D'autre part, le rapport  $\text{NaCl}/\text{MgCl}_2$  ( $\text{Mg}^{++}$  assez important) est de 7,5. Par ailleurs, le report des analyses sur le diagramme de Shoeller - Berkaloff (fig.10), nous permet de caractériser cette eau parmi la famille des eaux chlorurées-sodiques. Nous pouvons ainsi conclure que le sel prépondérant est le  $\text{NaCl}$  dont l'origine est la dissolution des terrains du Trias riches en sel, drainés par l'oued.

De plus, une teneur relativement peu élevée des bicarbonates a été enregistrée (dureté carbonatée faible). Il y a lieu alors de considérer que le calcium et le magnésium sont liés surtout aux chlorures et aux sulfates (dureté non carbonatée importante).

En ce qui concerne les nitrates, la teneur maximale enregistrée est de 2mg/l. Par contre, les nitrites, le fer et le potassium sont présents sous forme de traces.

Date	02/11/87	Calcium (mg/l)	374,75
Heure	9H15mn	Magnésium (mg/l)	972,48
T° air (°C)	17,2	Sodium (mg/l)	3305,93
T° eau (°C)	15,7	Potassium (mg/l)	0,19
pH	8,3	Fer (mg/l)	<0,25
Conductivité (µs/cm)	16360	Chlorures (mg/l)	6380,00
Acidité totale (mg/l)	11,4	Sulfates (mg/l)	2880,00
Alcalinité totale (mg/l)	15,3	Nitrates (mg/l)	2,00
Dureté (mg/l)	500	Nitrites (mg/l)	0,001
Oxygène (% de saturation)	70		
Dureté non carbonatée (mg/l)	400		

**Tableau 2:** Composition de l'eau de l'oued Ed-Diab à La station P



**Fig.9** : Evolution de la conductivité dans oued Ed-Diab.  
(11/10/87)

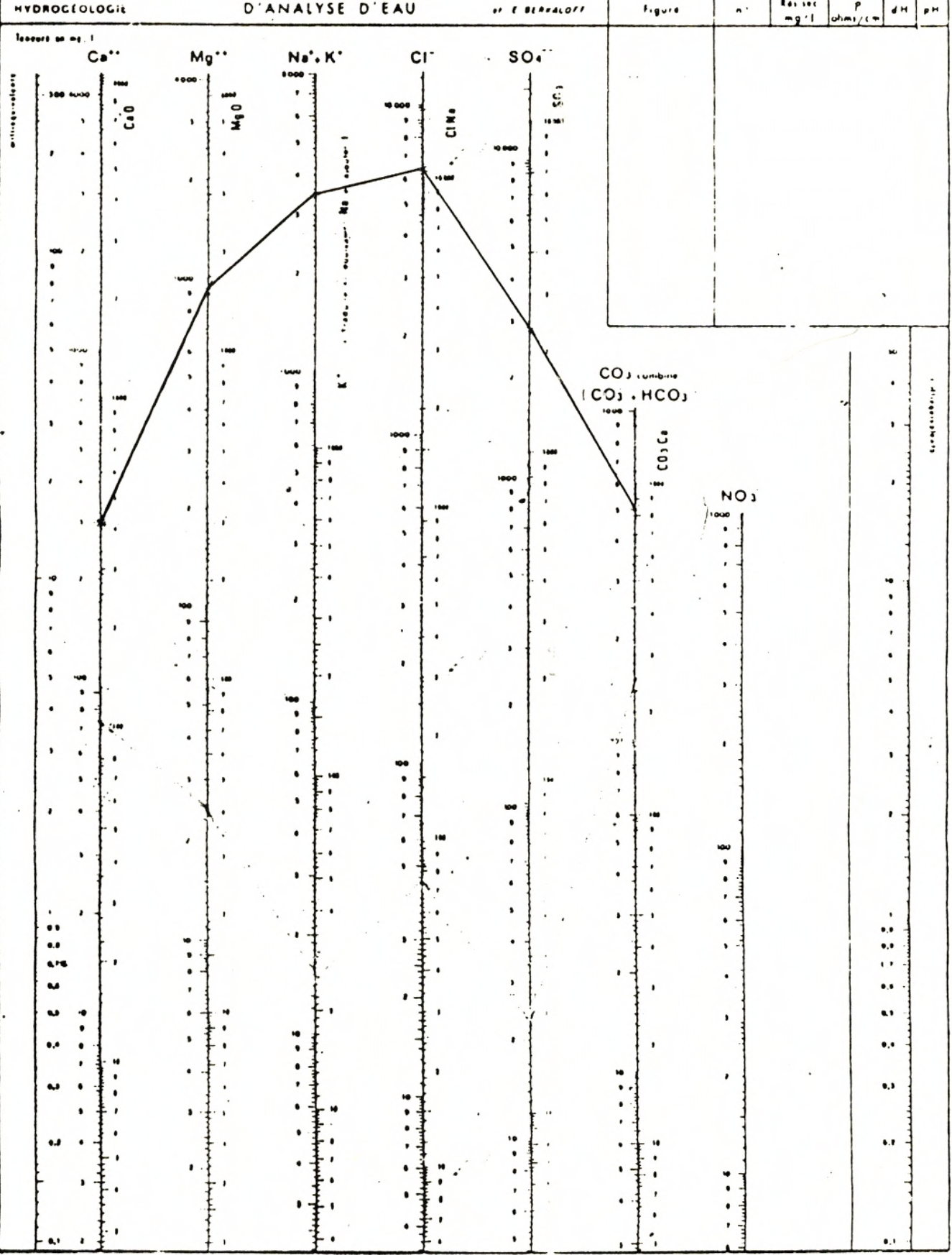


Fig 10 - DIAGRAMME D'ANALYSE DES EAUX DE LOUED, ED-DIAB

## Discussion - Conclusion

L'analyse des paramètres physico-chimiques dans l'ensemble du réseau de la Tafna et pendant 3 périodes hydrologiques différentes, nous a permis d'avoir une vue générale de l'état des oueds étudiés et en particulier de suivre l'évolution spatiale et temporelle de la température et des chlorures.

L'analyse factorielle montre nettement que le facteur chlorures est prépondérant. Les stations s'ordonnent principalement selon un gradient déterminé par la salinité et la température qui croissent de façon importante de l'amont vers l'aval. En effet, l'agrégation autour des centres mobiles, nous a permis de délimiter plusieurs zones en fonction de l'altitude. Chaque zone étant caractérisée par la teneur en chlorures, la température et les rejets azotés (fig.11).

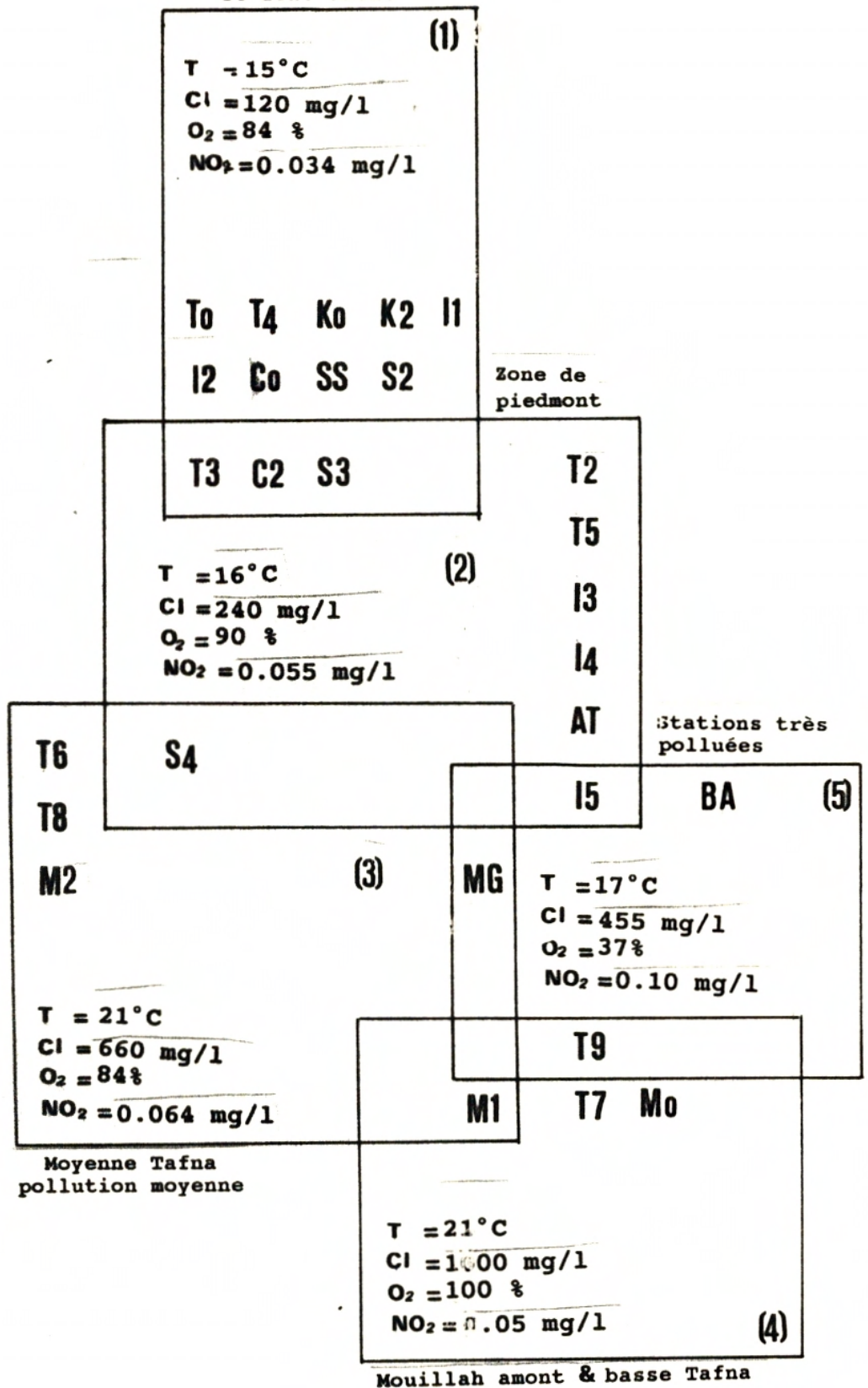
Notons que lorsqu'on élimine le paramètre chlorures dans cette agrégation, on obtient une délimitation qui est fonction des périodes de prélèvements (fig.12).

Il faut noter aussi que la salinité, en particulier les chlorures, est non seulement importante dans notre réseau, mais subit une augmentation au cours des années. Pour les mêmes stations prospectées, les teneurs enregistrées avant l'année 1985 (Gagneur et Thomas, 1985) sont devenues nettement plus élevées pendant notre période d'étude. Ceci est lié certainement, à l'accroissement de la démographie et des réseaux d'assainissement, ainsi qu'à l'industrialisation et aux changements climatiques (diminution des précipitations et réchauffement). Ce dernier entraîne par échauffement important des eaux en été, une forte évaporation. D'où une diminution du débit jusqu'à assèchement des oueds, principalement dans les parties aval.

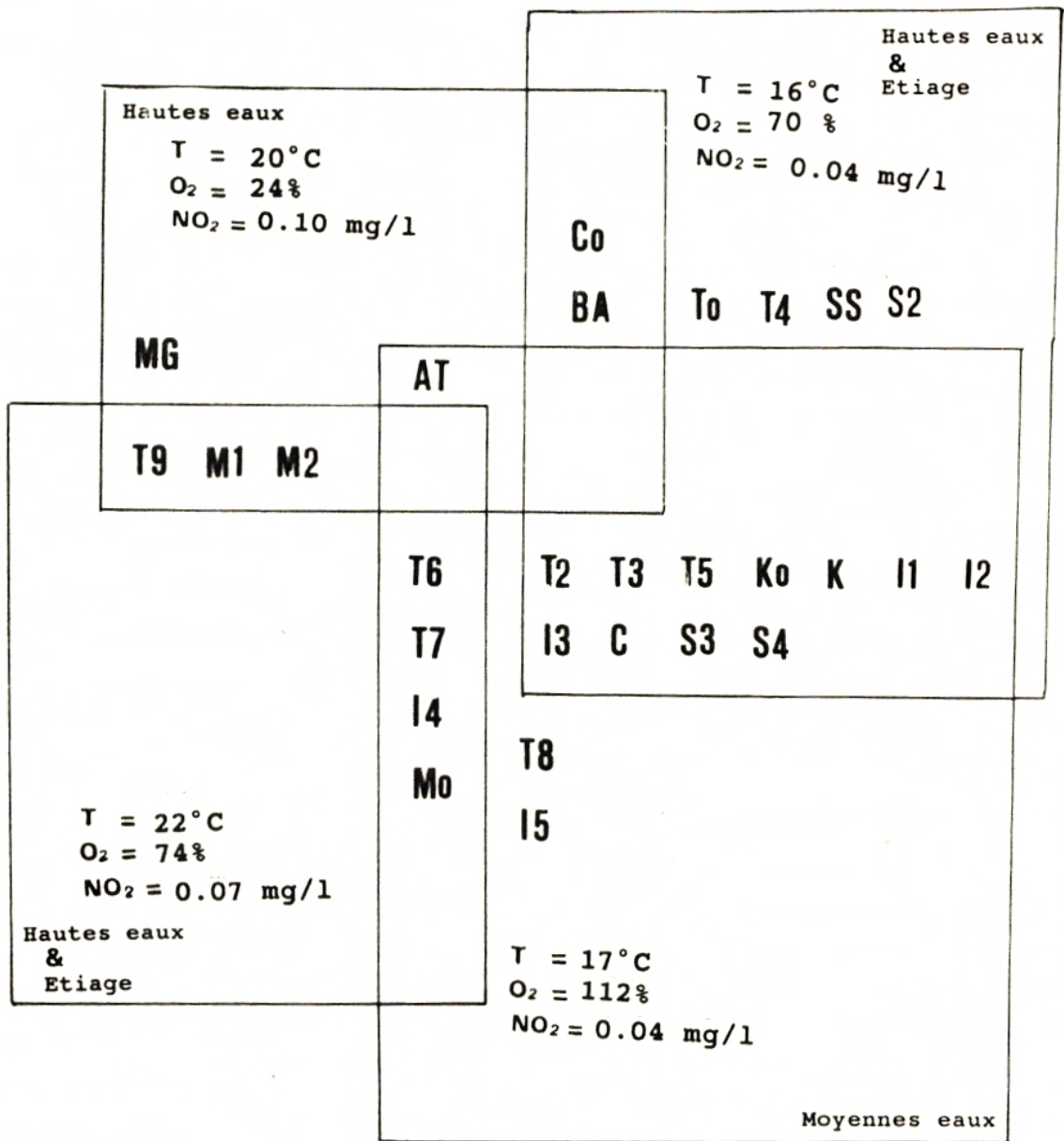
D'autre part, la pollution intervient au niveau de plusieurs stations et se traduit par une augmentation des teneurs en matières azotées et une acidification des eaux.

La conjonction de ces facteurs a provoqué une détérioration im-

Zones des sources  
et zone amont



**Fig.11** : Caractéristiques des groupes obtenus par agrégation autour des centres mobiles.



**Fig.12** : Groupes obtenus par agrégation autour de centres mobili sans le paramètre Cl<sup>-</sup>.

portante de la qualité de l'eau du réseau de la Tafna. D'après Gagneur (1983) 38% du réseau étaient nettement pollués et en 1986, seulement 25% du réseau ont conservé une qualité d'eau acceptable (Gagneur, 1987). Nous estimons que ce taux a fortement diminué.

**DEUXIEME PARTIE**

**INFLUENCE DE LA SALINITE ET DE LA TEMPERATURE  
SUR LES ORGANISMES BENTHIQUES**

# 1. Matériels et méthodes

## 1.1. Les espèces testées

Le présent travail concerne 7 espèces d'insectes aquatiques à savoir : - les Plécoptères : *Eoperla ochracea* [Kolbe, 1888], - les Ephéméroptères : *Ecdyonurus rothschildi* Navas 1929; *Baetis rhodani* Pictet, 1845 et *Caenis luctuosa* [Burmeister, 1839], - les Trichoptères : *Hydropsyche fezana* Navas, 1935, - les Odonates *Calopteryx virgo meridionalis* [Linné, 1758], - les Diptères : *Simulium ornatum* Meigen, 1918.

### - *Eoperla ochracea*

C'est une espèce circum méditerranéenne de moyenne altitude. Elle se localise en Afrique du Nord, en Europe méditerranéenne et en Asie mineure (Illies, 1978). Au Maroc, elle est considérée comme le seul Plécoptère inféodé aux biotopes chauds de basse et moyenne altitudes (Dakki, 1986). C'est une espèce très eurytope, elle peut se rencontrer même dans les cours d'eau des régions désertiques (Aubert, 1961).

### - *Ecdyonurus rothschildi*

Espèce endémique Nord-Africaine, se localise en Algérie, au Maroc et en Tunisie (El Agbani, 1984; Boumaiza et Thomas, 1986; Gagneur et Thomas, 1988 et Bouzidi 1989). Dans le bassin de Bou Regreg (Maroc), elle vit entre 50 et 1085m d'altitude avec une abondance dans les stations où les températures estivales journalières dépassent 25°C (El Agbani, 1984). Cependant, un trop fort réchauffement estival entraîne la disparition de l'espèce. Dakki (1986) range cette espèce dans les Hémisténothermes à eurythermes de basse et moyenne altitudes, dans les rivières chaudes et à écoulement rapide d'où leur caractère thermophile et réophile.

### - *Caenis luctuosa*

Est une espèce à vaste répartition géographique : d'Afrique du Nord à la Scandinavie, jusqu'au Caucase et l'Arabie Saoudite.

C'est l'espèce d'éphéméroptère représentative des cours d'eau de moyenne et de basse altitudes en Afrique du Nord (Boumaiza et Thomas, 1986; Gagneur et Thomas, 1988). Toutefois, elle remonte jusqu'au dessus de 2000m d'altitude au Maroc (El Agbani, 1984). *C. luctuosa* appartient aux espèces les plus thermophiles puisqu'elle peut se développer à des températures atteignant même 33°C. De plus, c'est une espèce très eurytope.

- *Baetis rhodani*

Cette espèce présente une large répartition biogéographique. Elle se rencontre en Europe comme en Afrique du Nord. C'est une espèce très ubiquiste qui vit dans les cours d'eau oligotrophes à partir de 200m d'altitude. Son abondance croît progressivement avec l'altitude jusqu'à 1000m d'altitude (Holmière, 1988). En Afrique du Nord *B. rhodani* semble se limiter aux parties amonts des oueds (Dakki, 1983). C'est une espèce limnophile, dont la répartition dépend de la température. En effet, au Maroc, elle vit dans les cours d'eau à basse température, avec des vitesses d'écoulement faibles à moyennes (El Agbani, 1984). Dakki (1979) rattache cette espèce à l'hyporithron, mais elle peut caractériser l'épipotamon (Giudicelli et al, 1980).

- *Hydropsyche fezana*

Les hydropsychidae se présentent comme un groupe bien diversifié dont les genres et les espèces occupent différents types de milieux (Illies, 1953). *Hydropsyche fezana* est une espèce endémique Nord-Africaine qui se localise au niveau des sources froides et de leur émissaires (El Agbani, 1984). Dakki, (1986) classe cette espèce parmi celles des cours supérieurs des oueds, car elle est très abondante dans les petites rivières de haute altitude où elle recherche la fraîcheur et la richesse en matière organique.

- *Calopteryx virgo*

Est une espèce d'Afrique du Nord et d'Europe occidentale méditerranéenne (Aguesse, 1968). Elle se localise dans les rivières pures et bien oxygénées, ayant des températures d'été maximales

de 13 à 18°C (Zahner, 1959).

- *Simulium ornatum*

Est une espèce de plaine de la bordure septentrionale méditerranéenne qui vit généralement à proximité des sources et de leurs émissaires. Ainsi, en Algérie, elle a été récoltée à une altitude de 900m (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988) et à 1100m dans les Hautes Pyrénées (Holmière, 1988).

Ces espèces appartiennent aux groupes les plus représentatifs du réseau hydrographique du bassin de la Tafna. De plus, ce sont les espèces les plus fréquentes et les plus abondantes dans nos stations. Notons, que toutes les larves testées appartiennent à un même stade : il s'agit du stade nymphal pour les Plécoptères, les Epheméroptères et les Odonates, du dernier stade larvaire pour les Trichoptères et les Diptères.

La plupart des larves proviennent de l'amont de l'oued Chouly (station Co). Cette station ayant une eau de bonne qualité présente une grande diversité spécifique. Nous y avons récolté en particulier, les espèces : *E. rothschildi*, *B. rhodani*, *H. fezana*, *C. virgo* et *S. ornatum*.

*E. ochracea* a été capturée dans la zone amont de l'oued Sikkak (station SS), où elle abonde.

Tandis que *C. luctuosa* provient de la moyenne Tafna (station T7).

Les larves sont prélevées à l'aide d'un filet Surber et transportées dans une glacière au laboratoire où elles sont placées dans un aquarium, contenant des galets et l'eau provenant de la station Co, pendant au moins 12 heures : temps nécessaire à leur acclimatation avant le début de l'expérimentation. L'oxygénation et le brassage de l'eau sont assurés par des bulleurs.

Dans la mesure du possible, nous avons toujours travaillé sur des animaux fraîchement récoltés et les larves n'étaient pas utilisées au delà de deux jours bien que, dans ces conditions, les larves étaient capable de vivre au minimum une semaine.

## **1.2. Protocole expérimental**

Nous nous proposons de mettre en évidence l'effet du NaCl sur les larves d'insectes, en mesurant, le temps de résistance des organismes à différentes concentrations en NaCl. Tout d'abord, pour une température expérimentale optimale puis, à différentes températures, variant de la plus basse à la plus haute température tolérée, afin de souligner éventuellement l'effet combiné de la température et des concentrations en sel.

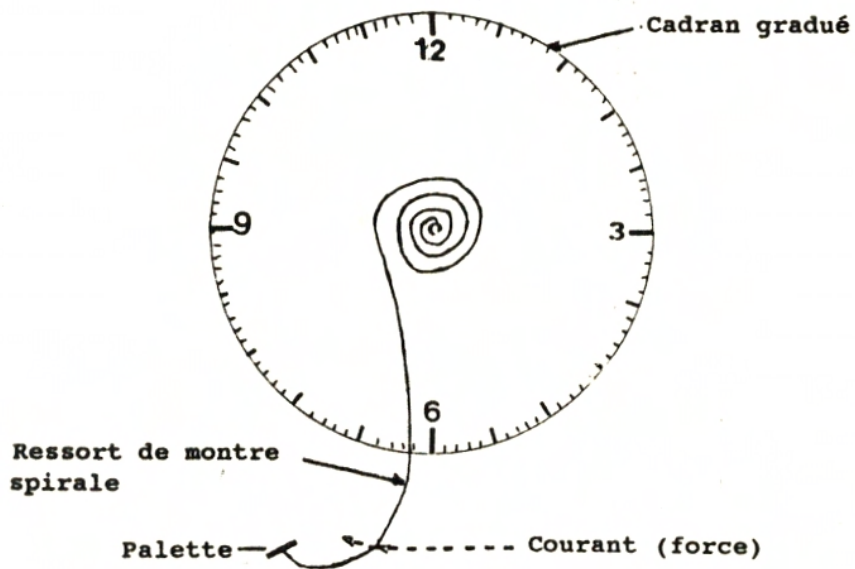
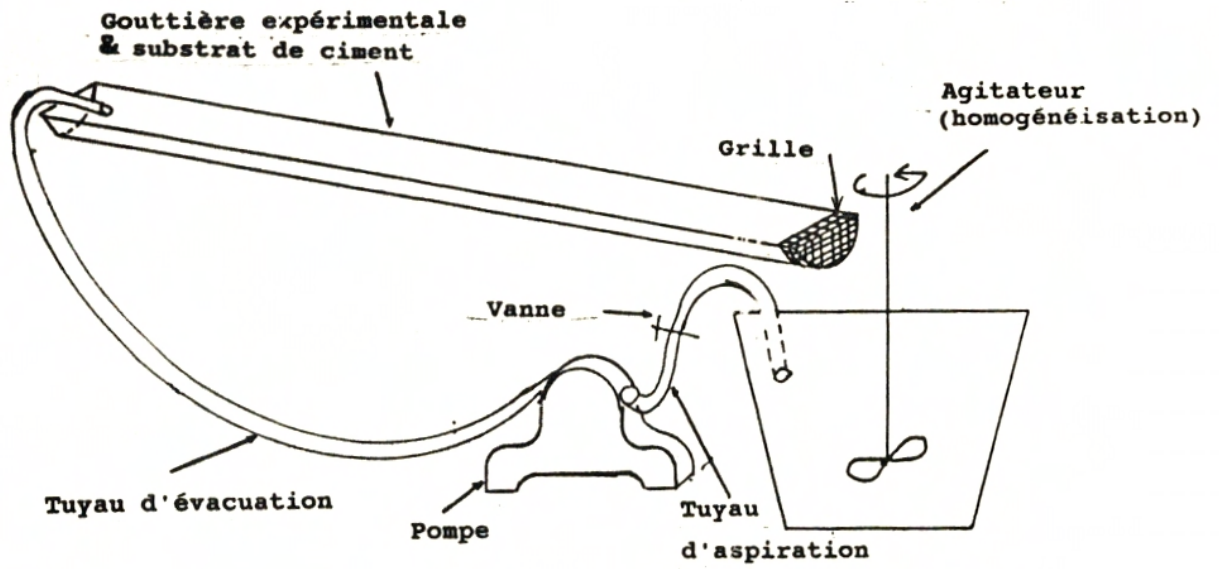
### **1.2.1. Dispositif expérimental**

Les expériences se sont déroulées au laboratoire dans un dispositif expérimental (fig.13a), permettant d'obtenir un flux continu d'eau sur les organismes.

Il s'agit d'une gouttière en zinc d'un mètre de long, inclinée, dont le fond est recouvert d'un substrat rugueux constitué à base de ciment, afin de permettre l'accrochage des larves. Ce substrat a été retenu parcequ'il offre la meilleure surface d'accrochage pour les invertébrés benthiques, d'après une série d'essais réalisés au laboratoire à l'aide du même dispositif (Taleb, 1992). Un filet est placé à l'aval de la gouttière pour récupérer les larves qui décrochent.

Le dispositif est alimenté en eau naturelle provenant de la station Co, caractérisée par une température fraîche, une faible minéralisation et un taux de chlorures très faible (annexe). L'alimentation se fait par une pompe électrique. Nous obtenons ainsi un système d'eau courante en circuit fermé ayant une vanne permettant de maintenir le courant à une vitesse constamment voisine de 50cm/s. Cette vitesse permet aux témoins de l'ensemble des espèces de ne pas être entraînés par le courant durant au moins 15mn. Elle a été retenue au cours d'études préliminaires (Taleb, 1992).

Le contrôle de cette vitesse se fait régulièrement à l'aide d'un dispositif permettant la mesure du courant dans des écoulements de faible épaisseur (Taleb, 1992) (fig.13b).



**Fig.13** : Dispositif expérimental et appareil de mesure de la

**Remarque :**

les larves sont dites "résistantes" lorsqu'elles ne décrochent pas au bout de 15mn d'exposition aux conditions expérimentales. Nous avons limité ce temps pour des raisons techniques : au delà de ce temps, la pompe s'échauffe provoquant ainsi une augmentation de la température de l'eau. De plus, il était matériellement impossible d'attendre un décrochage éventuel au delà de 15mn par essai, vu la multiplication de ceux-ci.

**1.2.2. Influence de la température (Expériences témoins)**

Nous avons réalisé une série d'expériences témoins pour chacune des espèces. Expériences visant à déterminer la température optimale et l'intervalle de tolérance pour chacune des espèces étudiées, dont les limites supérieures et inférieures correspondent aux températures provoquant le décrochage instantané. Pour cela, nous avons exposé les larves à différentes températures.

Les expériences sont réalisées dans le dispositif expérimental d'eau courante. Nous avons maintenu constante les basses températures à l'aide de glaçons placés dans la cuve d'alimentation. Pour l'obtention des températures élevées, un thermostat permet de maintenir l'eau à la température désirée. Le contrôle de la température se fait par un thermomètre à mercure, placé à l'intérieur de la cuve.

Pour chaque température une dizaine de larves sont testées durant 3 essais. Nous faisons varier la température de l'eau progressivement jusqu'à l'obtention de la température testée, à raison de 5°C par 5mn en moyenne. Ainsi, nous avons évité les brusques variations de température risquant de provoquer un décrochage immédiat suite à un choc thermique.

**1.2.3. Influence du NaCl**

D'après les analyses réalisées sur le terrain, la salinité peut être assimilée aux chlorures et en majeure partie au chlorure

du sodium. Pour cette raison et par commodité, nous avons utilisé ce sel pour nos tests.

La solution destinée aux expériences est obtenue par dissolution des différentes quantités de NaCl pur dans l'eau d'origine naturelle peu chargée en NaCl (15mg/l de chlorures).

#### **- Effet immédiat**

Les espèces ont été soumises à différentes concentrations en NaCl jusqu'à la concentration maximale provoquant le décrochage immédiat.

Le nombre de larves utilisé pour chaque expérience varie d'une espèce à une autre. Pour les espèces les plus abondantes dans nos stations, *B. rhodani*, *C. luctuosa*, *H. fezana* et *S. ornatum*, nous avons testés 5 individus/concentration. Par contre, 3 à 4 individus seulement sont utilisés pour les moins abondantes: *E. ochracea* (4 ind), *E. rothschildi* (4 ind) et *C. virgo* (3 ind). Notons que les individus ayant subi une expérience ne seront plus réutilisés.

L'expérience consiste à placer les individus dans la gouttière et à augmenter progressivement la vitesse du courant jusqu'à atteindre 50cm/s. Ceci permet aux larves de mieux s'adapter au courant. Ensuite, nous additionnons graduellement le sel jusqu'à la concentration désirée. Chaque individu subit 3 essais entre lesquels, on le laisse reposer pendant 5mn environ dans l'eau d'expérimentation à courant très faible.

#### **- Test de 24h**

Il nous a semblé intéressant de reprendre l'étude de l'effet du NaCl, avec la plupart des espèces dans un autre dispositif expérimental afin de prolonger le temps d'exposition. Il s'agit d'une cuvette garnie de galets et remplie d'eau dont l'oxygénation est assurée en permanence grâce à deux bulleurs.

L'expérience consiste à plonger un lot d'une dizaine d'individus d'une même espèce et d'additionner ensuite graduellement le NaCl jusqu'à l'obtention de la concentration choisie puis,

d'observer le taux de survie au bout de 24h. Ce dernier est comparé à celui d'une expérience témoin réalisée avec de l'eau naturelle provenant de la station C<sub>0</sub>.

**Remarque :**

pour les faibles concentrations, l'expérience dure jusqu'à 48h.

### **1.3. Méthodes statistiques**

La multiplication des données (3 mesures/individu pour chaque concentration en NaCl et chaque température), nous a permis de les exploiter par des méthodes statistiques. Il s'agit de : ANOVA 1, Test de Student et ANOVA 2.

Nous avons effectué le traitement sur des valeurs transformées en Arc sin $\sqrt{p}$  ou  $p$  est le pourcentage d'accrochage.

#### **1.3.1. Anova 1**

L'analyse de la variance à un critère de classification a pour but de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variance à partir d'échantillons aléatoires, simples et indépendants les uns des autres (Dagnelie, 1970). Autrement dit, voir si les temps moyens de résistance obtenus, diffèrent d'une concentration à une autre.

La comparaison de la valeur  $F_{\text{observée}}$  avec la valeur  $F_{\text{théorique}}$  conduit soit à l'acceptation, soit au rejet de l'hypothèse nulle. L'hypothèse nulle signifie l'absence de différence de comportement observée entre les différentes concentrations. Nous avons retenu les valeurs de  $F$  significative au seuil de 5%.

#### **1.3.2. Test de Student**

Lorsque l'Anova 1 met en évidence une différence significative donc, un effet positif du facteur, il est intéressant de comparer les différentes moyennes avec celle du témoin 2 à 2, afin de déterminer la plus petite différence significative c'est-à-dire : quelles sont les concentrations qui provoquent

un effet minimal significatif ?

### 1.3.3. Anova 2

Cette analyse a été utilisée dans le cas de l'effet combiné afin de mettre en évidence l'existence ou l'absence d'une interaction entre les deux facteurs (NaCl et température). L'interaction est considérée comme positive lorsque l'effet du NaCl dépend de la température, ce qui se traduit dans le traitement par un F significatif donc supérieur au  $F_{\text{théorique}}$  au seuil de 5%.

#### Remarque :

Le traitement utilisé concerne les résultats du 1<sup>er</sup> et du 3<sup>ème</sup> essai afin de mettre en évidence l'influence ou non du temps d'exposition.

## 2. Résultats

### 2.1. Effet de la température (témoin)

L'enregistrement du temps de résistance des différents organismes aux températures considérées (fig.15) permet de classer les espèces en fonction de leur sensibilité à la température et d'en déduire l'intervalle de tolérance.

En ce qui concerne les basses températures, nous observons que *C. luctuosa* (fig.15d) et *B. rhodani* (fig.15c) sont les plus sensibles. En effet, l'analyse de la variance à un critère a montré une action hautement significative des basses températures pour les deux espèces respectivement  $F=34,51$  et  $F=18,77$  par rapport à  $F_{5,t}=3,89$ . Chez *C. luctuosa*, sa plus grande sensibilité est en accord avec son préférendum thermique puisque c'est une espèce de plaine et d'eau moins fraîche (Kraïem, 1986b). Par contre, *B. rhodani*, décrite comme espèce vivant dans les eaux fraîches (El Agbani, 1984), ne supporte pas des températures très basses. Chez les autres espèces, nous n'observons pas de différence de comportement significative aux basses températures.

En ce qui concerne les températures supérieures à 20°C, *C. luctuosa* (fig.15d) est très résistante car les larves ne commencent à réagir significativement qu'à partir de 35°C : température de l'eau où elle a été déjà récoltée (Gagneur et Thomas, 1988). En effet, elle prolifère dans les biotopes présentant un fort réchauffement estival (Dakki, 1986). De plus, la plupart des larves testées appartenant à cette espèce survivent à 50°C après un temps d'exposition de 10mn. Le pourcentage de morts enregistré à cette température est seulement de 6%. L'Anova 1 donne donc une valeur de F tout juste significative ( $F=5,67$ ;  $F_{5,t}=3,24$ ).

Contrairement, les autres groupes présentent des F hautement significatifs ( $F>20$ ) traduisant une plus grande sensibilité des larves au réchauffement de l'eau. Toutefois, le degré de sensibilité n'est pas le même pour les différentes espèces. En

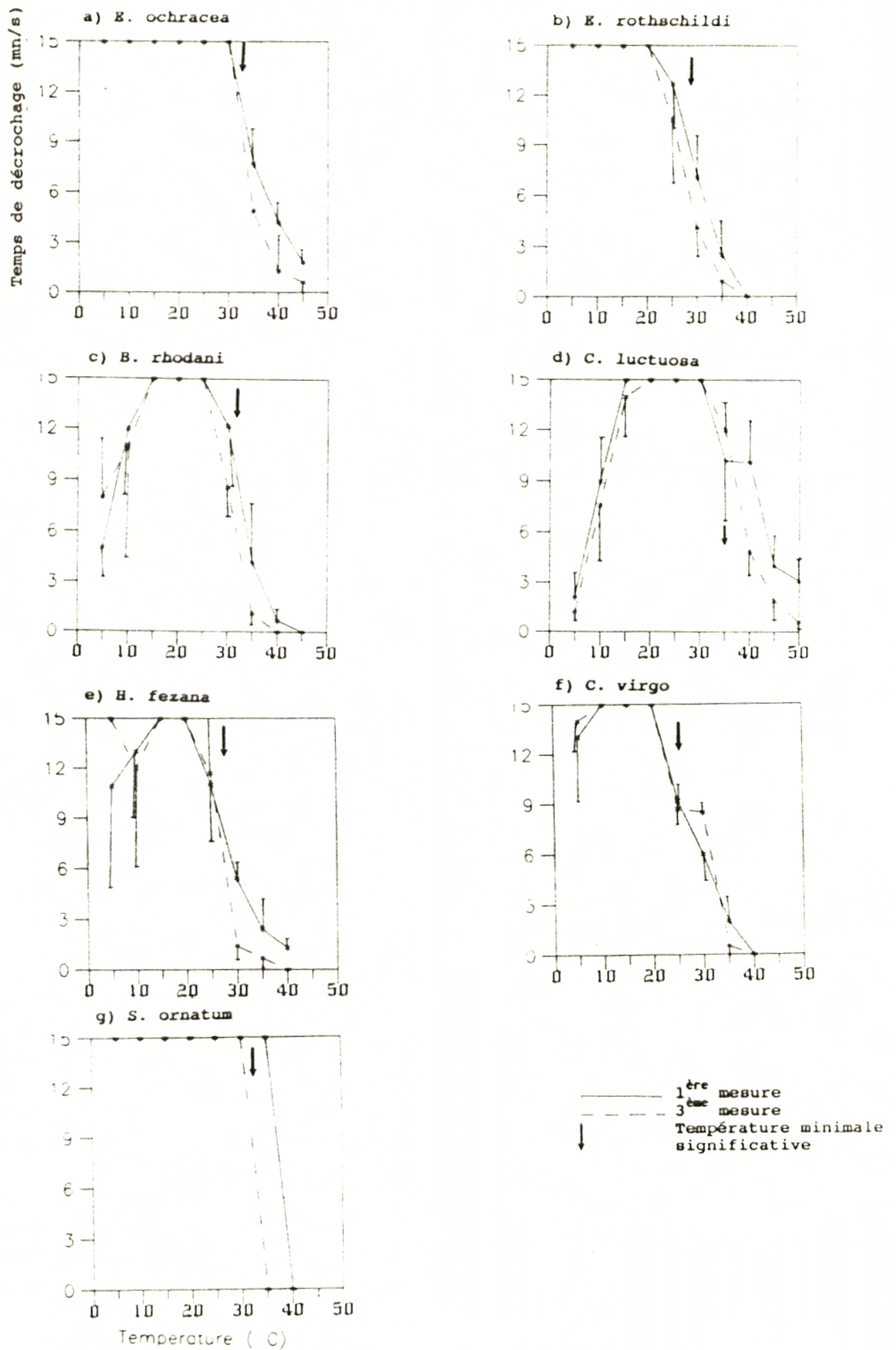


Fig.14 : Influence de la température.

effet, selon le Test de Student, *E. ochracea*, *B. rhodani* et *S. ornatum* sont les moins sensibles car jusqu'à 32°C l'effet est non significatif, d'où une tolérance relativement élevée vis-à-vis des "hautes températures". Cependant à 35°C, l'ensemble des larves de *S. ornatum* meurt après 15mn d'exposition.

*E. rothschildi*, *H. fezana* et *C. virgo* réagissent respectivement d'une façon significative à partir de 28, 27 et 25°C. Ce qui explique leur présence au niveau des sources (Gagneur et Thomas, 1988; El Agbani, 1984 et Zahner, 1959). De plus, chez *H. fezana* un taux de mortalité important a été enregistré (45%) à la fin de l'expérience à partir de 30°C.

La sensibilité au réchauffement de l'eau s'explique par son action directe, sur le rythme respiratoire en l'accélégrant (Pattée et Rougier, 1969). En effet, d'après Rostand (1935), le rythme respiratoire de la larve des Odonates passe de 76 mouvements/mn à 20°C, à 100 mouvements/mn à 25°C. De plus, Pattée et Rougier (1969) notent que *Perla abdominalis* se procure son oxygène en eau froide autant par diffusion dans l'eau en restant immobile que par renouvellement de l'eau par traction des pattes. Ce qui expliquerait probablement l'essoufflement de l'animal et son décrochage dans notre expérimentation.

D'autre part, l'augmentation de la température diminue la solubilité de l'oxygène engendrant ainsi la mort des larves testées aux températures très élevées.

En définitive, et selon les courbes, nous observons que l'ensemble des groupes testés résistent parfaitement aux températures entre 15 et 20°C. En dessous en au-dessus, on enregistre une sensibilité qui varie en fonction des espèces.

## **2.2. Effet immédiat du NaCl**

La vitesse est fixée à 50cm/s, la température est maintenue entre 15 et 20°C.

Les résultats obtenus sont exprimés par des courbes expérimentales traduisant le temps de résistance en fonction des concen-

trations utilisées (fig.16 ).

- *Eoperla ochracea* (fig.16a)

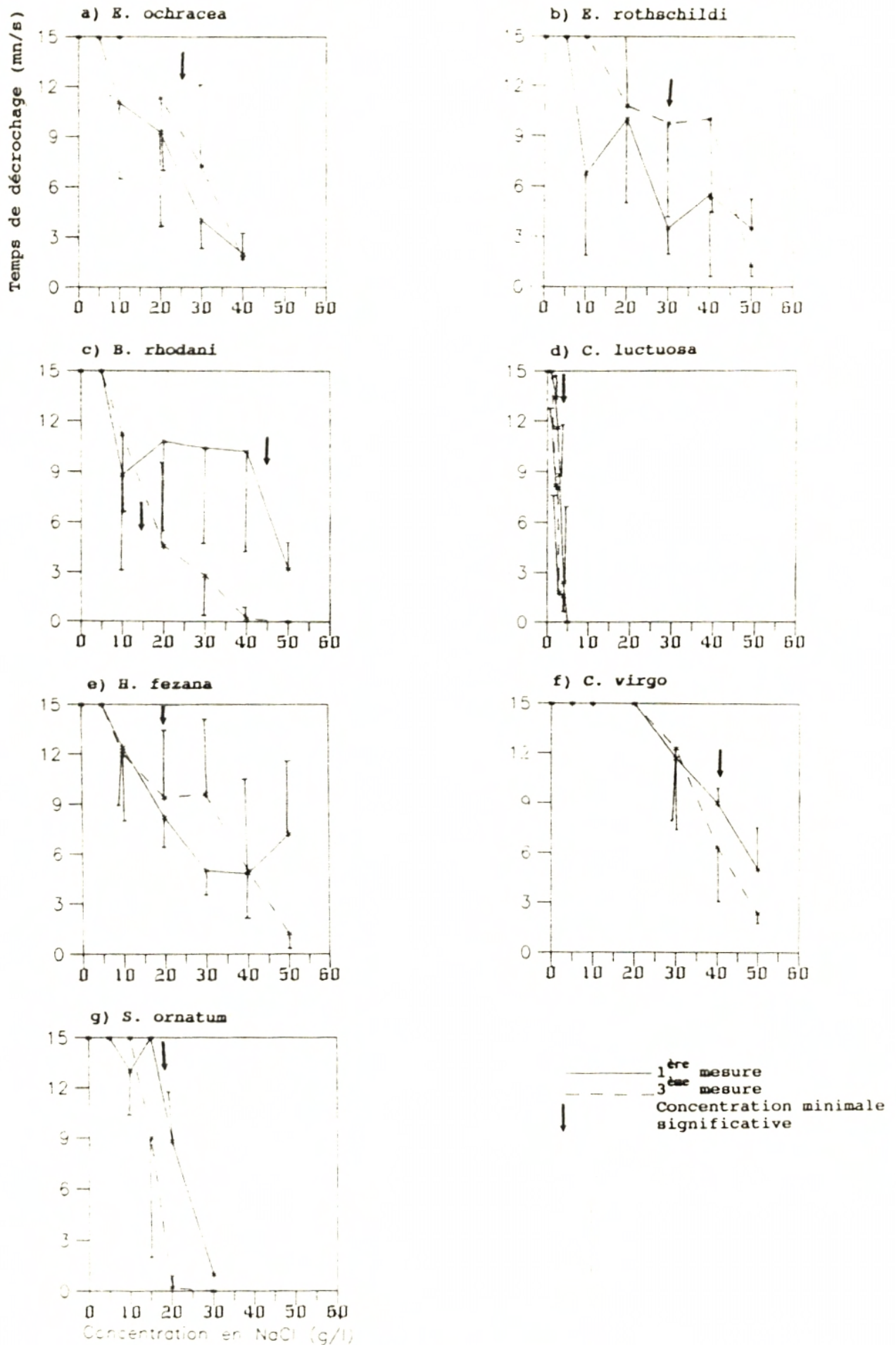
L'analyse de la courbe expérimentale montre que la réaction des larves d'*E. ochracea* est pratiquement proportionnelle à l'accroissement des concentrations. Ce qui est traduit dans l'analyse statistique par un effet hautement significatif ( $F=11,8$ ;  $F_{5,8}=2,77$ ). Toutefois, le Test de Student ne met en évidence une différence significative qu'à la concentration de 25g/l (concentration minimale significative). Autrement dit, les larves d'*E. ochracea* ne sont sensibles qu'à des teneurs assez élevées en NaCl. Notons que la répétition de l'expérience induit une légère augmentation de la résistance (tracé du 3<sup>ème</sup> essai). Cette augmentation peut être due à une légère adaptation.

Par contre, cette espèce disparaît dans nos cours d'eau dès que la minéralisation augmente (conductivité > 1000 $\mu$ s/cm) (Gagneur et Aliane, 1991).

- *Ecdyonurus rothschildi* (fig.16b)

La courbe met en évidence un effet croissant du chlorure de sodium sur les larves de cette espèce qui, selon l'Anova 1, est tout juste significatif ( $F=3,18$ ;  $F_{5,8}=2,8$ ). D'où, la légère sensibilité de cette espèce vis-à-vis du NaCl. En effet, la concentration minimale significative provoquant le décrochage est de l'ordre de 30g/l. De plus, on observe une légère adaptation au 3<sup>ème</sup> essai qui se traduit par un décrochage significatif à partir de 40g/l. Il est à remarquer que les tests n'ont provoqué aucun mort parmi les larves utilisées. Ce qui nous renseigne sur la tolérance de cette espèce vis-à-vis des fortes salinités.

Gagneur et Thomas (1988) ont montré que cette espèce vivait dans des stations, dont la conductivité atteignait 3900 $\mu$ s/cm. En Tunisie, *E. rothschildi* a été signalée dans des eaux ayant une conductivité de 8000 $\mu$ s/cm et 2700mg/l de chlorures (Boumaiza et Thomas, 1986).



**Fig.15 :** Influence du NaCl (effet immédiat).

- *Baetis rhodani* (fig.16c)

D'après la courbe, la sensibilité des larves augmente peu avec les concentrations. Jusqu'à 45g/l, l'effet observé reste non significatif d'où un F tout juste significatif ( $F=2,95$ ;  $F_{5,4}=2,62$ ). Cependant, l'analyse du tracé du 3<sup>ème</sup> essai révèle une toute autre réaction car les larves montrent une nette diminution de la résistance. La concentration minimale significative est de 15g/l. De plus, à partir de 30g/l la plupart des larves testées meurent quelques minutes après l'expérience.

Donc, sur l'ensemble de l'expérience, nous pouvons conclure à une forte sensibilité de *B. rhodani* au NaCl. Sensibilité qui va en s'accroissant avec le temps d'exposition.

- *Caenis luctuosa* (fig.16d)

Sur la figure, nous constatons une sensibilité des larves de cette espèce aux faibles concentrations de NaCl ( $F=5,42$ ;  $F_{5,4}=3,24$ ). La recherche de la plus petite différence significative, nous révèle que la concentration minimale significative est de 3g/l. Au 3<sup>ème</sup> essai, l'influence du NaCl devient légèrement plus importante et la concentration minimale significative est de 2,5g/l.

D'après Boumaiza et Thomas (1986); Gagneur et Thomas (1988), *C. luctuosa* est certainement de loin l'éphéméroptère présentant la plus grande valence écologique, puisqu'elle est récoltée fréquemment dans des eaux très minéralisées (conductivité=1600 $\mu$ s/sm) correspondant à 4000mg/l de chlorures. Nos résultats en contradiction avec l'écologie de l'espèce ne peuvent probablement s'expliquer que par une sensibilité à l'action combiné du courant et des teneurs élevées en NaCl vu que ce sont des animaux d'eau calme.

- *Hydropsyche fezana* (fig.16e)

Selon la courbe, *H. fezana* semble être très sensible au NaCl. En effet, l'Anova 1 montre une action hautement significative à ce facteur ( $F=10,89$ ;  $F_{5,4}=2,62$ ). Cependant, la concentration

minimale significative n'est située qu'à 20g/l. Signalons qu'à 50g/l, on note une variation individuelle traduisant une plus faible sensibilité. Cependant, au 3<sup>ème</sup> essai, les larves ne résistent plus et meurent au bout de 30mn.

Malgré une préférence de cette espèce pour les zones de sources (Dakki, 1978), elle semble tolérer des teneurs en sels relativement élevées.

#### - *Calopterix virgo* (fig.16f)

L'analyse de la courbe expérimentale met en évidence une décroissance progressive de la résistance à partir de 20g/l ( $F=8,47$ ;  $F_{3,1}=3,11$ ). Mais ce n'est qu'à partir de 40g/l que les larves de *C. virgo* réagissent significativement. Notons que l'effet est identique au 1<sup>er</sup> et au 3<sup>ème</sup> essai. D'où, on peut déduire une bonne tolérance de *C. virgo* au NaCl.

#### - *Simulium ornatum* (fig.16g)

Le NaCl n'a pratiquement aucun effet sur les larves de *S. ornatum* pour les concentrations inférieures à 18g/l. A partir de cette concentration, l'effet devient très important ( $F=45,79$ ;  $F_{3,1}=2,45$ ). Notons qu'à 20g/l les larves testées étaient inertes. Leur mort est enregistrée 30mn après le début de l'expérience.

Bien que préférant les eaux peu chargées (Gagneur et Clergue-Gazeau, 1988) *S. ornatum* semble supporter des eaux plus minéralisées (3550 $\mu$ s/cm dans l'oued Oua Am).

### **2.3. Effet combiné du NaCl et de la température**

Afin de mettre en évidence une éventuelle interaction entre les concentrations en sels et la température de l'eau, nous avons testé la combinaison des deux facteurs. Il s'agit donc de voir, si la sensibilité des larves aux teneurs en NaCl est modifiée par la température.

Les résultats obtenus pour chacune des températures sont exprimés par des courbes donnant le temps de résistance en fonction des concentrations en NaCl (fig.17).

Notons, que les concentrations testées aux différentes températures (5 et 10g/l) ont été choisies parce qu'elles ne provoquent pas pour l'ensemble des espèces de modifications significatives du comportement à la température optimale (20°C).

D'après nos observations, nous pouvons distinguer deux groupes d'espèces :

un premier groupe avec *E. ochracea*, *B. rhodani*, *H. fezana* et *S. ornatum* dont la sensibilité au NaCl, n'est pas influencée par la température d'où une interaction nulle.

Remarquons que chez *S. ornatum* (fig.17f), les températures élevées (>20°C) réduisent d'une façon non significative la résistance au sel malgré sa thermophilie.

un second groupe dont la sensibilité au NaCl est modifiée par la température : il s'agit de *E. rothschildi* qui présente une interaction tout juste significative ( $F=3,89$ ;  $F_{5,8}=2,08$ ) et de *C. virgo* dont l'interaction est hautement significative ( $F=38,06$ ;  $F_{5,8}=3,11$ ). Dans ce groupe, on constate à l'observation des courbes, que les basses températures, notamment à 5°C, accroissent de façon significative la sensibilité au NaCl. La concentration minimale significative à cette température est donc de 8g/l pour *E. rothschildi* et de 7g/l pour *C. virgo*. Alors qu'à l'opposé, les hautes températures ne modifient pas significativement la tolérance au sel.

## 2.4. Test de 24 heures

Les larves de *C. luctuosa* n'ont pas fait l'objet de ce test car durant l'expérience sur l'effet immédiat du NaCl, nous avons observé qu'elles réagissent fortement à des concentrations inférieures à 5g/l.

Pour les autres espèces, nous avons exprimé les résultats obte-

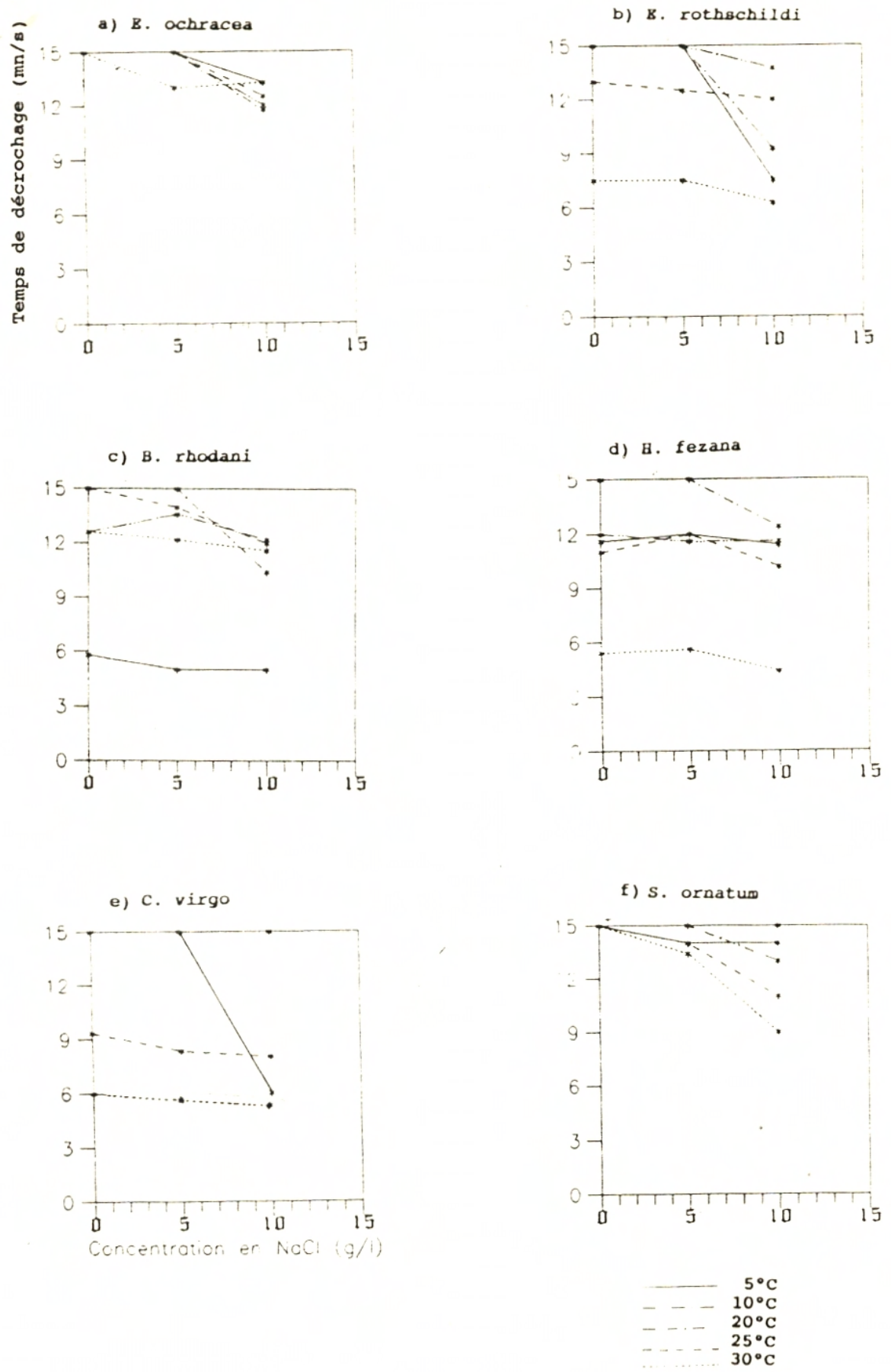
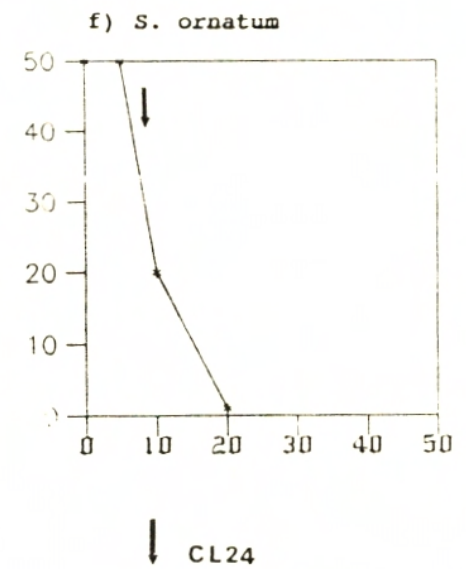
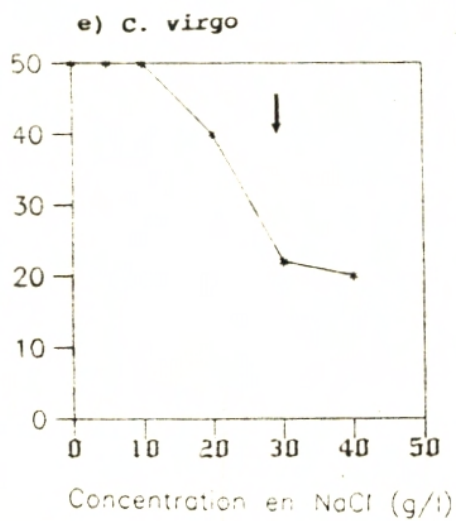
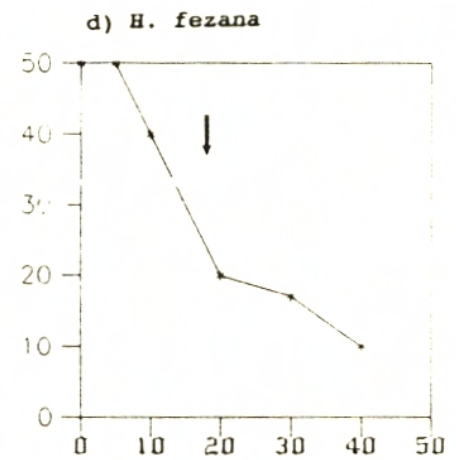
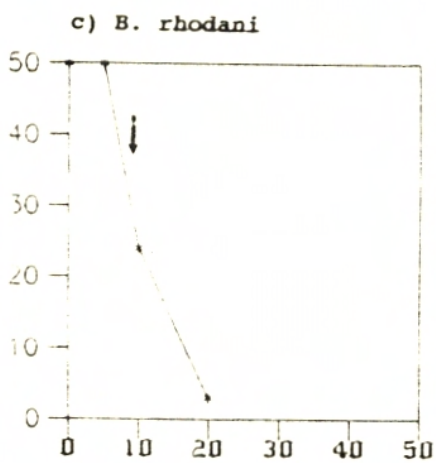
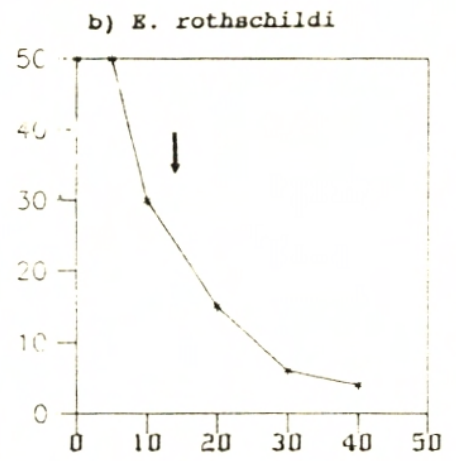
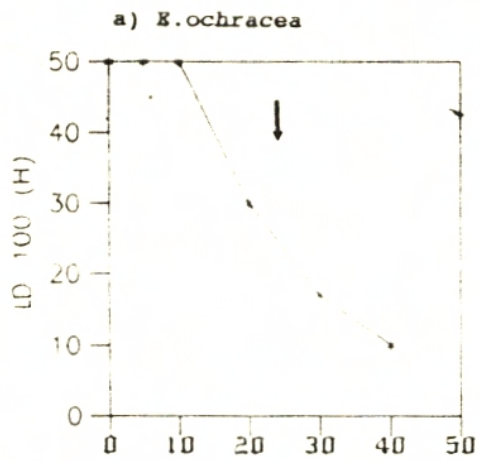


Fig.16 : Effet combiné du NaCl et de la température.

nus par des courbes donnant le temps correspondant à la mort de 100% des individus (L.D.100), pour chacune des concentrations en NaCl (fig.18). A partir de ces courbes, nous avons déterminé la concentration létale pour 100% des individus testés en 24h (CL.24).

L'examen des courbes, nous révèle que l'ensemble des groupes étudiés survivent au delà de 48 heures à toutes les concentrations  $\leq 5\text{g/l}$ . Au-dessus de cette concentration, *S. ornatum* et *B. rhodani* sont les premiers à réagir puisqu'une mortalité élevée atteignant 100% des individus est enregistrée, à partir de  $10\text{g/l}$  (correspondant à leur CL.24). Cette même concentration est très bien supportée par les autres espèces puisqu'aucun décès n'est constaté au bout de 24 heures parmi tous les individus. A partir de  $10\text{g/l}$ , les larves testées meurent plus ou moins rapidement. En effet, *E. rothschildi* et *H. fezana* présentent respectivement des CL.24 à 14 et  $18\text{g/l}$ . Alors que les CL24 d'*E. ochracea* et *C. virgo* se situent respectivement à 24 et  $28\text{g/l}$ .



**Fig.17** : Influence du NaCl sur la survie des larves aquatiques.

### 3. Discussion

La synthèse des données expérimentales fait apparaître une résistance relativement importante des espèces étudiées à des additions de NaCl. En effet, les concentrations minimales significatives enregistrées sont des concentrations qui d'après Claassen (1926) font disparaître la faune d'eau douce.

La tolérance des espèces aux eaux hypersalines implique d'après Colburn (1981) la présence d'un mécanisme physiologique de régulation très développé, résultant d'une adaptation au milieu.

Les espèces européennes étudiées comme *B. rodhani*, *S. ornatum* et *C. virgo* qui vivent en Afrique du Nord dans des eaux beaucoup plus minéralisées (conductivité  $>$  à 500 $\mu$ s/cm) se seraient adaptées à ces conditions.

La plupart des espèces étudiées commencent à réagir aux concentrations supérieures à 10g/l. Toutefois, cette réaction varie en fonction des espèces d'une part et en fonction de la température d'autre part.

Ainsi, le classement d'après les seuils de tolérance indique que les espèces se répartissent en quatre groupes :

Le groupe 1 comprend *Caenis luctuosa*. Chez cette espèce, une concentration de 3g/l provoque son décrochage.

Le groupe 2 est composé de deux espèces, à savoir *Simulium ornatum* et *Baetis rhodani*. Elles sont relativement sensibles puisqu'elles supportent difficilement une concentration de 10g/l, surtout lorsque le temps d'exposition augmente. Toutefois, cette sensibilité est très relative vu les concentrations utilisées.

Concernant *S. ornatum*, Grenier (1953) pensait déjà que les sels dissouts dans l'eau n'avaient pas une influence nette sur la répartition des Simulidae.

Le groupe 3 regroupe les espèces les moins sensibles au NaCl

comme *Eoperla ochracea*, *Ecdyonurus rothschildi* et *Hydropsyche fezana*. Elle ne réagissent qu'à des teneurs très élevées. En effet, *E. ochracea* qui d'après Aubert (1961) serait affectée par la salure de l'eau, présente un seuil de tolérance proche de la concentration en sel de l'eau de mer. Ce qui nous renseigne sur son degré de résistance.

De même *E. rothschildi* a été récoltée dans des eaux contenant jusqu'à 2,7g/l de chlorures (Boumaïza et Thomas, 1986).

Quant au genre *Hydropsyche*, d'après Crowther et Hynes (1977), il résiste jusqu'à 1.6 g/l durant 24 heures puisque le taux de dérive ne dépasse pas 1 organisme par jour.

De plus leur résistance augmente lorsqu'on augmente le temps d'exposition. Cette réaction peut s'expliquer par un temps d'acclimatation insuffisant, puisque Chervenski (1983) observe une meilleure tolérance chez le poisson lorsqu'il augmentait le temps d'acclimatation.

Le groupe 4 se limite à *Calopteryx virgo*, l'espèce la plus tolérante vis-à-vis du Chlorure de Sodium. La sensibilité des larves n'apparaît qu'à des concentrations importantes (40 g/l). En effet, 20 g/l de NaCl n'affecte cette espèce ni dans l'immédiat ni après 24 heures d'exposition.

Notons que *C. Virgo*, malgré sa tolérance à la salinité de l'eau, n'a été récoltée qu'à proximité des sources. Nous supposons alors qu'elle recherche dans ces zones la fraîcheur de l'eau (Zahner, 1959).

La sensibilité des groupes testés au NaCl peut s'expliquer par l'hypothèse suivante : si l'on place un animal dans un milieu salé, il y a diffusion passive des ions  $\text{Na}^+$  au travers des téguments. On peut supposer l'existence d'un système de régulation au niveau de la membrane cellulaire (pompe à sodium) comme chez les vertébrés, qui permet à leur organisme d'évacuer les ions  $\text{Na}^+$  en excès. Cette sortie de  $\text{Na}^+$  se fait par voie active nécessitant un apport d'énergie (Trémolières, 1972). Nous supposons alors que le NaCl présent à des concentrations

très élevées, perturbe ce mécanisme entraînant par fatigue le décrochage des larves.

De plus, on sait que les sels dissouts dans l'eau posent des problèmes de régulation de la pression osmotique chez les organismes qui y vivent. Donc, l'augmentation de la teneur en sel provoque l'élévation de la pression osmotique, entraînant au niveau des branchies et autres organes externes des phénomènes de diffusion (Bremond et Perrondon, 1976). Ce qui pourrait expliquer la mort des larves.

Remarquons que les espèces les plus sensibles sont toutes de petite taille par rapport aux moins sensibles. En effet, l'importance des échanges est d'autant plus grande que la taille est petite. Ces échanges sont proportionnels à la surface et le rapport surface/volume est d'autant plus grand que la taille est petite. De plus, chez les individus de petite taille, la sclérification moins importante, permet des échanges plus intensifs.

D'autre part, la température, notamment les plus basses, semble jouer un rôle important dans l'influence du NaCl.

*E. rothschildi* et *C. virgo* présentent une plus forte sensibilité au NaCl aux basses températures, alors que ces deux espèces ne sont pas sensibles à chacun des facteurs séparément. Par contre, si on considère les températures plus élevées, la sensibilité des larves n'est pas influencée par l'augmentation de ce facteur. Ceci va dans le sens contraire des observations de Roback (1974) qui précise que la tolérance à la salinité est d'autant plus grande que l'eau est froide. Ou alors, il faut préciser qu'au-dessous d'un seuil se situant vers 5°C, la salinité est moins tolérée.

## Conclusion

Le présent travail a montré que les chlorures sont les sels prépondérants dans le réseau de la Tafna et d'après la littérature, dans les rivières de zones arides et semi-arides (Blanc et Conrad, 1968). Ils présentent un gradient amont-aval important dans les cours d'eau. Par conséquent, on pouvait penser qu'ils auraient un rôle déterminant sur la répartition de la faune aquatique et dans la zonation longitudinale.

Or, les expériences réalisées au laboratoire indiquent que la plupart des espèces testées, présentent une résistance très importante. En effet, les seuils de tolérance d'*E. ochracea*, d'*E. rothschildi*, de *B. rhodani*, d'*H. fezana*, de *C. virgo* et de *S. ornatum* sont nettement supérieurs aux concentrations maximales de chlorures enregistrées sur le terrain. Ils varient de 10 à 40g/l. Tandis que celui de *C. luctuosa* (2,5-4g/l), il se rapproche des teneurs naturelles.

Reyment (1964) avait déjà noté une tolérance expérimentale bien supérieure à la tolérance naturelle chez les Ostracodes *Cypridopsis vidua* et *C. obesa*.

De plus, nous avons mis en évidence le rôle prépondérant de la température. Ce facteur, d'après de nombreuses études, intervient de façon prépondérante dans la zonation et la répartition des espèces aquatiques. En effet, la température constitue un facteur limitant pour la majorité des espèces étudiées. Par exemple les températures inférieures à 15°C pour *C. luctuosa* et *B. rhodani* et les températures supérieures à 28°C pour *E. rothschildi*, *H. fezana* et *C. virgo*.

En ce qui concerne *E. ochracea* et *S. ornatum*, elles sont relativement insensibles aux deux facteurs.

Par ailleurs, la combinaison de la température et du NaCl n'affecte que *E. rothschildi* et *C. virgo* aux basses températures. Cependant, aucun effet combiné n'a été enregistré aux températures élevées.

Si on tient compte, que des informations recueillies lors de cette étude, il paraît peu probable que les chlorures interviennent sur la répartition de la faune aquatique. Toutefois, il est difficile de confirmer cette hypothèse.

En effet, nous n'avons testé que des larves âgées et nous avons observé que la taille et la sclérisation pouvaient intervenir. Sur les larvules, les effets du NaCl et des autres sels seront, d'après nos observations, plus marqués.

De plus, sur la résistance des oeufs et sur la physiologie de la reproduction et du développement, nous n'avons aucune donnée et celles-ci seront difficile à obtenir.

Il se pourrait que la forte salinité des oueds soit supportable pour les larves aquatiques mais que simplement la mortalité des jeunes larves soit plus élevée ou que le taux d'éclosion soit plus faible pour qu'un déséquilibre s'installe et se traduise par une raréfaction de la faune.

Il faut donc tester l'influence de la salinité sur la biologie de la faune benthique d'une part et voir son effet indirect d'autre part car la salinité agit aussi indirectement sur la faune en réduisant la production primaire (Dickmann et Gochnauer, 1978).

De telles études pourraient être basées sur l'utilisation d'un temps plus long afin de connaître l'effet des faibles concentrations ou sur des observations concernant la survie des larves élevées in situ dans des milieux salés (Oued Ed-Diab, Daya, Sebkhah).

Ce travail, nous a permis de progresser dans la connaissance des possibilités de résistance instantanée à de fortes salures qui peuvent se produire à l'aval de conserveries et autres usines d'agro-alimentaire. A partir des seuils de tolérance minimum mesurés, on peut fixer à quelques grammes par litre (ce qui est déjà considérable) la teneur maximale des rejets de ces usines, en recommandant que ces rejets restent limités dans le temps (nettoyage par exemple).

En progressant dans l'étude des effets à long terme de la salinité des eaux des oueds sur la faune benthique, nous pourrions savoir si le sel est un obstacle au rétablissement d'une faune aquatique "normale" ou si ce facteur est négligeable, comparé aux facteurs température et matières en suspension.

Ces phénomènes de salinisation sont importants et ont des impacts économiques. Exemple : l'irrigation avec des eaux salées entraîne des modifications des sols qui deviennent moins productifs (Simmonneau, 1961).

Avec la multiplication des retenues, l'évaporation va accentuer la salinité des eaux. Salinité qui va, par contamination, passer dans les nappes phréatiques et se retrouver au niveau des puits (Blanc et Conrad, 1968). Les puits de la basse Tafna et près des oueds cotiers salés sont déjà riches en sel.

## BIBLIOGRAPHIE

- AGUESSE P., 1968.** Les odonates de l'Europe occidentale, du nord de l'Afrique et des îles atlantiques.  
Masson eds. Paris : 258p.
- ALBRECHT M., 1954.** Die Wirkung der Kaliabwasser auf die Fauna der Werra und Wipper.  
Z. Fish., N.F., 3 : 401-26.
- ANDERSON B.G., 1948.** The apparent threshold of toxicity of *Daphnia magna* for chlorides of various metals when added to Lake Erie water.  
Trans. Ann. Fish. Soc., 78 : 96-113.
- AUBERT J., 1961.** Contribution à l'étude des plécoptères du Maroc.  
Mitt. Schweiz. Ent. Ges., 33 (4) : 213-222.
- AZZA B., 1987.** L'influence du rouissage de l'alfa sur la qualité de l'eau.  
D.E.S., Inst. Biologie Tlemcen : 28p.
- BENECH V., 1972.** Le polyvoltinisme chez *Baetis rhodani* Pictet (Insecta, Ephemeroptera) dans un ruisseau à truite des Pyrénées - Atlantiques, le lissage.  
Ann. Hydrobiol., 3 (2) : 141-171.
- BLANC P. et CONRAD G., 1968.** Evolution géochimique des eaux de l'oued Saoura (Sahara nord - occidental).  
Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn., 2 (5) : 415-428.
- BOUMAIZA M., 1984.** Contribution à la limnologie de la Tunisie. Etude physico-chimique.  
Arch. Inst. Pasteur Tunis., 61 (2-3) : 205-246.
- BOUMAIZA M. et THOMAS A.G.B., 1986.** Répartition et écologie des Epheméroptères de Tunisie (1<sup>ère</sup>) Partie (Insecta, Ephemeroptera).  
Archs. Inst. Pasteur Tunis., 263 (4) : 567-599.

- BOUZIDI A., 1989.** Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc). Bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements.  
Thèse d'Etat, Aix-Marseille III : 190p.
- BRITTAIN J.E., 1977.** The effects of temperature on the eggs incubation period of *Taeniopteryx nebulosa* (Plecoptera).  
Oikos, 29 : 302-305.
- BRITTAIN J.E., 1983.** The influence of temperature on nymphal growth rates in mountain stoneflies (Plecoptera).  
Ecology, 64 : 440-446.
- CHERVINSKY J., 1983.** Salinity tolerance of the mosquito fish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard).  
J. Fish. Biol., 22 : 9-11.
- CLAASSEN P.W., 1926.** Biological studies of polluted areas in the genesse river system.  
Rep. N.Y. State Conserv. Dept., 16 suppl, : 38-47.
- COLBURN E.A., 1981.** Environmental variabilité in a saline desert stream, and some implication for aquatic life. Developpements in Arid Zone Ecology and Environmental quality, Balaban ISS, Philadelphia, Pa : 147-156.
- COQUAND M., 1846.** Sur l'âge des gisements de sels (Djebel Melah), sur l'origine des ruisseaux salés (oued Melah) et des lacs salés (Chotts et Sebkhah) de l'Algérie.  
Bull. Soc. Géol. Fr. Paris, (2<sup>e</sup> série), 25 : 431-453.
- CROWTHER R.A et HYNES H.B.N., 1977.** The effect of road deicing salt on the drift of stream benthos.  
Environ. Pollut., 14 : 113-126.

- DAGNELIE P., 1970.** Théories et méthodes statistiques.  
Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.,  
Vol 2 : 463p.
- DAKKI M., 1978.** Le genre *Hydropsyche* au Maroc. Trichoptera  
Hydropsychidae.  
Bull . Inst. Sc. Rabat., 3 : 111-120.
- DAKKI M., 1979.** Recherches hydrobiologiques sur un cours d'eau  
du moyen Atlas (Maroc).  
Thèse de 3<sup>e</sup> Cycle, Aix-Marseille : 126p.
- DAKKI M., 1986.** Recherches hydrobiologiques sur le haut sebou  
(moyen Atlas), une contribution à la connaissance  
faunistique, écologique et historique des eaux  
courantes sud-méditerranéennes.  
Thèse d'Etat, Aix-Marseille.
- DAKKI M. et EL AGBANI A., 1983.** Ephéméroptères d'Afrique du  
Nord. 3, éléments pour la connaissance de la faune  
marocaine.  
Bull . Inst. Sc. Rabat, 7 : 115-126.
- DECAMPS H., 1968.** Recherches écologiques sur les Tricoptères  
des Pyrénées.  
Thèse d'Etat Fac.Sc. Toulouse : 306 p.
- DICKMANN M.D. et GOCHNAVER M.B., 1978.** Impact of sodium  
chloride on the microbiota of a small stream.  
Environ. Pollut., 17 : 109-126.
- DORGELLO J., 1974.** Comparative ecophysiology of *Gammarus*  
(Grustacea - Amphipoda) from marine, brackish and  
freshwater habits, exposed to the influence of  
salinity - temperature combinations. I. Effect on  
survival.  
Hydrobiol. Bull. Amsterdam, 8 : 90-108.
- EL AGBANI M.A., 1984.** Le réseau hydrographique du bassin  
versant de l'oued Bou Regreg (plateau central maro-  
cain). Essai de biotypologie.

Thèse de 3<sup>e</sup> Cycle, Lyon I : 147p.

- ELLIOT J.M., 1987.** Temperature - induced changes in the life cycle of *Leuctra nigra* (Plecoptera leuctridae) from a Lake District stream.  
Fresh water Biology, 18 : 177-184.
- GAGNEUR J., 1983.** Surveillance biologique de la qualité des eaux . Exemple d'application du bassin de la Tafna (Algérie).  
Communication aux journées de l'eau, Tlemcen, 21p.
- GAGNEUR J., 1987.** Sur la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques en Algérie.  
T.S.M. L'eau : 209-212.
- GAGNEUR J. et ALIANE N., 1991.** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie.  
X<sup>e</sup> Symposium International sur les plécoptères.  
Kluwer Acad. Publ. Dordrecht : 311-323.
- GAGNEUR J. et CLERGUE-GAZEAU M., 1988.** Les simuliés d'Algérie (Diptera : Simulüdae).I. Première donnée biogéographique et écologique sur les espèces de l'ouest algérien.  
Annl. Limnol., 24 (3) : 275-284.
- GAGNEUR J. et THOMAS A.G.B., 1985.** Athericidae d'Afrique du nord. III la larve d'*Atrichops numidicus* Thomas et Gagneur, 1981 et son écologie (Diptera, Brachycera).  
Bull. Soc. Hist. Nat Toulouse, 121 : 125-129.
- GAGNEUR J. et THOMAS A.G.B., 1988.** Contribution à la connaissance des Epheméroptères d'Algérie. I. Répartition et écologie (1<sup>ère</sup> partie) (Insecta, Ephemeroptera).  
Bull. Soc. Hist. Nat Toulouse, 124 : 213-223.
- GENTIL L., 1903.** Etude géologique du bassin de la Tafna.  
Bull. Serv. Carte géol. Algérie, 2 (4) : 425p.

- GRENIER P., 1953.** Simuliidae de France et d'Afrique du Nord (Systématique, Biologie, Importance médicale). Encyclopédie Entomologique, P. Lechevalier, Paris: 159p.
- GIUDICELLI J., DAKKI M. et DIA A., 1985.** Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes. Verh. Internat. Verein. Limnol., 22 : 2094-2101.
- GIUDICELLI J., DIA A. et LEGIER P., 1980.** Etude hydrobiologique d'une rivière de région méditerranéenne, l'Argens (Var, France): habitat, hydrochimie, distribution de la faune benthique. Bijdr. Dierk., 50 (2) : 303-341.
- HAWKINS R.H. et JUDD J.H., 1972.** Water pollutions as affected by street salting. Water Resources Bulletin, 8 (6) : 1296-1252.
- HOLMIERE D., 1988.** La dérive des invertébrés aquatiques sur la moyenne et basse Neste d'Aure (Haute Pyrénées). Impact des aménagements hydro-électriques. Thèse de troisième cycle, Univ. de Toulouse : 115p.
- HYNES H.B.N., 1970.** The ecology of running waters. Univ. Toronto Press. Toronto : 555p.
- ILLIES J., 1953.** Die Besiedlung der Fulda (Insbes. das Benthos der Salmoniden-region) nach dem jetzigen stand der untersuchung. Ber. Limnol. Flusstn freudenthal, 5 : 1-28.
- ILLIES J., 1978.** Plecoptera. In J. ILLIES, Limnofauna Europaea. Fisher, Verlaq. Stuttgart, : 264-273.
- KRAIEM M.M., 1986a.** Influence de la salinité sur la présence des barbeaux dans le lac Ichkeul (Tunisie septentrionale). Bull. Inst. Nat. Sci. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô 13.

- KRAIEM M.M., 1986b.** Contribution à l'étude hydrobiologique de trois cours d'eau du nord-ouest de la Tunisie. Présentation physico-chimie et aperçu faunistique. Bull. mens. Soc. Linn. Lyon, 55 (3) : 96-104.
- KRAIEM M.M. et PATTEE E., 1980.** La tolérance à la température et au déficit en oxygène chez le barbeau (*Barbus barbus L.*) et d'autres espèces provenant des zones piscicoles voisines. Arch. Hydrobiol., 88 (2) : 250-261.
- KRAIEM M.M. et PATTEE E., 1988.** Salinity tolerance of the barbel, *Barbus callensis* Valenciennes, 1842 (Pisces, Cyprinidae) and its ecological significance. Hydrobiologia, 166 : 263-267.
- LUTZ P.E., 1968.** Effects of temperature and photoperiod on larval development in *Lestes eurinus* (Odonate : Lestidae). Ecology, 49 (4) : 637-644.
- MAG DYCH W.P., 1984.** Salinity stress along a complex river continuum : Effects on mayfly (Ephemeroptera) distributions. Ecology, 65 (5) : 1662-1672.
- NEBEKER A.V., 1971.** Effect of high winter water temperature on adult emergence of aquatic insect. Water Research perqamon Press., 5 : 777-783.
- NISBET M. et VERNEAUX J., 1970.** Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition des classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Annls. Limnol., 6 (2) : 161-190.
- PATTEE E., 1980.** Coefficient thermique et écologie de quelques planaires d'eau douce VII : leur zonation naturelle Annls. Limnol., 16 (1) : 21-41.
- PATTEE E. et ROUGIER C., 1969.** Etude de la respiration chez

deux larves aquatiques d'insectes : travaux pratiques d'écologie.

Extrait du bulletin mensuel de la société linnéenne de Lyon, 1 : 7-18.

- PERRY S.A. PERRY W.B. et STANFORD J.A., 1987.** Effects of thermal regime on size, growth rates and emergence of two species of stoneflies (Plecoptera : Taeniopterygidae, Pteronarcyidae) in the flathead river, montana.  
Am. Midl. Nat., 117 (1) : 83-93.
- REYMENT R.A., 1964.** Note on an upper salinity tolerance level for cypridopsis (Ostracoda).  
Crustaceana., 7 (1) : 75-76.
- ROBACK S.S., 1974.** Insects (Arthropoda : Insecta). In : C.W HART et S.L.H.FULLER :  
Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates, Academic Press, N.Y : 314-376.
- RODIER J., 1976.** L'analyse de l'eau.  
Bordas, Paris, Tome II : 364p.
- ROSTAND J., 1935.** La vie des Libellules.  
Paris.
- SHERBERGER F.F., BENFIELD E.F., DICKSON K.L., et CAIRNS Jr.J., 1977.** Effects of thermal shocks on drifting aquatic insect : a laboratory simulation.  
J. Fish Res. Board. Can., 34 : 529-536.
- SIMONNEAU P., 1961.** Les phénomènes temporaires de salinisation des sols irrigués en Algérie et au Sahara.  
Ann. Agrn., 12 (6) : 561-571.
- SODERSTROM O., 1988.** Effects of temperature and food quality on life-history parameters in *Parameletus chelifer* and *P. minor* (Ephemeroptera) : a laboratory study.  
Freshwater Biolgy, 20 : 295-303.

- SWEENEY B.W., VANNOTE R.L. et DODDS P.J., 1986.** The relative importance of temperature and diet to larval development and adult size of the winter stonefly, *Soyedina carolinensis* (Plecoptera : Nemouridae). Freshwater Biology, 16 : 39-48.
- TALEB A., 1992.** Etude expérimentale des effets des matières en suspension sur quelques organismes benthiques. Thèse de Magister, Univ. Tlemcen.
- TIMMERMANS J.A., 1975.** Les effets du chlorure de calcium dans le milieu aquatique. Ministère de l'agriculture, station de recherche des eaux et des forêts Groenendaal-Hoeilaart, Belgique Travaux série D, N°44 : 19p.
- TREMOLIERES J., 1972.** Biologie générale, physiologie du milieu intérieur et des organes. Dunod, Paris, Tome 3 : 403p.
- VAILLANT F., 1967.** Sur le choix des espèces indicatrices pour une zonation des eaux courantes. Trav. Lab. Hydrobiol. Grenoble., 57 (58) : 7-15.
- VILLE L., 1852.** Recherches sur les roches, les eaux et les gîtes minéraux des provinces d'Oran et d'Alger. Imp. Impériale, Paris : 423p.
- WITH N.D. et SCHORS R.C.V., 1982.** On the interrelation of the Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> influxes in the pulmonate freshwater snail, *Lymnaea stagnalis*. J. Comp. Physiol., 148 : 131-135.
- YADI H.B., 1991.** Nature et évolution de la matière minérale et organique dans le bassin de la Tafna (N-W algérien). Thèse de Magister, Université Tlemcen : 131p.
- ZAHNER R., 1959.** Die Bindung der *Calopteryx* Arten an das strömende wasser. Internationale revue Der Gesamten Hydrobiologie, Band 4, Heft 1 : 51-130.

**ANNEXE**

Stat	Heure	T <sub>air</sub>	T <sub>eau</sub>	pH	O <sub>2</sub> (%)	AL (mg/L)	Dur (mg/L)	Cond (μs/cm)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	NO <sub>2</sub> (mg/L)	NO <sub>3</sub> (mg/L)
T <sub>0</sub>	H 9h30'	8,7	15.6	6.9	35	1.36	68	640	15.15	0.025	6
	M 10h30'	10	16	6.8	60	0.03	66.3	-	60.6	0.03	3
	X 10h40'	25	17	7	85	0.68	78	287	60.6	0.015	3
T <sub>2</sub>	H 10h20'	11,2	12.7	7.2	43	1.36	85	1500	1818	0.07	22
	M 11h30'	15.6	11.5	7.4	106	1.36	98.6	-	333	0.12	3
	X 11h40'	29	20	7.2	150	0.68	85	1428	350	0.04	4
T <sub>3</sub>	H 11h15'	15,4	18.9	7.2	85	2.04	83.3	1000	121	0.01	18
	M 12h15'	18.7	13.5	7.2	116	1.36	132.3	-	151	0.05	3
	X 12h20'	28	21	7.7	112	1.36	81.6	784	182	0.015	3
T <sub>4</sub>	H 13h50'	17,5	14.1	7.2	95	1.36	68	755	60	0.03	2
	M 16h	22.2	16.3	7.7	88	1.36	68	-	60	0.01	5
	X 15h20'	26	25	7.5	104	1.36	59.5	576	91	0.01	4
T <sub>5</sub>	H 17h25'	14,8	16.6	7	33	1.36	102	1150	273	0.02	15
	M 16h50'	23.9	22.2	7.5	135	1.36	100.3	-	212	0.03	4
	X -	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T <sub>6</sub>	H 16h05'	21	17.6	7.6	55	-	180.2	2600	666	0.05	1.4
	M 13h05'	24.6	18.5	7.6	125	0.78	134.3	-	697	0.01	4
	X 14h40'	32	30	7	95	0.68	150	3684	666	0.15	3
T <sub>7</sub>	H 16h50'	20.7	15.9	7.7	128	-	250	3100	818	0.01	5
	M 15h45'	25.5	19.6	7.8	115	0.68	170	-	1000	0.02	3
	X 17h50'	25	30	7.5	95	0.68	-	4258	1575	0.04	4
T <sub>8</sub>	H 11h50'	16,8	13.7	7.3	110	-	136	2750	606	0.06	4
	M 10h50'	20	16.5	7.7	125	1.36	130	-	697	0.05	6
	X 13h05'	28	31	7.5	108	1.36	93.5	4600	526	0.01	2
T <sub>9</sub>	H 14h05'	20,3	14.7	7.6	71	-	151.3	2700	454	0.05	4.5
	M 11h25'	20.9	15.9	7.9	125	0.68	206	-	848	0.05	4
	X 11h05'	28	27	7.3	25	1.36	170	8324	3030	0.12	1
K <sub>0</sub>	H 12h40'	14,9	12.1	7.4	66	1.36	76.5	640	15.15	0.02	1
	M 13h30'	18.4	12.9	7.2	120	1.36	76.5	-	15.15	0.01	1.5
	X 13h30'	30	19	7.3	100	1.36	11.2	528	60	0.01	2
K <sub>2</sub>	H 11h45'	16,1	12.3	7.6	63	2.04	74.8	680	22.42	0.03	2.5
	M 12h45'	18.1	12.5	7.5	126	1.36	78.2	-	15.15	0.01	3.5
	X 12h40'	28	22	7.5	76	4.08	76.5	545	60.6	0.01	2
M <sub>0</sub>	H 16h15'	14,7	14.8	7	65	0.68	204	3900	1030	0.09	3.5
	M 14h30'	25	15	7.4	130	0.68	144.5	-	970	0.06	3
	X 16h	28	29	7	83	0.68	170	-	1091	0.04	5
M <sub>1</sub>	H 15h50'	17,5	15.2	7.4	43	1.36	156.4	3000	696	0.115	4
	M 14h15'	25	21	7.4	-	-	-	-	-	-	-
	X 15h40'	27	28	7.5	108	0.68	153	-	909	0.04	2
M <sub>2</sub>	H 15h20'	20,5	17.7	6	67	-	159.8	2800	666	0.01	2.5
	M 13h35'	23.8	21.2	6	48	0.68	206	-	697	0.15	0.01
	X 16h50'	25	30	6.5	54	0.68	-	-	969	0.05	4

Mg	H	16h30'	15.3	17.7	6	10	0.68	161.5	3000	424	0.17	5
	M	16h15'	23.9	23.4	6.2	10	1.36	151.3	-	515	-	-
	X	16h20'	26	30	5.5	25	-	-	-	575	-	-
BA	H	15h50'	17.4	17.5	6.8	16	1.36	-	1800	363	-	-
	M	16h45'	22.8	18.7	6.37	23	1.36	66.5	-	485	-	-
	X	16h	30	25	7	40	-	-	-	-	-	-
I <sub>1</sub>	H	14h30'	9.8	15.8	6.9	58	1.36	78.2	740	60	0.04	0.01
	M	14h30'	21.8	18.3	7	110	1.36	88	-	60	0.01	3.5
	X	14h35'	29	18	7	60	1.36	73.1	-	91	0.01	4
I <sub>2</sub>	H	12h35'	9	10.7	7.2	65	1.36	66.3	840	60	0.035	3.2
	M	13h03'	25.9	13.7	7.6	115	1.36	76.5	-	91	0.01	1.15
	X	13h	34	29	7.5	105	0.68	64.6	-	182	0.001	0.01
I <sub>3</sub>	H	11h25'	11	12.8	7	72	1.36	90.1	350	242	0.05	3
	M	11h25'	21.8	13.5	16.1	85	1.36	100.3	-	242	0.10	4
	X	11h20'	29	27	7.6	77	1.36	173.4	-	757	0.04	2
I <sub>4</sub>	H	10h10'	11.7	12.3	7	88	1.36	108.8	1950	273	0.03	5
	M	10h30'	13.8	13.7	7.2	102	1.36	85	-	333	0.02	4
	X	10h30'	29	27	7.6	77	1.36	173.4	-	757	0.04	2
I <sub>5</sub>	H	11h15'	16.3	12.8	7.3	87	1.36	110.5	1700	303	0.07	4
	M	11h25'	18.4	14.1	7.5	90	1.36	130.9	-	484	0.06	3.5
	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C <sub>0</sub>	H	15h40'	7.8	14.2	6.5	80	1.36	68	620	22.4	0.01	3
	M	15h55'	23.8	16	6.5	110	1.36	150	-	22.4	0.06	5
	X	15h30'	29	17	7	100	1.36	71	483	22.4	0.055	4
C <sub>2</sub>	H	11h30'	11.1	11.2	7.2	60	1.36	66.3	600	91	0.03	2.5
	M	11h25'	24.9	13.8	7.1	115	2.04	90	-	91	0.06	4
	X	12h15'	30	24	7	77	1.36	85	624	182	0.03	3
AT	H	13h20'	9.8	10.6	7.6	40	1.36	125.8	1600	273	0.03	4.5
	M	13h10'	24.6	15.15	7.6	120	1.36	136	-	303	0.07	3
	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SS	H	16h45'	7.7	10.9	7.4	-	1.36	51	460	22	0.001	3
	M	17h	20.3	13.8	7.4	88	1.36	-	-	22	0.06	2.5
	X	16h45'	26	18	7.4	-	1.36	61.2	-	60	0.05	2
S <sub>2</sub>	H	10h30'	8	10.4	7	-	1.36	83.3	680	92	0.11	4
	M	14h	17.4	15.7	7.4	63	1.36	85	-	92	0.30	5
	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S <sub>3</sub>	H	9h30'	8	12.7	7.3	40	1.36	90.1	220	91	0.01	3
	M	10h30'	19.7	13	6.9	70	-	342	-	151	0.015	4
	X	10h20'	28	24	7.3	87	2.04	100.3	-	212	0.05	5
S <sub>4</sub>	H	9h25'	8.6	12.1	7	78	1.36	93.5	1000	182	0.12	6
	M	9h15'	10	13.2	7.5	110	1.36	103.7	-	273	0.10	3
	X	9h45'	26	22	7.6	120	1.36	85	-	667	0.03	3
P	H	12h10'	18.6	17.6	7.6	65	-	300	-	6500	0.01	2
	M	11h05'	21.9	17.4	7.6	130	0.68	-	-	9696	0.02	1
	X	12h40'	29	31	7	135	0.68	-	-	12726	0.01	0.01

Résultats de l'analyse physico-chimique de l'eau  
du réseau de la Tafna.

H : Hautes eaux  
M : Moyennes eaux  
X : Etiage.