

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE ABOU-BAKR BELKAID TLEMCEM  
Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers  
Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de recherche : Valorisation des actions de l'homme pour la protection  
de l'environnement et applications en santé publique

# MEMOIRE

Présenté par

**BOUAYED ALAM SAMIRA**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de Magister**

**En Ecologie et Biologie des populations**

Thème

*Dynamique spatio-temporelle du  
peuplement macrobenthique le long de  
l'oued Chouly (Tlemcen)*

Soutenu en janvier 2011, devant le jury composé de :

M. KHELLIL MOHAMMED ANOUAR	Professeur	Président
Mme. ABDELLAOUI KARIMA	Maître de conférences	Promoteur
M. LOUNACI ABDEL-KADER	Maître de conférences	Examineur
M. BENMANSOUR DJAMEL	Maître de conférences	Examineur

Année Universitaire 2010-2011



# SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	01
-------------------	----

## CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Description du réseau hydrographique.....	06
1. 1. Description du bassin versant de la Tafna.....	06
1. 2. Description du sous bassin versant de l'Isser.....	08
1. 3. Description de l'oued Chouly .....	10
1. 3. 1. Géologie.....	11
1. 3. 2. L'occupation de l'espace .....	12
2. Analyse des paramètres climatiques.....	14
2. 1. Précipitations.....	15
2. 2. Températures.....	16
2. 3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953).....	20
2. 4. Climagramme d'EMBERGER (1955).....	20

## CHAPITRE II MATERIELS ET METHODES

1. Description des stations d'étude et de leurs microhabitats.....	23
1. 1. Station 1 (C1).....	23
1. 2. Station 2 (C2).....	27
1. 3. Station 3 (C3).....	29
1. 4. Station 4 (C4).....	32
2. Méthodes d'étude.....	35
2. 1. Récolte faunistique.....	35
2. 2. Tri et détermination.....	36
2. 3. Physico-chimie de l'eau.....	36
2. 3. 1. Analyses sur le terrain.....	36
2. 3. 2. Mesure de turbidité au laboratoire.....	37

2.4. Etude de la structure du peuplement.....	37
2.4.1. Paramètres de description de la structure numérique des peuplements	38
2.4. 1. 1. Les indices de diversité.....	38
2. 4. 1. 2. Distribution d'Abondance par espèce.....	40
2. 4. 1. 3. Fréquence d'occurrence ou constance des espèces.....	42
2. 4. 1. 4. Indice de similitude .....	43
2. 4. 2. Traitement statistiques des donnés.....	43
2. 4. 2. 1. Analyse statistique multivariée (ACP).....	43
2. 4. 2. 2. Analyse statistique multivariée (AFC).....	44
2. 4. 2. 3. La méthode de classification hiérarchique.....	44
2. 4. 2. 4. Méthode d'analyse biologique de la qualité de l'eau.....	45

### **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau.....	49
1.1. La température de l'eau.....	49
1. 2. Le pH.....	50
1. 3. La conductivité.....	51
1. 4. La Salinité .....	53
1. 5. L'oxygène dissous .....	53
1. 6. La turbidité.....	55
1.7. Analyse en composantes principales des paramètres physicochimiques.....	56
2. Etude de la structure de la faune macrobenthique.....	58
2. 1. Structure taxonomique.....	58
2. 1. 1. Evolution spatio-temporelle de la structure taxonomique.....	69
2. 1. 2. Evolution de la structure taxonomique par microhabitat.....	72
2. 2. Structure et organisation des peuplements .....	73



2. 2. 1. Comparaison entre stations.....	73
2.2.1.1. Etude indicielle de la diversité taxonomique.....	73
2.2.1.2. Diversité de Gleason et effort d'échantillonnage.....	79
2.2.1.3. Distribution d'abondance par taxon et application de modèles.....	81
2.2.1.3.1. Etude de la variabilité d'abondance.....	81
2.2.1.3.2. Modèles de distribution des taxons.....	84
2.2.1.3.2.1. Modèle de distribution de Mac Arthur.....	84
2.2.1.3.2.1. Modèle de distribution des rangs-fréquences de Motomura.....	87
2. 2. 1. 4. Fréquence d'occurrence ou constance.....	90
2. 2. 2. Comparaison de la structure des peuplements des différents microhabitats	91
2.2.2.1. Indice de diversité et richesse taxonomique.....	92
2.2.2.2. Distribution d'abondance par taxon en fonction des microhabitats.....	96
2.2. 2.3. Degré de Similitude entre les collections récoltées par microhabitat.....	102
2. 3. Traitement statistique des données.....	103
2. 3.1. Analyses multivariées .....	103
2.3.1.1. Analyse de la matrice de répartition spatio-temporelle des abondances.....	103
2.3.1.2. Analyse de la matrice de répartition des abondances des taxons dans les différents microhabitats.....	106
2. 3.2. Les tests hiérarchiques.....	108
2.3.2.1. Détermination des entités coenotiques dans l'espace et dans le temps.....	108
2.3.2.2. Détermination des entités coenotiques par microhabitat.....	110
3. Résultats de l'analyse biologique de la qualité de l'eau.....	114
3.1. Indice Biologique Global Normalisé.....	114
3.2. Indice EPT .....	115
3.3. Rapport EPT/Chironomes.....	116
3.4. L'indice composite benthique (ICB).....	117
3. 5. Corrélations entre les indicateurs.....	118
4. Approche fonctionnelle du peuplement.....	120



4. 1. Pyramide des nombres.....	121
4. 2. Structure trophique en fonction des microhabitats.....	123
5. Discussion.....	125
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>134</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>139</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>154</b>

# *Remerciement*

Aussi originale que personnel que puisse être une thèse, elle demeure le fruit d'un environnement.

Avant tout, je remercie DIEU le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage afin que je puisse accomplir ce modeste travail et d'avoir créé ce beau monde qui nous donne l'envie de savoir d'avantage.

Je suis infiniment reconnaissante à Mme **YADI.B.H**, Chargée de cours qui s'est toujours intéressée à mon travail et qui m'a guidé et dirigé avec ses conseils et directives. Je la remercie profondément de m'avoir donné la possibilité d'améliorer mon manuscrit avec le choix des stations d'étude, l'échantillonnage et l'identification de la faune récoltée.

Celle-ci n'aurait pu être sans l'impulsion et l'appui, donnés par madame **ABDELLAOUL.K.** Maitre de conférences, je tiens ainsi de la remercier de m'avoir accordé sa confiance en acceptant de m'encadrer, mais aussi pour m'avoir accordé généreusement le privilège de sacrifier des moments importants et me faire profiter de sa solide expérience.

Ses nombreuses informations et orientations dans le choix des indices de diversité appliqués et de l'analyse statistique et surtout sa lecture pointeuse, m'ont été fort précieux, afin d'aboutir à ce travail. Je le suis donc doublement reconnaissante. J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur **KHELLIL.M.A**, professeur à l'institut de Biologie. Pour m'avoir fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury. Je tiens à exprimer ma gratitude à l'égard de Monsieur **BEN MANSOUR. D**, maitre de conférences; ainsi que Monsieur **LOUNACI. A**, pour avoir bien voulu accepter d'examiner ce travail. Qu'ils veuillent bien trouver ici l'expression de mon profond respect.

A tous ce qui m'ont aidé et encouragé dans ce mémoire, même avec une bonne parole.

Figure 22 : Positionnement des stations d'étude en fonction de la richesse taxonomique ( $\text{Log}_2 T$ ) et la diversité $H'$ sur le Modèle DIMO (Qinghong, 1995).....	76
Figure 23 : Evolution temporelle de la diversité de Shannon-Weiner des quatre stations d'étude.....	77
Figure 24 : Courbe de croissance de richesse taxonomique (T) en fonction du logarithme d'abondance ( $\text{Log } N$ ) définie pour les quatre stations.....	80
Figure 25 : Représentation de l'abondance relative des taxons récoltés dans l'oued Chouly.....	81
Figure 26 : Abondance relative des taxons récoltés dans les quatre stations.....	83
Figure 27: Représentation de la distribution d'abondances selon le modèle des bâtons brisés de Mac-Arthur pour les quatre stations de l'oued Chouly.....	86
Figure 28 : Diagramme rang-fréquences de Motomura pour l'ensemble des stations.....	88
Figure 29 : Diagramme de distribution d'abondances selon le modèle de Motomura appliqué à la collection récoltée dans l'oued Chouly.....	89
Figure 30 : Variations des descripteurs de structure des peuplements macrobenthiques récoltés dans les différents microhabitats.....	93
Figure 31 : Positionnement des microhabitats en fonction de la diversité maximale et la diversité $H'$ sur le Modèle DIMO (Qinghong, 1995).....	95
Figure 32: Classement des microhabitats en fonction de l'indice de diversité Q (Qinghong, 1995).....	96
Figure 33 : Répartition des taxons dans les différents microhabitats.....	97
Figure 34 : Distribution d'abondances des taxons en fonction des différents microhabitats individualisés dans les quatre stations.....	99
Figure 35 : Distribution de Mac-Arthur pour l'ensemble des microhabitats.....	101
Figure 36 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel $F1 \times F2$ appliquée à la matrice des abondances des taxons par station...	105
Figure 37 : Plan factoriel $F1 \times F2$ de la matrice de répartition des abondances des taxons par microhabitats (lignes et colonnes juxtaposés).....	107
Figure 38 : Dendrogramme obtenu à partir de la CAH appliquée aux 26 prélèvements mensuels des quatre stations effectués dans l'oued Chouly.....	108



Figure 39 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons récoltés par station.....	109
Figure 40 : Dendrogramme obtenu à partir de la CAH appliquée aux 46 microhabitats individualisés dans quatre stations et durant la période de novembre à juin 2008 dans l'oued Chouly.....	111
Figure 41 :Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons récoltés par microhabitat.....	113
Figure 42 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux indicateurs de diversité et aux indices biologiques estimés pour les quatre stations.....	119
Figure 43 : Importance des entités fonctionnelles dans les quatre stations.....	121
Figure 44 : Pyramide des nombres des consommateurs pour les trois catégories générales du réseau trophique établie pour la collection du macrobenthos récoltée dans l'oued Chouly.....	122
Figure 45 : Distribution des guildes trophiques pour l'ensemble des microhabitats.....	124

# INTRODUCTION

2006 et bien d'autres). Le problème majeur auquel se sont intéressés ces auteurs est la dégradation de la qualité des cours d'eau de ce bassin versant.

Dans le souhait d'enrichir ces études, la présente étude a pour but d'analyser la structure de la macrofaune benthique afin de dégager une répartition spatiale des principaux taxons en tenant compte des différents microhabitats.

Le site d'étude choisi pour mener ces investigations correspond à quatre stations situées le long de l'oued Chouly. En effet, ce site rassemble diverses caractéristiques qui en font un lieu pertinent pour mener cette étude : sa situation amont, la diversité de l'environnement immédiat et de la ripisylve, la large gamme de caractéristiques physiographiques (relief, largeur du lit majeur, pente, nature du substrat) et l'action anthropique relativement atténuée.

Dans le cadre de ce travail, nous avons plus particulièrement tenté de répondre aux interrogations suivantes :

- (i) Comment se structurent et s'organisent les divers peuplements macrobenthiques dans l'espace et dans le temps. Peut-on dégager une ségrégation spatiale à partir de l'inféodation des différents taxons composant ce peuplement aux microhabitats.
- (ii) Quels sont les principaux paramètres morphométriques et physicochimiques qui président cette répartition spatiale.

Le mémoire est structuré d'une manière classique. Le premier chapitre est une présentation de l'aire d'étude. Nous avons ressenti la nécessité de réaliser une synthèse bibliographique sur le bassin versant de la Tafna et du sous bassin de l'Isser puis de l'oued Chouly sur le plan hydrographique, morphologique, géologique et climatique. Le second chapitre a été consacré à matériel et méthodes. Toute la démarche d'étude adoptée a été exposée clairement. La première étape a consisté en la description détaillée des stations d'étude.

Grâce à la détermination d'un important jeu de microhabitats dans la partie amont du Chouly, ont été étudiés les patrons d'organisation des peuplements (composition, richesse, diversité, distribution d'abondances, caractéristiques fonctionnelles). La seconde étape a donc permis par méthodes indicielles de décrire les peuplements et de relever les divergences et les similitudes. Par l'emploi d'outils statistiques appropriés, l'ensemble des données de terrain a fait l'objet d'analyses multivariées. Cette étude



# CHAPITRE I

## PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

## CHAPITRE I : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

### 1. Description du réseau hydrographique

L'aire d'étude s'insère dans le grand bassin versant de la Tafna et du sous-bassin versant de l'Isser et plus précisément dans le sous bassin versant du Chouly (oued Lakhdar), elle est représentée par quatre stations réparties le long de ce dernier.

#### 1. 1. Description du bassin versant de la Tafna

Le bassin versant de la Tafna est l'un des bassins néogènes sub-littoraux le plus important de l'Algérie occidentale. Il se situe au Nord-Ouest algérien et occupe une superficie d'environ 7245 km<sup>2</sup> dont le tiers se trouve dans le territoire marocain. Il est bordé par les monts de Tlemcen au Sud, par Djebel Sebàa Chioukh à l'Est qui culmine à 662m, par les monts des Traras au Nord à 1080 m d'altitude et par les monts de Beni Snassen à l'Ouest (Fig. 1).

**Tableau 1 : Données géographiques et morphométriques (BOUABDELLAH)**

	Tafna	Isser	Chouly
<b>Longitude</b>	1° 00'-1°45'	1° 15'- 1° 21'	1° 13''
<b>Latitude</b>	34° 40'-35°20'	34° 35' - 35° 05'	34° 57' 32''
<b>Altitude (m)</b>	1100	1625	900
<b>Source</b>	Ghar boumaaza	Ain Isser	Ouled Sidi El Hadj
<b>Superficie (Km<sup>2</sup>)</b>	7245	1140	170
<b>Longueur (Km)</b>	170	81	21,7
<b>Largeur (m)</b>	variable	13,37	13,31
<b>Périmètre</b>	/	180	115
<b>Pente (%)</b>	variable	15-30	> 30
<b>Densité de drainage</b>	/	1,08	0,61

(/) : Données manquantes.

En aval du barrage, la Tafna qui est alimentée par de nombreuses sources, franchit le versant Nord des monts de Tlemcen en y taillant des gorges abruptes qui débouchent dans la plaine de Maghnia. A ce niveau, l'oued est principalement alimenté par l'oued Mouilah (rive gauche) qui rejoint ainsi la Tafna, là où s'étend le barrage de Hammam Boughrara, mis en eau en 1998, (capacité 177Hm<sup>3</sup>).

L'oued Mouilah, reçoit sur sa rive droite l'oued Ouerdeffou, en amont du barrage, ces deux cours d'eaux sont connus pour leur forte pollution.

Sur la rive droite, la moyenne Tafna reçoit l'oued Boumessaoud, l'oued Zitoun et l'oued Isser. A l'Est de la région de la haute Tafna, l'oued Isser est un affluent important tant par son parcours (118Km) que son fort débit (YADI, 1991).

L'oued Tafna continue son parcours traversant les gorges de Tahouaret pour déboucher sur l'estuaire de la plage de Rachgoun.

## **1. 2. Description du sous bassin versant de l'Isser**

Le bassin versant de l'oued Isser, un des principaux sous bassins versants de la Tafna, est situé à l'Est de la Wilaya de Tlemcen.

L'oued Isser draine un versant qui s'étend sur une superficie de 1140Km<sup>2</sup> et présente une pente moyenne de 1,43% qui favorise l'augmentation des forces érosives de l'eau (BOUANANI, 2003).

Il prend sa source à Ain Isser à 870m d'altitude, sur le versant Nord des monts de Tlemcen (Fig. 2) et sa confluence avec la Tafna à lieu au niveau de la plaine de Remchi à 80m d'altitude. En amont, il reçoit l'oued Bouhadi sur sa rive droite et l'oued Chouly sur sa rive gauche.





**Figure 2 : Carte du réseau hydrographique du sous-bassin versant de l'Isser (DERRAGUE, 2010)**

A son entrée dans le bassin tertiaire, il est grossi au Nord du village de Ouled Mimoun par l'oued Chouly (oued Lakhdar) mais également par l'oued Ain Tellout sur sa rive droite.

Il traverse trois agglomérations bien implantées : Ouled Mimoun, Sidi Abdelli et Bensekrane. L'aménagement du barrage de Sidi Abdelli (1989, capacité 120Hm<sup>3</sup>) a fortement perturbé le débit de l'oued en aval.

Au Nord de la région d'Ouled Mimoun, il traverse la petite plaine d'El Fehoul. A l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur sa rive gauche un cours d'eau assez important qui est l'oued Sikkak. L'isser reçoit les eaux de l'oued Sikkak qui sont à leur tour retenues par le barrage de Sikkak (2005, capacité 25Hm<sup>3</sup>) en amont de la confluence Isser-Sikkak.

L'étude du couvert végétal montre que les cultures extensives dominant en aval ; vers l'amont le matorral dégradé qui s'impose.

### **1. 3. Description de l'oued Chouly (oued Lakhdar)**

L'oued Chouly se localise au Nord-Ouest algérien, il prend sa source dans les monts de Tlemcen à environs 900 m d'altitude.

C'est un affluent de la rive gauche de l'oued Isser qui s'étend sur une superficie de 170Km<sup>2</sup>. Sa longueur est de 21,7 km avec un indice de pente de 0,19 et occupe une largeur de 13,31km en totalité. Selon BOUANANI (2003), sa densité de drainage est de 0,61(Tab. 1).

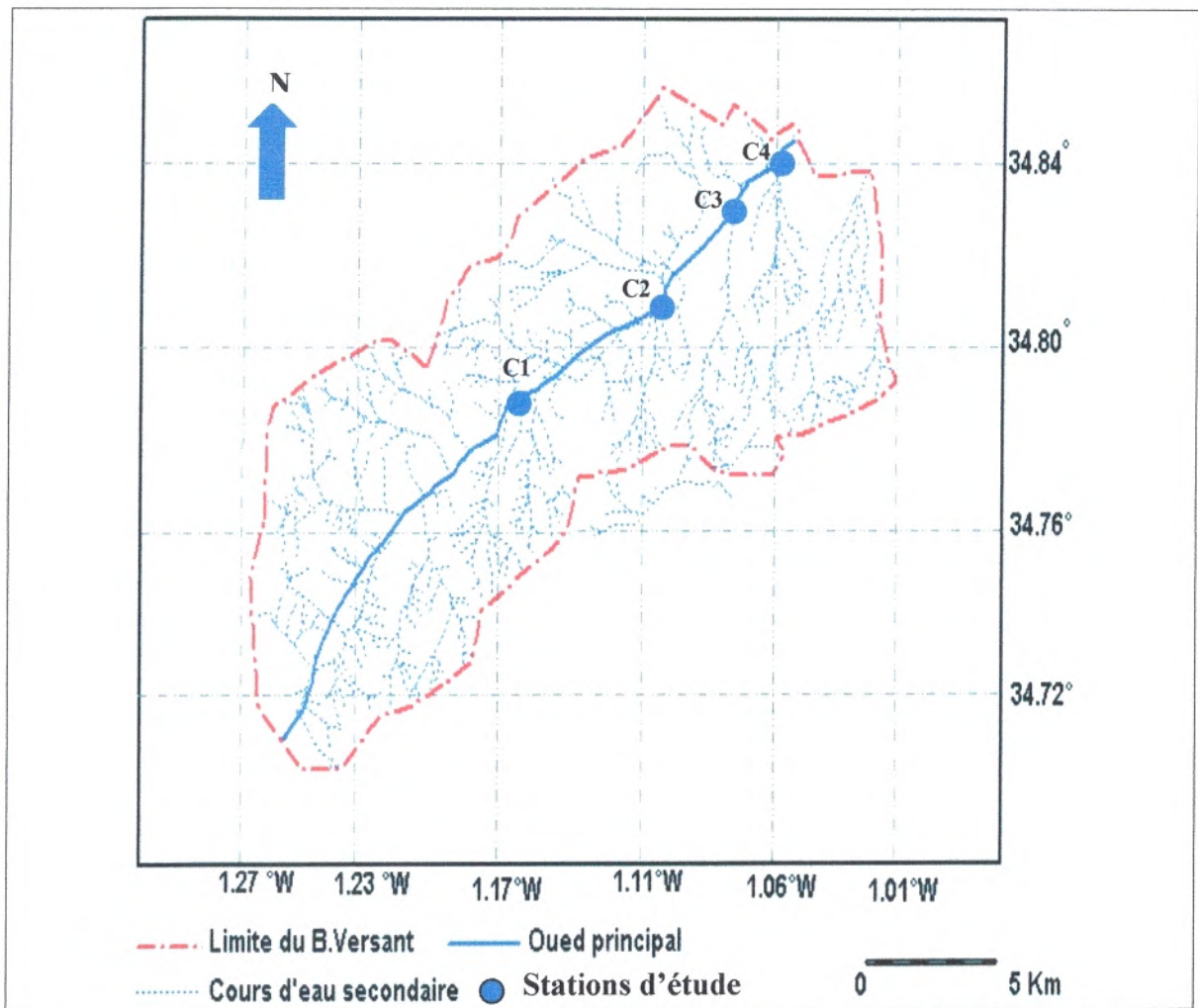
A partir de la carte du réseau hydrographique du sous bassin versant d'oued Chouly (Fig. 3), nous constatons que ce dernier possède un réseau hydrographique très important, enrichi par de nombreuses sources alimentant régulièrement l'oued par les nappes phréatiques mais également par les précipitations dont les crues sont violentes et très irrégulières. Il est donc alimenté par des sources voisines tels que : Ain têt Hammam, Ain Ouissert, ce qui lui assure une alimentation permanente.

L'eau de l'oued Chouly forme un écosystème aquatique à mouvement continu par écoulement gravitaire. Les fluctuations agissent sur la largeur, la profondeur et apportent des modifications dans la charge en sédiment (YADI, 1991).

Une station de jaugeage a été installée pour mesurer les différents débits observés de l'oued, le débit de crue maximale observé est de 6700 L/s, par contre le débit d'étiage minimum est de 62 l/s. Ces importants volumes d'eau sont régularisés au niveau du Barrage de Sidi Abdelli (MEGHRAOUI, 2009).

Autres facteurs agissent négativement sur l'écoulement de l'oued. Ce sont les retenues et les pompages exercés par les agriculteurs.





**Figure 3 : Carte du réseau hydrographique de l'oued Chouly (Originale)**

### 1. 3. 1. Géologie

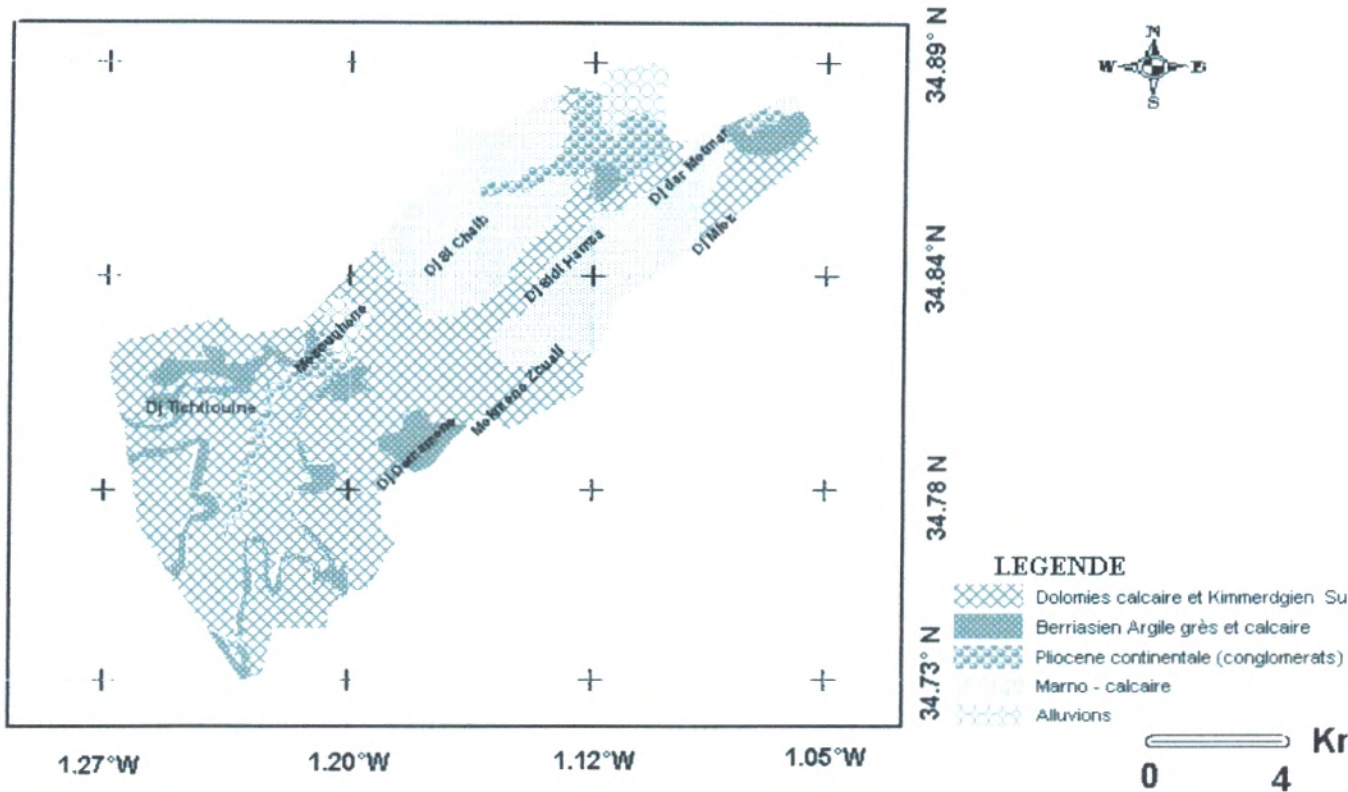
Les monts de Tlemcen, dont l'ossature est formée par le secondaire, constituent un très puissant massif du jurassique supérieur avec quelques épitements plus anciens, ils sont formés par une épaisse série marine de plus de 100 m de puissance.

Le substrat géologique de la commune est diversifié au niveau de la vallée et aux bords des cours d'eau ; formation d'alluvions récentes très fertiles au nord et au sud c'est le Pliocène continental de formation marno-calcaire et dolomie calcaire qui domine.

Les formations géologiques dominantes dans la commune d'oued Lakhdar sont les dolomies calcaires. Il y a deux formations de marno calcaire qui sont représentées symétriquement par rapport à l'oued dans la partie Nord de la commune : de Djebel El



Chaïb et djebel Sidi hamza, Djebel Dar El Matmar. Il faut noter également la présence d'alluvions dans l'extrême Nord de la commune (Fig. 4).



**Figure 4 : Carte géologique de la commune de oued Chouly (MAGHRAOUI, 2009)**

### 1. 3. 2. L'occupation de l'espace

La commune d'oued Lakhdar, s'étend sur une superficie de 13646 ha, la ressource en sol fertile de la commune est limitée puisque seulement 1961 ha sont utilisés pour l'agriculture, la quasitotalité de cette ressource édaphique est concentrée le long de la vallée (PDAU, 2002).

- Le couvert forestier occupe une superficie de 4779 ha où une broussaille basse domine.
- Les parcours et pacages est de 1818 ha.

- **L'espace agricole**

On peut diviser l'espace agricole de la commune en 2 sous zones :

- La vallée de l'oued Lakhdar qui s'étend sur une superficie de 600 ha ;

- Le piémont et plateaux qui occupent une superficie de 1361 ha (piémont de Miez, yebdar, Hella, Sidi Chaïb) les sols sont de moyenne valeur agropédologique ou est pratiquée une culture en sec.

En zone montagneuse, les enclaves agricoles ont été délaissées par leurs propriétaires à cause de l'enclavement et le manque d'infrastructures de pénétration et de mise en valeur.

La production agricole est dominée par les céréales qui représentent 42 % de la surface agricole utile avec une production moyenne annuelle 3780Qx soit à peine un rendement de 7 quintaux par hectare (IRBAT, 2002).

En effet la faiblesse des précipitations, la mauvaise qualité des sols qui est de faible valeur agropédologique et le manque de fertilisants sont à l'origine de ces faibles rendements.

Le micro climat de la commune le long de l'oued favorise la production très importante de cerises.

- **L'espace forestier**

Les terres forestières et à vocation forestière couvrent une superficie de 4779 ha soit un taux de boisement de 35%, la couverture forestière est constituée de formation végétales arborées et arbustives sur les versants Nord des chaînes montagneuses entourant la haute vallée de l'oued Chouly et des formations dégradées réduites à des maquis, des matorrals bas et des broussailles en altitude.

### **Les principales formations forestières**

Les formations forestières sont constituées de matorrals avec prédominance de formations claires sur les versants Nord de la chaîne montagneuse entourant la vallée supérieure d'oued Chouly. Le patrimoine sylvicole est composé d'une association de plusieurs essences forestières au stade arbre, arbuste et buisson avec une prédominance de :

\* Chêne vert (*Quercus ilex*) à Djebel Dar Chikh 1616 m , Djebel Tazkninet 1510 m , Djebel Mekmene Zouil 1388 m ;



**Tableau 2 : Coordonnées géographiques de la station**

	Longitude Ouest	Latitude Nord	Altitude (m)
Station de Saf-saf	01° 16'	34° 56'	587
Aire d'étude	01° 13'	34° 57'	900

### 2. 1. Précipitations

La pluviosité est définie par DJEBAILI en 1978 comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type de climat.

Le climat méditerranéen se caractérise essentiellement par sa douceur et par des précipitations généralement faibles, mais surtout mal réparties dans le temps : pluies violentes tombant en quelques jours entrecoupés de longues périodes sèches.

Dans le tableau 3, nous avons rapporté les valeurs des précipitations mensuelles de la période 1996-2005.

**Tableau 3 : Moyennes mensuelles des précipitations en (mm) durant la période 1996- 2005 de la station Saf-Saf (ONM).**

Mois	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
1996	114,0	101,9	86,2	74,9	35,2	35,2	5,6	7,0	25,7	31,6	0,7	33,8
1997	119,9	0,1	5,9	68,3	0,4	0,4	0,7	18,9	58,6	25,3	66,0	66,0
1998	139,2	50,6	55,6	28,6	0,4	0,4	0,2	1,3	34,0	7,8	46,7	14,3
1999	106,1	82,3	106,8	0	0	2,7	0	2,6	30,5	28,1	84,4	89,7
2000	0	0	4,2	20,4	30,3	0	0	0,5	16,7	87,6	60,9	38,1
2001	88,6	89,5	9,2	6,0	18,5	9,3	0	0	26,1	38,0	137,6	34,1
2002	2,3	4,7	31,2	101,0	67,2	3,6	0,4	17,9	trace	41,2	88,0	25,8
2003	148,1	82,3	19,6	31,3	16,3	5,1	0	0	13,4	78,9	53,6	115,9
2004	48,0	24,7	78,9	48,2	9,3	12,6	trace	1,4	trace	33,3	46,2	99,5
2005	22,4	57,4	44,8	11,5	6,0	1,0	0	0	24,3	10,4	20,3	14,5
Moy.	78,86	49,35	44,24	49,37	17,82	7,03	0,69	4,96	22,93	47,58	60,13	66,22

Les moyennes mensuelles montrent clairement que le mois de janvier est le plus arrosé alors que le mois le plus aride est le mois de juillet.

Certains mois accusent un déficit hydrique très important même en période dite pluvieuse, cas du mois de novembre de l'année 1996 et février-mars 1997 et mars de l'année 2001, des mois de janvier, février et mars de l'année 2000 et de janvier et



**Tableau 4 : Moyennes mensuelles des températures enregistrées en (°C) pendant la période 1996 à 2005 de la station Saf-Saf (O.N.M.).**

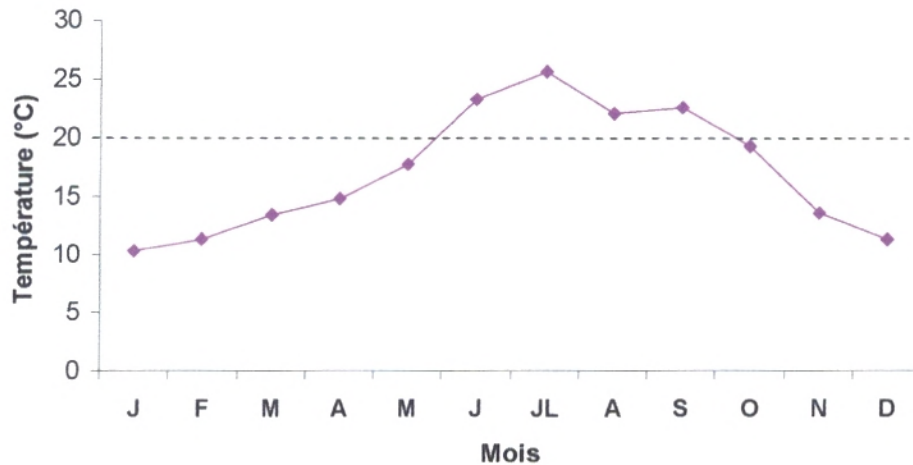
Mois		J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
1996	M	16,10	13,40	17,30	19,60	23,40	29,80	32,00	31,00	26,60	23,30	20,40	16,80
	T	12,25	9,50	12,50	14,65	18,75	23,30	24,95	24,60	20,70	17,20	14,45	12,65
	m	8,40	5,60	7,70	9,70	14,10	16,80	17,90	18,00	14,80	11,10	8,50	8,50
1997	M	15,70	18,60	20,90	21,20	23,70	28,60	29,60	32,30	28,90	25,20	19,40	16,60
	T	11,45	12,85	14,00	16,05	18,90	21,60	23,25	24,70	22,90	19,75	14,90	11,25
	m	7,20	7,10	7,10	10,90	14,10	14,60	16,90	17,10	16,90	14,30	10,40	7,10
1998	M	15,90	17,30	18,70	19,80	21,90	20,90	30,90	34,90	29,15	24,40	19,40	16,40
	T	11,20	12,45	13,35	14,25	16,30	18,35	23,35	26,90	22,77	18,75	14,00	10,75
	m	6,50	7,60	8,00	8,70	10,70	15,80	15,80	18,90	16,40	11,90	8,60	5,10
1999	M	15,30	13,50	17,50	22,25	27,70	30,00	33,50	33,60	28,40	25,80	17,20	14,30
	T	10,60	9,10	12,90	16,00	20,40	23,30	25,40	25,50	21,10	20	11,90	9,70
	m	5,90	4,70	8,30	9,30	13,20	16,40	18,10	19,40	14,90	15,20	7,70	5,70
2000	M	14,40	19,50	20,20	21,00	25,00	31,70	33,70	34,90	23,30	22,10	18,80	17,50
	T	8,70	12,80	13,10	13,80	18,60	24,20	25,80	26,90	22,10	16,70	13,30	13,20
	m	3,70	7,20	7,10	8,00	12,30	16,80	18,80	19,30	16,40	12,10	9,20	9,20
2001	M	15,80	16,10	21,50	22,30	24,40	32,50	34,30	34,40	29,00	27,90	16,60	15,40
	T	11,30	11,50	15,90	15,60	17,90	25,20	26,10	26,80	22,30	21,40	12,30	10,80
	m	3,10	6,90	10,40	9,10	11,40	17,50	18,50	19,70	16,80	15,70	8,60	6,70
2002	M	16,30	18,50	19,70	19,70	23,90	31,10	32,40	31,10	28,80	25,40	18,90	17,10
	T	10,50	12,30	13,60	13,90	17,50	23,80	25,10	23,80	21,50	15,10	13,80	12,10
	m	5,60	6,90	9,10	9,10	11,80	16,80	18,60	17,60	15,70	13,20	9,60	7,80
2003	M	8,50	9,30	13,80	-	-	24,60	27,90	27,70	23,80	19,30	14,70	11,00
	T	12,80	13,90	19,00	-	-	32,10	34,50	34,00	29,30	23,80	18,60	15,30
	m	4,70	5,50	8,80	-	-	17,60	21,90	21,00	18,20	15,70	11,30	7,50
2004	M	16,00	16,60	16,80	19,60	20,30	30,50	34,70	34,40	31,30	27,10	17,70	14,40
	T	11,90	12,50	12,90	14,60	15,60	24,00	27,50	27,90	24,90	21,50	13,20	10,80
	m	7,80	8,30	8,90	9,50	10,90	17,50	20,30	21,30	18,40	15,80	8,70	7,20
2005	M	14,70	15,50	18,50	21,60	27,10	30,40	32,50	33,90	29,30	27,10	20,10	17,50
	T	8,02	9,05	13,25	15,35	20,25	23,10	26,35	26,60	22,80	20,40	14,45	11,50
	m	7,70	2,60	8,00	9,10	13,40	16,80	20,20	19,30	16,30	13,70	8,80	5,50
Moy.	M	15,30	16,31	19,09	20,70	24,06	29,76	32,80	33,47	28,40	25,20	18,71	16,13
	T	10,43	11,44	13,53	14,89	17,81	23,22	25,62	22,14	22,56	19,33	13,69	11,46
	m	5,46	6,24	8,34	9,28	14,43	16,66	18,72	19,66	16,48	13,17	9,14	6,75

(- : Données manquantes ; M : moyennes mensuelles des températures maximales ; m : moyennes mensuelles des températures minimales).

Selon l'UNESCO (1963), un mois chaud est défini comme un mois où la température moyenne est supérieure à 20°C. Il n'y a aucun risque de gel dans de pareilles conditions.

La période chaude est la suite successive des mois chauds. Un mois froid est un mois où la température moyenne est égale ou inférieure A 20°C. La période froide est la suite successive des mois froids.

La période froide englobe huit mois d'octobre à mai alors que la période chaude est moins longue avec quatre mois de juin à septembre (Fig. 6).



**Figure 6 : Variations des moyennes mensuelles des températures**

Le mois le plus froid correspond au mois de janvier, avec une température moyenne de l'ordre 10.43°C et pour un <<m>> réduit à 5.46°C et un <<M>> n'excédant pas 15.30°C (Fig. 7).

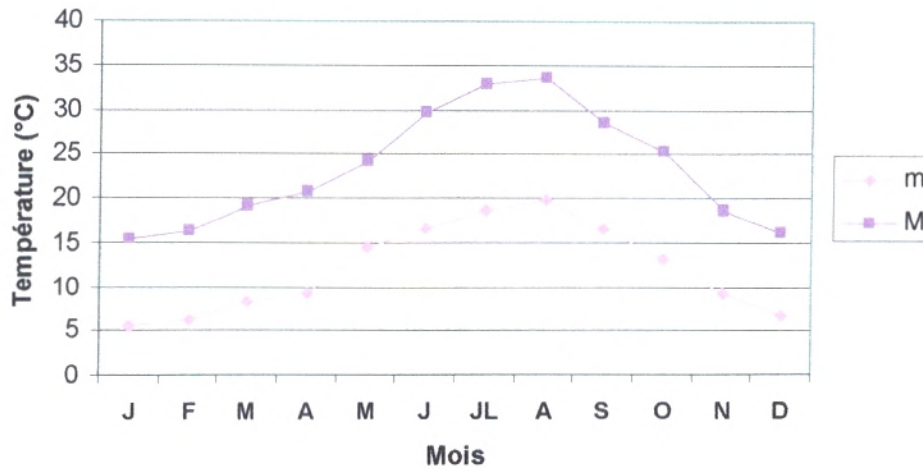
Le mois d'août est le mois le plus chaud avec une température moyenne de l'ordre 25,62°C et pour un <<m>> de 18.72°C et un <<M>> allant jusqu'à 32.80°C.

En écologie la connaissance des moyennes des températures minima présente un intérêt, les minima permettent un classement relatif des espèces climatiques en fonction de leur relation aux basses températures (DJEBAILI, 1984).

L'amplitude thermique se définit par la différence entre les moyennes des maximums extrêmes d'une part et des minimums extrêmes d'autre part, sa valeur est



écologiquement importante à connaître, car elle représente la limite thermique extrême à laquelle chaque année en moyenne les végétaux doivent résister (DJEBAÏLI, 1984).



**Figure 7 : Variation des températures moyennes maximales (M) et minimales (m)**

La continentalité est définie par rapport à l'amplitude thermique moyenne (M-m) qui permet à son tour de préciser l'influence maritime ou au contraire continentale d'une région donnée.

DEBRACH (1953) a défini le climat en fonction des écarts thermiques (M-m). Selon cet auteur les climats retenus sont :

- climat insulaire :  $M-m < 15^{\circ}\text{C}$ .
- climat littoral :  $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$ .
- climat semi-continentale :  $25^{\circ}\text{C} < M-m < 35^{\circ}\text{C}$ .
- climat continental :  $M-m > 35^{\circ}\text{C}$ .

Calculés pour la période 1996-2005, les résultats de l'indice de continentalité sont portés sur le tableau 5.

**Tableau 5 : Indice de continentalité**

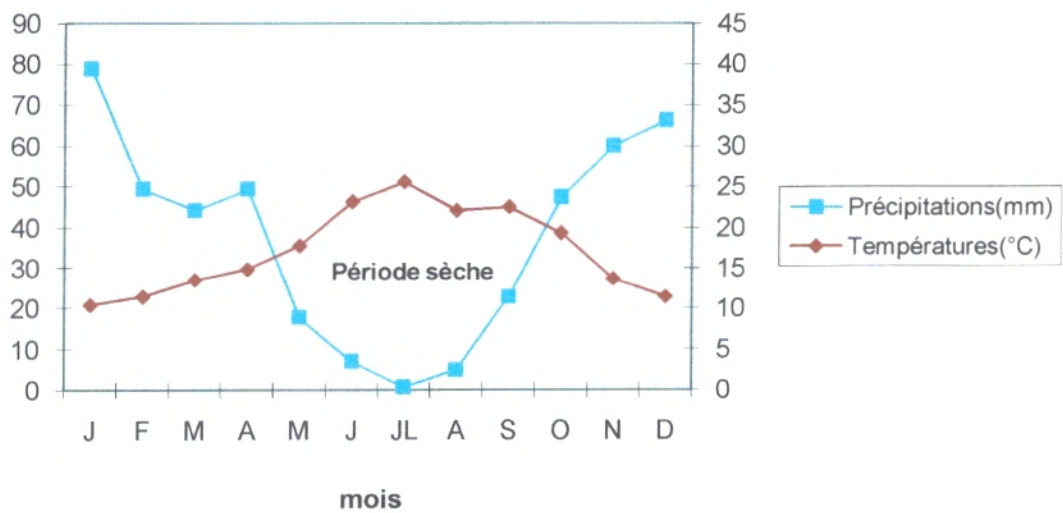
Période	T.moyennes (°C)	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type
1996-2005	17.17	27.2	12.02	15.18	Littoral



Avec un indice de continentalité de 15.18, notre station Saf-saf présente un climat littoral.

### 2. 3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953)

Pour déterminer la durée de la période sèche relative à la station Saf-saf, on a placé les valeurs moyennes des précipitations et des températures en double ordonnée où l'échelle des précipitations est égale au double de l'échelle des températures (P=2T), et les mois de l'année en abscisse.



**Figure 8 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la station de Saf-saf (Période 1996-2005)**

L'intersection des deux courbes divergentes de variation des températures et des précipitations fait ressortir la période sèche qui s'étend sur cinq mois allant de mai jusqu'à septembre (Fig. 8).

### 2. 4. Climagramme d'EMBERGER (1955)

Le quotient pluviométrique d'Emberger est destiné à caractériser le climat méditerranéen. Ce quotient est défini par la formule suivante :

$$Q_2 = 100P / (M^2 - m^2)$$

**P** : précipitations moyennes annuelles.

**M** : moyennes des températures maximales du mois le plus chaud en °K.

**m** : moyennes des températures minimales du mois le plus froid en °K.

Avec des précipitations annuelles P de 417,02, une moyenne mensuelle maximale M égale à 33,47°C et un m comme température moyenne minimale de 5,46°C, la station de Saf-Saf a un  $Q_2$  égale à 41,19.

Tenant compte de cette valeur et du m, notre aire d'étude se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré sur le climagramme d'Emberger (Fig. 9).

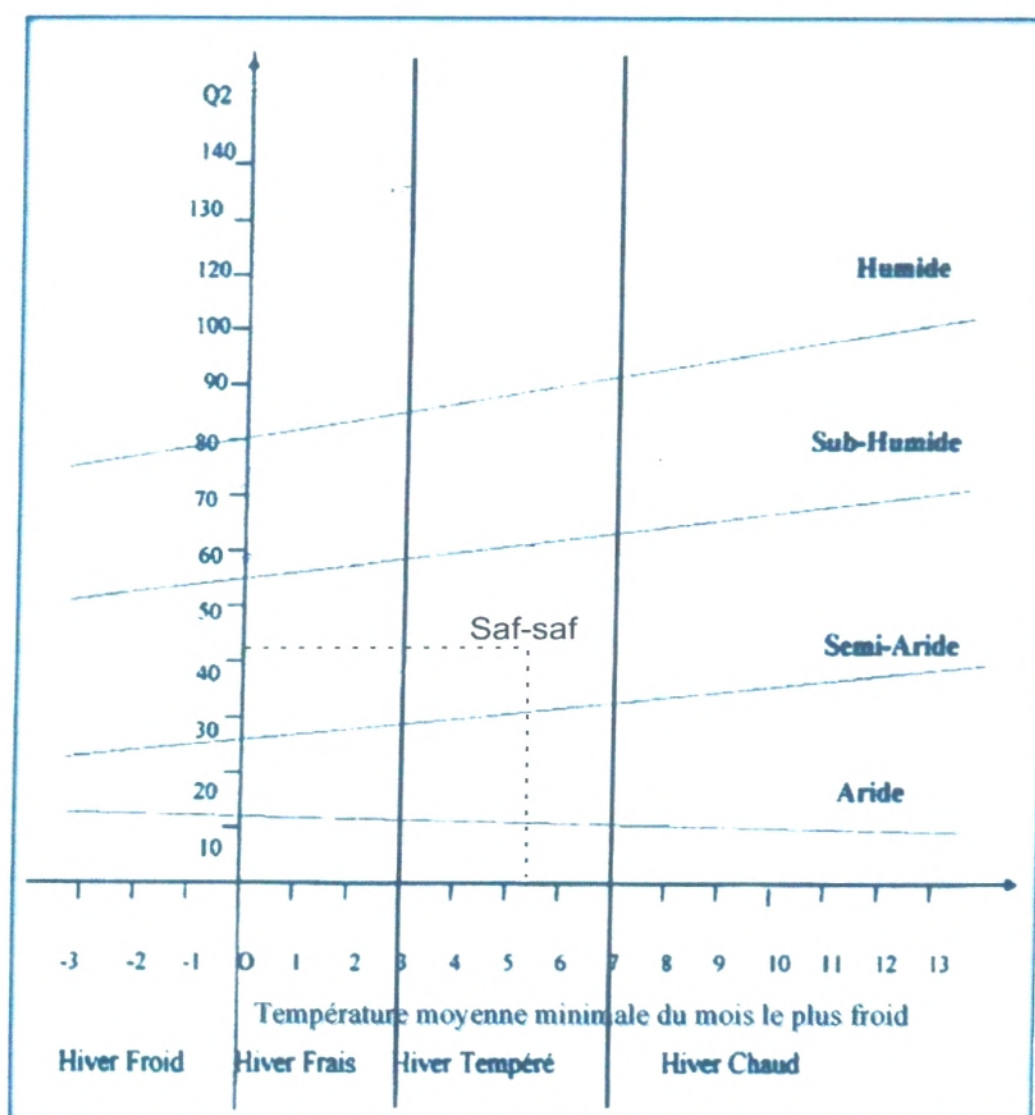


Figure 9 : Position de la station Saf-saf sur le climagramme pluviométrique d'Emberger (1955)

# CHAPITRE II

## MATERIEL ET METHODES



## CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Description des stations d'étude et de leurs microhabitats

Quatre stations d'étude ont été choisies le long de l'oued Chouly de l'amont à l'aval. Elles présentent des caractéristiques distinctes que nous exposons dans les présents paragraphes. Le choix des stations s'expliquent en grande partie par les caractéristiques des stations mais en grande partie par l'accessibilité à ces stations ; les cultures et les vergers sur les rives souvent protégés, constituent des contraintes de terrain pour accéder à plusieurs endroits.

Tenant compte de la combinaison des facteurs abiotiques (vitesse du courant, nature du substrat, végétation dans l'eau et ensoleillement), les différents habitats et des microhabitats, présents dans chaque station, sont individualisés

#### 1. 1. Station 1 (C1)

Latitude : 34° 54'

Longitude : 1°10'

Altitude : 850m

La station C1 se localise dans la partie amont de l'oued Chouly, elle se trouve à proximité d'un pont en aval du village Ouled Sid El Hadj.

A ce niveau, le cours d'eau présente des berges naturelles inclinées et un lit mineur de deux mètres de largeur en moyenne dont le substrat est composé de blocs, pierres hétérométriques et de blocs de béton jetés à certains endroits dans la rivière.

L'eau est fraîche et inodore avec un aspect clair, sa profondeur est de quelques centimètres seulement.

Le débit est faible et la vitesse du courant est en moyenne de 0.4m/s.

La station est généralement bien ensoleillée, à l'exception de certaines zones ombragées grâce à la présence de quelques arbres.

La végétation aquatique est marquée par la présence des algues, des mousses et des végétaux semi-aquatiques.

La végétation riveraine est abondante. Elle est représentée par une strate arborée composée essentiellement du figuier (*Ficus carica*) et d'Eucalyptus. La strate arbustive comprend le

laurier rose (*Nerium oleander*) alors que la strate herbacée qui est dominée par le palmier nain (*Chamerops humilis*) et l'Asphodèle (*Asphodellus microcarpus*).

Les terres environnantes de cette station sont agricoles, elles sont occupées essentiellement par des arbres fruitiers représentés typiquement par les cerisiers, associés à des cultures maraichères.

L'hétérogénéité spatiale de cette station offre cinq microhabitats différents par leurs caractéristiques.

#### **Microhabitat R1** : (Photo 1)

Les prélèvements sont réalisés au centre du lit de l'oued sur un fond de galets de différentes tailles. Ce microhabitat est caractérisé par une eau claire, peu profonde et avec une végétation riveraine et aquatique réduite. L'écoulement est rapide et l'ensoleillement est très important.



**Photo 1 : Microhabitat R1 de la station 1  
(BOUAYED, 2008)**

#### **Microhabitat R1\*** : (Photo 2)

Ce microhabitat est caractérisé par une eau claire et un substrat vaseux où s'enracinent quelques végétaux semi-aquatiques. Les prélèvements sont réalisés au milieu du lit de l'oued présentant un courant plus ou moins rapide. La végétation riveraine est réduite et l'ensoleillement est important. La profondeur n'atteint pas les 10cm.





**Photo 2 : Microhabitat R1\* de la station 1  
(BOUAYED, 2008)**

 **Microhabitat M1** : (Photo 3)

La récolte est réalisée au centre du lit de l'oued. Le substrat est composé de galets hétérométriques avec absence de végétaux.

A ce niveau, l'eau est assez claire et profonde relativement aux microhabitats précédents mais la vitesse du courant reste moyenne. Cette parcelle reste relativement ensoleillée en raison de l'absence d'une végétation riveraine.



**Photo 3 : Microhabitat M1 de la station 1  
(BOUAYED, 2008)**



**📍 Microhabitat L1** : (Photo 4)

Les prélèvements sont effectués en bordure de l'oued marqué par la présence des végétaux, dans une eau caractérisée par sa clarté et un substrat hétérogène constitué de vase et de quelques cailloux. Ce microhabitat est plus profond. Le courant est lent et les arbres des rives rendent cette zone ombragée.



**Photo 4 : Microhabitat L1 de la station 1  
(BOUAYED, 2008)**

**📍 Microhabitat S1** : (Photo 5)

Situé en périphérie du cours d'eau, ce microhabitat, à eau stagnante, se caractérise par une eau assez claire avec présence d'algues. Le substrat est constitué de vase où s'enracinent des végétaux semi-aquatiques. Les prélèvements sont réalisés une seule fois dans ce microhabitat au mois de novembre (sortie 1) où l'ensoleillement était assez fort.



**Photo 5 : Microhabitat S1 de la station 1  
(BOUAYED, 2008)**

## 1. 2. Station 2 (C2)

Latitude : 34° 54'

Longitude : 1°09'

Altitude : 800m

La station se trouve dans la partie amont de l'oued Chouly. Elle se localise sous le pont en aval du village Yebder à 2Km de la station C1.

Les berges de la station sont naturelles, légèrement inclinées sur la rive droite et verticale sur la rive gauche. Le lit mineur est de 1,5m de largeur en moyenne dont le substrat est prédominé par la vase avec présence de blocs et même de roches.

Un débit faible avec une vitesse du courant moyenne de 0,23 m/s. L'eau est peu profonde mais a un aspect clair et inodore.

La station est ensoleillée et la végétation riveraine est basse composée principalement d'Eucalyptus, d'Asphodèle (*Asphodellus microcarpus*) et de laurier rose (*Nerieum oleander*).

Au niveau de cette station, une action humaine se manifeste par le pompage de l'eau pour l'irrigation des terres agricoles, le lavage des voitures, en plus des troupeaux de moutons qui viennent s'abreuver.

Trois microhabitats sont retenus dans cette station, présentant des caractéristiques relativement différentes.

### **Microhabitat R2** : (Photo 6)

Les prélèvements sont faits au niveau de la chute d'eau où le courant est rapide, caractérisée par une eau limpide. Le substrat est composé de gros galets tapissés de mousses. La végétation riveraine est absente, l'ensoleillement est important et la profondeur ne dépasse pas les quinze centimètres.

### **Microhabitat L2** : (Photo 7)

Ce microhabitat se caractérise par une pente faible et un substrat vaseux. L'eau est claire et peu profonde avec présence de quelques algues, le courant est lent. Cette zone est ensoleillée. La végétation riveraine reste dispersée.





**Photo 6 : Microhabitat R2 de la station 2  
(BOUAYED, 2008)**

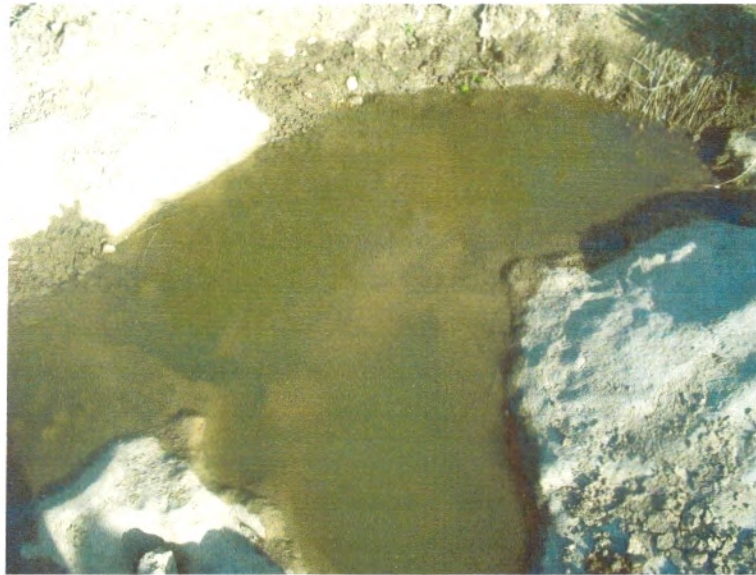


**Photo 7 : Microhabitat L2 de la station 2  
(BOUAYED, 2008)**

📌 **Microhabitat S2** : (Photo 8)

Les prélèvements sont effectués dans une eau stagnante, légèrement turbide et avec une profondeur de 20 à 30 centimètres. Le substrat est vaseux, limité par deux roches où il n'y a pas de végétation. Ce microhabitat est fortement ensoleillé.





**Photo 8 : Microhabitat S2 de la station 2  
(BOUAYED, 2008)**

### **1. 3. Station 3 (C3)**

Latitude : 34° 55'

Longitude : 1°08'

Altitude : 725m

La station est localisée en Chouly moyen, exactement sous le pont de la route nationale (Tlemcen-Sidi) bel Abbés au niveau de la commune d'El Wadi Lakhdar (Chouly). Cette station reçoit en aval, les eaux usées du village de Chouly.

Les berges de la station sont de types inclinés et naturels. Le lit mineur est d'une largeur de 1,5 m en moyenne, et d'une profondeur moyenne de 0,22m en basses eaux. La vitesse du courant est de 0,32 m/s en moyenne et le débit est assez faible.

Au fond, le substrat se présente sous forme de blocs hétérométriques et une épaisse couche de vase. La végétation aquatique est représentée par de rares algues vertes, des bryophytes et quelques végétaux semi-aquatiques.

L'eau de la station C3 est trouble, d'une couleur parfois rougeâtre.

La station est bien ensoleillée mais certaines zones sont ombragées en raison de présence d'une végétation riveraine dense.

Les alentours de la station sont des terres agricoles (Cultures maraichères, céréales, arbres fruitiers). L'action anthropique est marquée par différentes activités, il s'agit le plus de pompages destinés à l'irrigation et le lavage (voiture, linge et légumes).



**Photo 10 : Microhabitat M3 de la station 3  
(BOUAYED, 2008)**

📌 **Microhabitat L3** : (Photo 11)

La récolte se fait à proximité des rives envahies par des végétaux. L'eau est turbide et plus profonde sur un fond de vase bien épais où s'enracinent les végétaux semi-aquatiques. L'absence d'une végétation riveraine haute fait de ce microhabitat un habitat moins ensoleillé par rapport aux précédentes. La vitesse du courant est faible.



**Photo 11 : Microhabitat L3 de la station 3  
(BOUAYED, 2008)**



Le voisinage est un environnement agricole où la céréaliculture et la culture maraichère dominant, en association avec l'élevage de bétail (moutons, vaches, chèvres..). L'eau de cette station est utilisée pour l'irrigation.

Tenant compte toujours des mêmes critères, cette station offre trois microhabitats relativement différents.

✚ **Microhabitat R4** : (Photo 13)

Les prélèvements ont été fait au niveau de la chute d'eau au centre du lit de l'oued, à proximité des roches en place.

Cette zone est profonde et large caractérisée par une eau assez claire avec une végétation algale diffuse à la surface. Le substrat est composé de gros blocs et de galets hétérométriques et la végétation riveraine est importante. L'ensoleillement est important et le courant est rapide.



**Photo 13 : Microhabitat R4 de la station 4  
(BOUAYED, 2008)**

✚ **Microhabitat M4** : (Photo 14)

Il est caractérisé par une eau assez claire, sur un fond hétérogène de vase et de blocs recouverts de bryophytes. L'écoulement est moyen. Ce microhabitat est fortement ensoleillé et la végétation riveraine est importante.



## 2. Méthodes d'étude

Dans ces quatre stations réparties le long de l'oued Chouly de l'amont à aval, nous avons procédé à huit prélèvements s'échelonnant du mois de novembre 2007 au mois de juin de l'année 2008 à raison d'un prélèvement par mois ; cette période relève sur le plan hydrologique des moyennes et basses eaux.

Cette opération se répète donc à plusieurs endroits de la station en fonction des microhabitats en place. Le principe repose essentiellement sur le prélèvement de la macrofaune benthique d'eau douce au niveau de chaque microhabitat. Chaque station est délimitée par environs 30 mètres du cours d'eau.

### 2. 1. Récolte faunistique

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet surber de 300 micromètres de vide de maille possédant un cadre rectangulaire (Fig. 10). Il est placé sur le fond du lit, face au courant afin d'éviter une dérive provoquée des organismes benthiques et un mouvement de déplacement est nécessaire pour la récolte de la faune. Le courant entraîne les organismes dans le filet. Les galets sont retournés et raclés et délicatement lavés dans le filet. Les prélèvements sont réalisés sur une surface de 0.45m<sup>2</sup>, cette surface permet un échantillonnage convenable et satisfaisant de la faune quelle que soit sa distribution (contagieuse, régulière ou aléatoire).

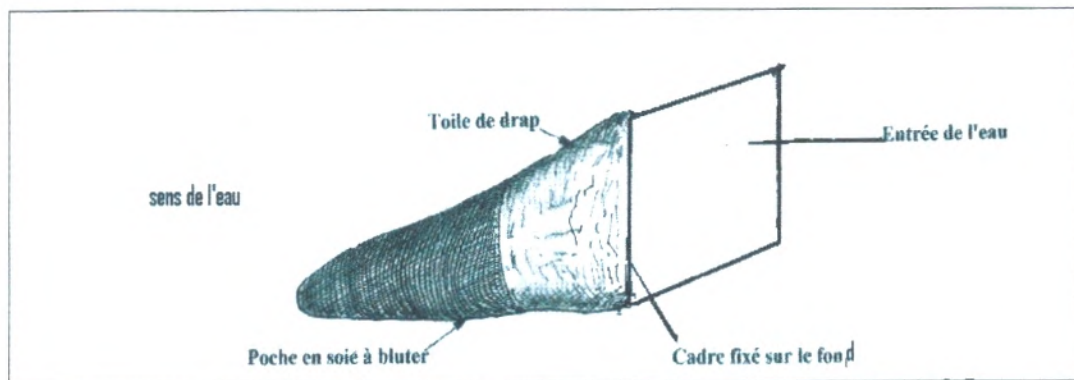


Figure 10 : Le filet de dérivé ou de Surber

Après prélèvement, la faune prélevée est mise dans des bocaux soigneusement étiquetés (date, lieu de prélèvement et le nom du microhabitat) et fixée par de l'alcool à 70°. Les

prélèvements sont ensuite transportés au laboratoire pour procéder à l'identification et au comptage. Les échantillons ainsi prélevés permettent une analyse semi-quantitative des données.

## **2. 2. Tri et détermination**

Au laboratoire, les échantillons sont d'abord séparés de différentes particules (débris, végétaux, gravier... ) pour être trié sous une loupe binoculaire.

Les organismes sont manipulés à l'aide d'une pince fine et d'aiguille montée afin de ne pas les abîmer, ils sont identifiés à l'aide de la clé de détermination des macroinvertébrés d'eau douce (DEMOULIN, 1970 ; TACHET et *al*, 1980 ; MOISAN, 2006) et dénombrés au fur à mesure.

Les individus déterminés sont classés et mis dans des tubes à hémolyse remplis d'alcool à 70°. Nous avons pour la plupart des taxons, atteint le niveau de la famille, pour cela nous utilisons le niveau taxonomique et non spécifique pour l'analyse de la structure du peuplement.

## **2. 3. Physico-chimie de l'eau**

Afin de mettre en évidence l'action du milieu où vit la macrofaune benthique de l'oued Isser, nous avons réalisé les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau (Température, pH, conductivité, salinité, turbidité et oxygène dissous) et ceci pour mieux cerner leurs actions sur la structure et la composition des peuplements benthiques des différents microhabitats.

Toutes les analyses ont été réalisées sur le terrain mis à part la turbidité qui a été effectuée au laboratoire.

### **2.3.1. Analyses sur le terrain**

Le travail se fait à l'aide d'un appareil de type multiparamètres WTW340<sub>i</sub> / SET qui mesure plusieurs paramètres dont le pH, la température de l'eau, la conductivité, la salinité et l'oxygène dissous.



La température de l'air est mesurée à l'aide d'un thermomètre à mercure.

La température de l'eau est un facteur important dans la vie d'un cours d'eau. Elle est exprimée en degré Celsius.

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique. Il dépend de l'origine des eaux. Ses variations n'affectent les eaux naturelles que dans des cas extrêmes.

La conductivité permet l'évaluation rapide et approximative de la minéralisation globale de l'eau, en constituant une bonne appréciation des matières en solution à l'état ionique, quand elle est élevée traduit une minéralisation élevée qui peut être naturelle ou artificielle.

Elle est exprimée en micro- siemens par centimètre.

Fortement liée à la conductivité, la salinité traduit le taux de NaCl présent dans l'eau. Son unité est en mg /l.

L'oxygène dissous est un élément fondamental indispensable à la vie, dans l'eau. Ses teneurs sont liées au processus photosynthétiques exercés par les algues benthiques et planctoniques à la respiration des organismes vivants animaux et végétaux, ainsi qu'au phénomène de minéralisation de la matière organique présente dans le milieu sous forme dissoute. Il est exprimé en mg/l ou en pourcentage de saturation.

### **2. 3. 2. Mesure de turbidité au laboratoire**

Elle permet l'évaluation rapide et approximative de la minéralisation globale de l'eau, en constituant une bonne appréciation des matières en solution à l'état ionique, quand elle est élevée traduit une minéralisation élevée qui peut être naturelle

L'eau a été prélevée dans des flacons en plastique d'un litre, immergés à quelques centimètres de la surface. Ils sont ensuite stockés dans une glacière à une température de 4°C environ afin d'empêcher le processus de la dégradation de la matière organique. Ils sont directement acheminés au laboratoire d'écologie où est mesurée la turbidité par turbidimètre de paille de type LT 2000, elle est exprimée en FTU.

### **2. 4. Etude de la structure du peuplement**

Un premier travail consiste à établir la liste faunistique représentant l'ensemble des taxons de macroinvertébrés récoltés lors des différents prélèvements.

L'évaluation de l'état du biotope hébergeant les peuplements repose sur l'analyse de la composition faunistique qui permet de détecter toutes sortes de dégradations et de



perturbations ou pollutions qui existent. Pour bien décrire la structure du peuplement benthique dans nos quatre stations d'étude, nous avons utilisé les indices mathématiques et les représentations graphiques les plus utilisés en écologie

## 2. 4. 1. Paramètres de description de la structure numérique des peuplements

### 2. 4. 1. 1. Les indices de diversité

Ce sont des expressions mathématiques qui renseignent le mieux sur la structure des peuplements. Les mesures de la richesse taxonomique, la diversité et l'équitabilité sont utiles pour la caractérisation d'un peuplement, la comparaison globale des peuplements différents ou de l'état d'un même peuplement étudiés à des moments différents (BARBAULT, 1995).

Ces indices ont pour intérêt de rendre compte de l'abondance relative de chaque espèce (GAUJOUX, 1995) ; ils permettent aussi de comparer entre eux des peuplements et de voir comment ceux-ci évoluent dans l'espace et dans le temps (DAJOZ, 1985).

➤ La richesse taxonomique est prise en compte, elle correspond donc au nombre de taxons présents dans la collection (LEVEQUE, 1996). Dans ce travail, nous avons utilisé le rang zoologique de la famille.

➤ De tous les indices, la formule de Shannon-Weiner est probablement l'indice le plus utilisé qui exprime le mieux la diversité d'un peuplement. Il coordonne à la fois l'abondance et la richesse spécifique (GRAY *et al.*, 1994), il a pour expression :

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i (\text{Log}_2 P_i)$$

-  $P_i$  : abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce ; et se calcule

$$\text{ainsi : } n_i / N$$

Avec  $n_i$  : nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon.

$N$  : nombre total d'individus de toutes les espèces dans la collection.

Cet indice a pour unité le bit, sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

Cet indice de diversité est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible et qu'une ou quelques espèces dominent ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti équitablement.

Certains auteurs (GRAY et *al.*, 1994) l'ont recommandé comme étant la meilleure expression de la diversité du peuplement. Dans notre étude, nous avons choisi l'indice de Shannon-Weiner  $H'$  (BARBAULT, 1981 ; DAJET, 1976 ; BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979) car il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (CHARDY & GLEMAREC, 1977), d'être indépendant de la taille de l'échantillon et d'être applicable à différentes mesures (densité, abondance, biomasse). Ainsi, cet indice reste le plus employé en écologie benthique. Elle s'associe à l'équitabilité.

➤ Le terme équitabilité est une traduction du terme d'évenness introduit en écologie numérique par PIELOU. FRONTIER et VIALE (1992) suggèrent de dénommer ce paramètre la régularité.

On peut calculer l'équitabilité simplement à partir de l'équirépartition ou diversité maximale, laquelle correspond au cas où toutes les espèces seraient représentées par le même nombre d'individus. Dans ce cas, on trouve  $H'_{\max} = \log_2 S$

Parallèlement à l'indice de Shannon-Weiner et afin de pouvoir comparer les densités de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes (RAMADE, 2003), nous utilisons l'équitabilité comme le rapport :

$$E = H' / H'_{\max} = H' / \log_2 S$$

S : Richesse spécifique.

Log<sub>2</sub> : logarithme à base de 2.

L'équitabilité varie entre 0 et 1, elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par un nombre semblable d'individus.

➤ L'indice de Simpson, également très utilisé en écologie, a pour formule

$$I_s = 1 / \sum P_i^2$$

Il varie de 1 (une seule espèce présente) à S (toutes les espèces ont la même abondance).

Aussi il convient de calculer parallèlement à cet indice, l'équitabilité  $E_s$  en se rapportant à la diversité  $I_s$  observée et la richesse spécifique S

$$E_s = I_s - 1 / S - 1$$



➤ L'indice de diversité de Gleason, également utilisé, tient compte de la croissance logarithmique du nombre  $S$  d'espèce recensés, en fonction du log du nombre  $N$  d'individus examinés. La diversité est alors mesurée par la pente de la droite obtenue en métrique semi-log, soit :

$$I = S - 1 / \log N$$

Selon la vitesse à laquelle le nombre d'espèces recensées augmente lorsqu'augmente le nombre d'individus examinés, la diversité sera ressentie comme grande ou petite (FRONTIER, 2008). Si elle est grande, la liste d'espèces croît rapidement ; si elle est faible, il faudra un effort d'échantillonnage ou d'observation important pour augmenter le nombre d'espèces recensées en y incluant les espèces rares (plus une espèce est rare, plus grand en moyenne devra être l'effort d'observation pour la rencontrer).

➤ L'effort d'échantillonnage est le rapport du nombre des espèces contactées une seule fois au nombre total de relevés.

$$Q = a/N \text{ (BLONDEL, 1979)}$$

- $a$  : nombre des espèces vues une seule fois en un seul exemplaire au cours de toute la période prise en considération ;

- $N$  : nombre total des microhabitats.

Plus le rapport  $a/N$  est petit, plus la qualité est grande.

$Q \longrightarrow 0$  : échantillonnage fort

$Q \longrightarrow 1$  : échantillonnage insuffisant

#### 2. 4. 1. 2. Distribution d'Abondance par espèce

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Ce paramètre représente le nombre d'individus du taxon ( $i$ ) dans une collection  $N$ .

$$P_i = n_i / N$$

- $N$  : le nombre total des individus

- $n_i$  : le nombre d'individus de l'espèce  $i$



➤ Le modèle de Mac-Arthur dit des Bâtons brisés, c'est un modèle de répartition des fréquences relatives des espèces fondé sur l'organisation biologique de la communauté (RAMADE, 2003). Mac-Arthur suggère que l'abondance de chaque espèce est régie par une distribution aléatoire des ressources réparties selon un continuum, c'est-à-dire que les limites de l'hypervolume de la niche (restreinte aux dimensions ressources) sont réparties au hasard dans l'espace.

Si N est le nombre total d'individus que comporte le peuplement, S la richesse totale, Nr est le nombre d'individus de l'espèce de rang r classés de la plus abondante (i=1) à la moins abondante (i=S), dans ces conditions Nr aura pour valeur :

$$N_r = N/S \sum_{i=1}^r 1/(S - i + 1)$$

Où  $\sum_{i=1}^r$  représente la somme des valeurs de  $1/S-i+1$  effectuée pour toutes les espèces du rang  $i=1$  à  $i=r$ .

La représentation géométrique simplifiée de cette distribution est dénommée modèle du bâton brisé, en figurant l'hypervolume niche sous forme d'une droite sur laquelle les points délimitant les bornes des niches des différentes espèces seront projetés au hasard. On fragmentera de la sorte cet axe <<ressources>> de la niche en autant de segments bornés par ces points, dont la longueur sera proportionnelle à l'étendue de chaque niche, et on les classera par ordre de longueur décroissante.

Dans ces conditions, ils s'ajustent sur une courbe correspondant à l'abondance décroissante depuis l'espèce dominante majeure (segment le plus long), jusqu'à l'espèce la plus rare (segment le plus court).

➤ Le modèle de Motomura, décrit un alignement rectiligne des points du diagramme lorsque les abondances des espèces sont portées en log, et les rangs sans transformation. On note aussi que, souvent, le diagramme fait apparaître non une droite unique mais plusieurs segments successifs, évoquant des processus successifs (FRONTIER, 2008).

L'auteur en donne une interprétation passable simpliste, fondée sur une très hypothétique loi de partage de ressources du biotope entre les espèces en présence. Il admet :

\* Que le nombre d'individus est proportionnel à la fraction de ressource accaparée par l'espèce ;

\* Que les espèces s'installent les uns après les autres ;

\* Que la première espèce à s'installer accapare une fraction  $k$  ( $<1$ ) de la ressource globale ; que la seconde accapare une fraction  $k$  de ce qui reste, c'est-à-dire une fraction  $k \cdot (1-k)$  de la ressource initiale ; et ainsi de suite.

La distribution de Motomura suppose que la fraction des ressources utilisées par chaque espèce est sensiblement constante pour l'ensemble de la séquence des espèces constituant le peuplement. Dans cette distribution, un nombre limité d'espèces dominantes occupe la majorité de l'hypervolume niche disponible laissant ce qu'il reste aux espèces moins efficaces dans la compétition interspécifique (RAMADE, 2003).

#### 2. 4. 1. 3. Fréquence d'occurrence ou constance des espèces

Appelée aussi indice de constance au sens de DAJOZ (1976), la fréquence d'occurrence (C%) est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le nombre de relevés ( $P_i$ ) où l'on trouve l'espèce (i) et le nombre total de relevés réalisés (P) dans une même station.

Elle est calculée par la formule :

$$C (\%) = 100 P_i / P$$

En fonction de la valeur C (%), nous qualifions les espèces de la manière suivante :

$C = 100 \%$  -espèce omniprésente

$100 < C < 75\%$  -espèce constante

$75 < C < 50\%$  -espèce fréquente

$50 < C < 25\%$  -espèce commune

$25 < C < 5\%$  -espèce accessoire

$C < 5\%$  -espèce rare.



#### 2. 4. 1. 4. Indice de similitude

Les indices de similitudes ou de similarité évaluent la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé.

Cette analyse permet de rationaliser le classement des relevés par ordre d'affinité, afin d'obtenir une représentation synthétique de l'organisation. L'analyse se fonde sur l'usage d'un des coefficients de communauté de JACCARD et elle est calculée par l'expression qui suit :

$$J = \frac{Sc}{(Sx + Sy)} \times 100$$

Sx : nombre de taxons de la station x ;

Sy : nombre de taxons de la station y ;

Sc : nombre de taxons communs.

On met en évidence différents groupements, classés selon les valeurs obtenues par l'application du coefficient de la communauté sur l'ensemble des relevés pris deux à deux. Les pourcentages sont figurés dans un tableau à double entrée (matrice) dans lequel le relevé est à la fois sur la ligne et sur la colonne.

L'intersection des lignes et des colonnes met en évidence des groupements distincts qui sont matérialisés par une couleur, correspondant à la paire de relevés pris en considération (RAMADE, 2003).

#### 2. 4. 2. Traitement statistiques des donnés

##### 2. 4. 2. 1. Analyse statistique multivariée (ACP)

L'analyse en composantes principales (ACP). Cette analyse consiste à transformer les 'p' variables quantitatives initiales inter-corrélées en 'p' variables quantitatives non corrélées appelées « composantes principales » (DERVIN, 1988). L'ACP traite les données numériques contrairement à l'AFC qui peut traiter les données qualitatives (BOUROCHE & SAPORTA, 1980). C'est une méthode descriptive dont le but est de présenter un tableau de données quantitatives.

Elle vise à mettre en évidence, sous forme graphique, le maximum de l'information contenue dans un tableau de données d'un grand nombre de descripteurs (variables



mésologiques), de connaître la quantité de variance expliquée par les quelques axes principaux indépendants et de dégager les relations entre les variables et les relevés. En fait, elle permet d'obtenir une représentation du nuage de points dans un espace de dimension réduite de telle manière que l'inertie portée par cet espace soit la plus grande possible. Elle est utilisée lorsqu'il s'agit de décrire un tableau des variables numériques continues de type « variables quantitatives x individus » (DAJET, 1979 ; LEGENDE & LEGENDE, 1979).

#### **2. 4. 2. 2. Analyse statistique multivariée (AFC)**

Il s'agit de l'analyse des correspondances factorielles réalisée par le logiciel minitab adapté aux études écologiques (THOULOUSE et CHASSEL, 1997).

Dans un contexte écologique, cette analyse informatisée est utilisée pour classer par groupes les taxons ou les sites montrant des attributs semblables (GRAY et *al.* , 1994).

Cette méthode entre dans les deux grandes catégories du regroupement et de l'ordination qui donne un aperçu des relations de similarité des échantillons en termes d'abondance ou biomasse des espèces, son usage permet de représenter graphiquement les résultats sous la forme d'un diagramme de dispersion où les objets et les descripteurs sont représentés par les points.

#### **2. 4. 2. 3. La méthode de classification hiérarchique**

La classification ascendante hiérarchique (CAH) conduit à la construction d'un arbre de classification (ou Dendrogramme) montrant le passage des *n* individus au groupe total par une succession de regroupements.

La classification descendante hiérarchique procède à l'inverse par subdivisions successives de l'ensemble à classer.

Les regroupements obtenus sont représentés graphiquement sous forme de dendrogramme : schéma en forme d'arbre qui permet de visualiser le degré de similarité entre taxon après identification en fonction de la similarité de leur combinaison de traits biologiques et écologiques.

#### 2. 4. 2. 4. Méthode d'analyse biologique de la qualité de l'eau :

##### ➤ Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)

L'IBGN fournit une estimation qualitative du milieu dans son ensemble en utilisant la faune macro invertébrée en tant que compartiment intégrateur du milieu (MOOG, 1995). Cette méthode est normalisée, ce qui signifie qu'elle est appliquée de manière uniforme dans un certain nombre de territoires dont la France (norme AFNOR, mars 2004).

L'information fournie est synthétique : elle intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau (VERNEAUX, 1980). Cette méthode s'applique à des sites d'eau courante de petites ou moyennes dimensions dont la profondeur n'excède pas 1 mètre.

L'objectif de la méthode est de situer la qualité biologique d'un cours d'eau dans une gamme typologique générale. L'IBGN peut permettre de suivre l'évolution de la qualité biologique d'un site au cours du temps, dans l'espace (amont/aval) et d'évaluer l'effet d'une perturbation sur le milieu.

Le principe de la méthode repose sur le prélèvement de la macrofaune benthique selon un mode d'échantillonnage standardisé tenant compte des différents habitats, définis par la nature du substrat et la vitesse de l'écoulement. Les peuplements de macroinvertébrés sont identifiés pour déterminer la variété taxonomique et fournissent des indicateurs (**GI**).

Ceux-ci ont été choisis en fonction de leur sensibilité aux pollutions, aussi bien organiques que physico-chimiques (rejets de type urbain), mais aussi à toute perturbation naturelle. De plus, la richesse en espèces et la composition des peuplements permettent de rendre compte du degré de complexité de la communauté vivante.

Le calcul de l'indice est établi à partir du tableau (Annexe I) en déterminant tout d'abord la variété taxonomique  $\sum (t)$ , c'est-à-dire le nombre total de taxons identifiés (le nombre d'individus par taxon n'est pas pris en compte).

Il faut ensuite rechercher le groupe faunistique indicateur (**GI**) dans la liste fournie et sélectionner le taxon qui présente le degré de polluo-sensibilité le plus élevé de l'échantillon intégral de la station étudiée.

L'indice peut alors être lu dans le tableau des valeurs de l'IBGN : il est au croisement de la colonne de la variété taxonomique et de la ligne du groupe faunistique indicateur.



**Par exemple**

Si  $GI = 8$  et  $\sum t = 33$  alors  $IBGN = 17$ .

**Tableau 6 : Couleurs indicatrices de l'IBGN (A.F.N.O.R, 2004)**

I.B.G.N	$\geq 17$	16-13	12-9	8-5	$< 4$
Couleur	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge

Pour cela, le calcul de l'I.B.G.N représente une note sur 20 ; il est établi à partir du tableau (Annexe I) et interprété à partir du tableau (6). La couleur est indicatrice sur une représentation graphique, de la qualité de l'eau.

➤ L'indice composite benthique (**ICB**) repose sur l'analyse de plusieurs variables caractéristique d'une communauté benthique. Pris isolément, chacune de ces variables n'est pas toujours un indicateur fiable de la dégradation du milieu, mais une fois agrégées et synthétisées en un indice biotique, elles deviennent fortement corrélées à une dégradation (KARR, 1987). L'indice utilisé dans cette étude comporte six variables :

- **variable 1, Richesse taxonomique** : le nombre total des différents taxons augmente en général avec une augmentation de la qualité de l'eau et de la diversité de l'habitat (PLAFKIN et *al.*, 1989).

- **variable 2, Indice EPT** : le nombre des taxons d'éphéméroptères, plécoptères et de trichoptères définit une richesse d'organismes benthiques considérés sensibles à une dégradation de la qualité de l'eau. La valeur de l'indice EPT augmente lorsque la qualité de l'eau s'améliore (PLAFKIN et *al.*, 1989).

-**variable 3, Densité des EPT / Densité Chironomes** : densité EPT/densité Chironomes réfère à la proportion du nombre d'éphéméroptères, plécoptères et trichoptères sur le nombre de chironomes. Un ratio inférieur à 1, indiquant une communauté déséquilibrée dont le nombre de Chironomes est beaucoup plus important que l'ensemble des taxons EPT, considérés plus sensibles à la pollution. Cela indique un stress environnemental, puisque les Chironomes auraient tendance à augmenter en densité relative et à dominer la communauté là où il ya un accroissement de la concentration en métaux lourd où un enrichissement organique (FERRINGTON, 1987 dans PLAFKIN, 1989 ; ROTHROCK et *al.*, 1998).

**-variable 4, H'** : un indice de diversité élevée correspond à des conditions du milieu favorable permettant la colonisation de nombreuses espèces, chacune étant représentée par une faible densité. Cependant, en absence de compétition, ces espèces sont souvent présentes en grand nombre (DAJOZ, 1982).

**-variable 5, IBGN** : l'IBGN répond à plusieurs perturbations, mais il s'avère particulièrement sensible à la pollution organique de l'eau. L'influence d'autres perturbations (thermique, toxique, variation de pH etc.) sur l'indice IBGN est encore mal connue et est présentement à l'étude (GENIN et al. , 1997).

**-variable 6, Pourcentage des vers oligochètes** : une surabondance d'oligochètes peut signaler des problèmes d'enrichissement de type organique. Dans les milieux affectés par une pollution organique, les oligochètes reconnus pour leurs résistance à ce type de pollution, peuvent proliférer en très grand nombre (GROSS, 1976 ; GIANI, 1984 ; WILLIAMS, 1989 ; ST-ONGE et RICHARD, 1994).

La valeur de l'ICB correspond à la somme des valeurs normalisées de chacune des variables. La valeur normalisée d'un variable est obtenue en divisant la valeur de la variable à une station donnée par la plus grande valeur de cette variable obtenue pour l'ensemble des stations du cours d'eau au moment de l'étude. L'ICB le plus élevé devient la référence à atteindre en termes de récupération.



# CHAPITRE III

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

## CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION

### 1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

Les paramètres physico-chimiques fournissent des indications sur la qualité de l'eau et les conditions écologiques où vivent les communautés benthiques, mais elles sont sujettes à des variations souvent liées à des activités anthropiques qui modifient les caractéristiques d'une eau.

L'ensemble des résultats des paramètres physico-chimiques (Annexe II) enregistrés au cours de la période d'étude (de novembre à juin) sont analysés chacun isolément au moyen de représentations graphiques puis synthétisés à travers une analyse en composantes principales.

#### 1.1. La température de l'eau

La température des eaux courantes dépend de l'altitude, de la vitesse du courant, du climat et de l'ombrage des rives (DUSSART, 1996). Elle subit l'influence de la température de l'air en fonction de certaines conditions locales à savoir l'ensoleillement, la faible profondeur de l'eau et l'heure de prélèvement.

Les résultats des mesures de températures au cours des différentes sorties dans les quatre stations sont portés dans la figure 11, l'heure de mesure se situe entre 10 et 13h du matin.

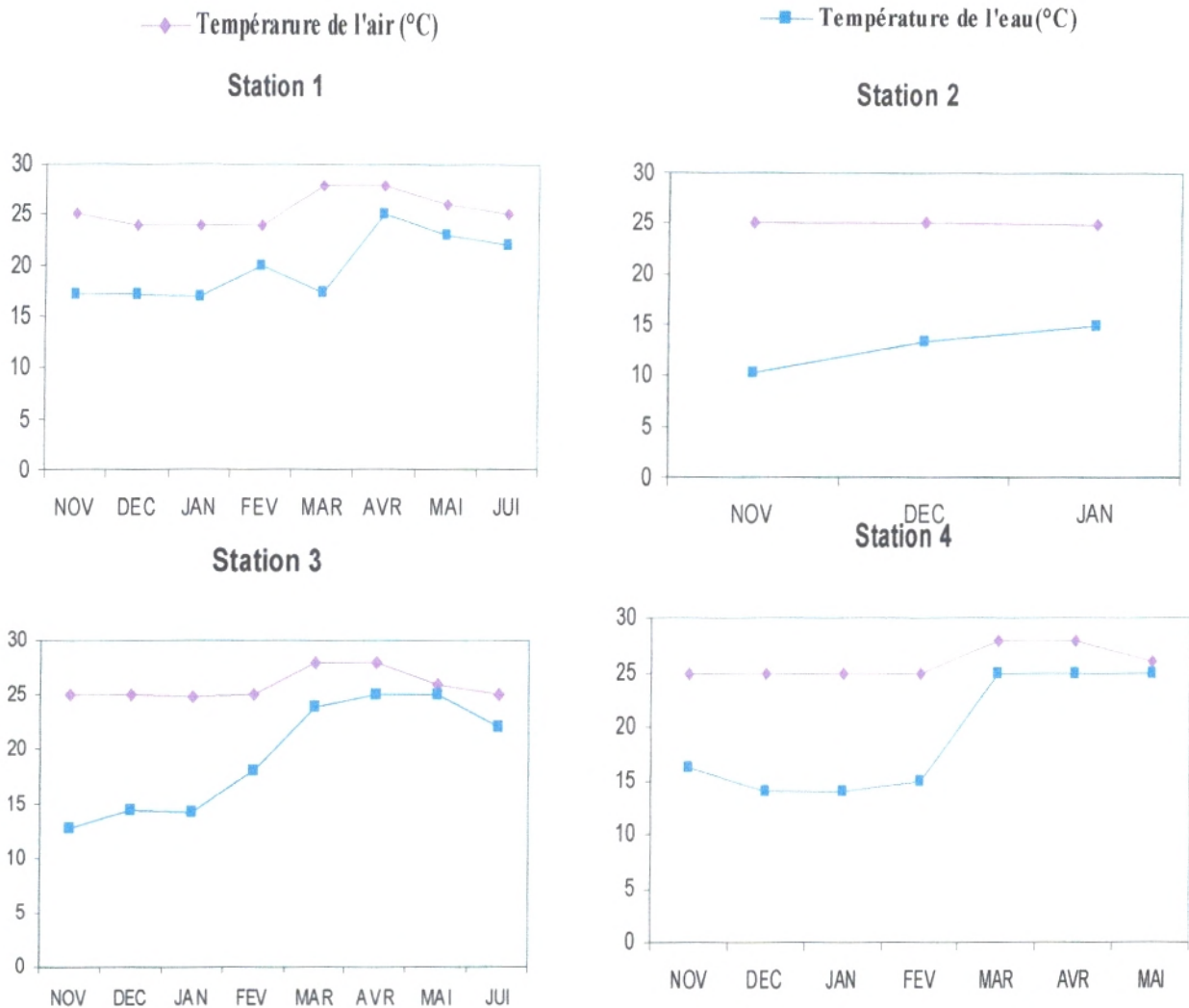
La température de l'eau dans les quatre stations a tendance à augmenter au fur à mesure que l'on se rapproche de la saison d'étiage.

Les températures sont inférieures à 20°C au cours de la période allant du mois de novembre au mois de mars pour la station C1 et du mois de novembre au mois de février pour les stations C3 et C4. Les eaux se réchauffent durant les mois de mars, avril, mai et juin pour les stations C3 et C4 et à partir du mois d'avril pour la station C1, les valeurs enregistrées dépassent les 24°C.

Dans les trois stations à hydrologie similaire, la faune a été donc récoltée entre un minimum de 12°C dans la quatrième station au cours du mois de novembre et un maximum de 25 °C enregistré dans la station C3 durant les mois d'avril, mai et juin.

Par ailleurs, la faune benthique de la station C2 a été retrouvée à un intervalle de températures compris entre 10 et 14°C.





**Figure 11 : Variation spatio-temporelle de la température**

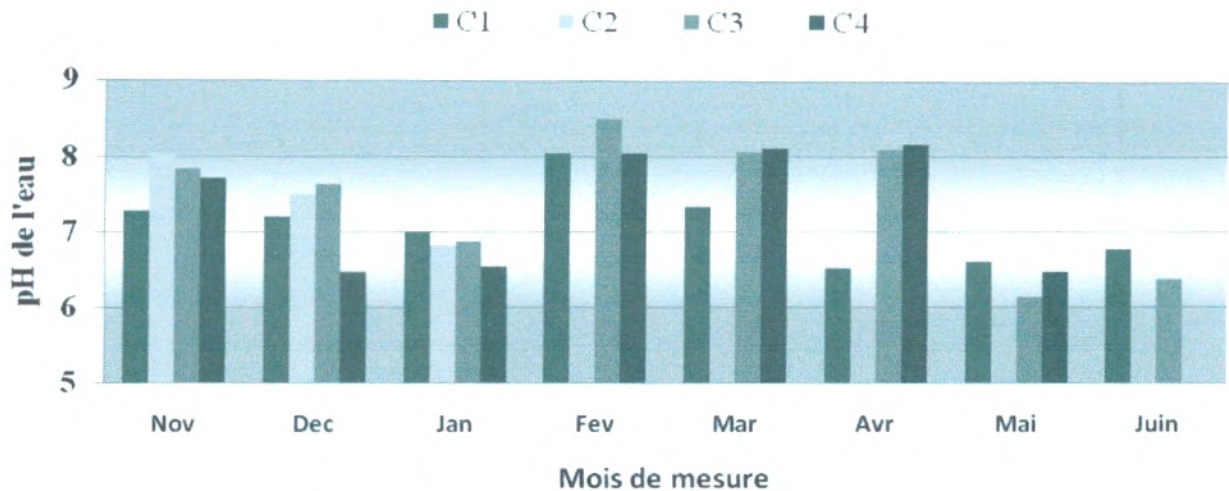
Les eaux de l'oued Chouly restent fraîches, les températures les plus élevées enregistrées sont de l'ordre de 25°C. Sa position altitudinale, sa vitesse importante et sa végétation riveraine relativement dense sont probablement les principales raisons pouvant expliquer ces températures relativement basses.

## 1. 2. Le pH

Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés (AUTHIER, 1981). Ce paramètre est important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau.

D'une manière globale, le pH de l'eau durant la période d'étude est variable d'un point à un autre et d'une date à une autre (Fig. 12), l'analyse de variance à un facteur montre

clairement qu'il n'a pas des différences significatives ( $P > 0.05$ ). Le pH sur l'ensemble de l'oued Chouly est en moyenne de  $7,31 \pm 0,70$  avec un écart variant considérablement entre un minimum de 6,13 et un maximum de 8,7 soit un coefficient de variabilité de 9% seulement.



**Figure 12 : Variation spatio-temporelle du pH**

Dans la station C1, le pH est neutre à légèrement alcalin au cours du mois de février, il devient plus au moins acide au cours de la période d'été (mai à juin).

Dans la station C2, l'eau présente un pH neutre à légèrement alcalin. Alors que dans les stations C3 et C4, les pH sont variables, passant par des situations mitigées, ils sont neutres puis légèrement alcalins puis très faiblement acides en cours d'été.

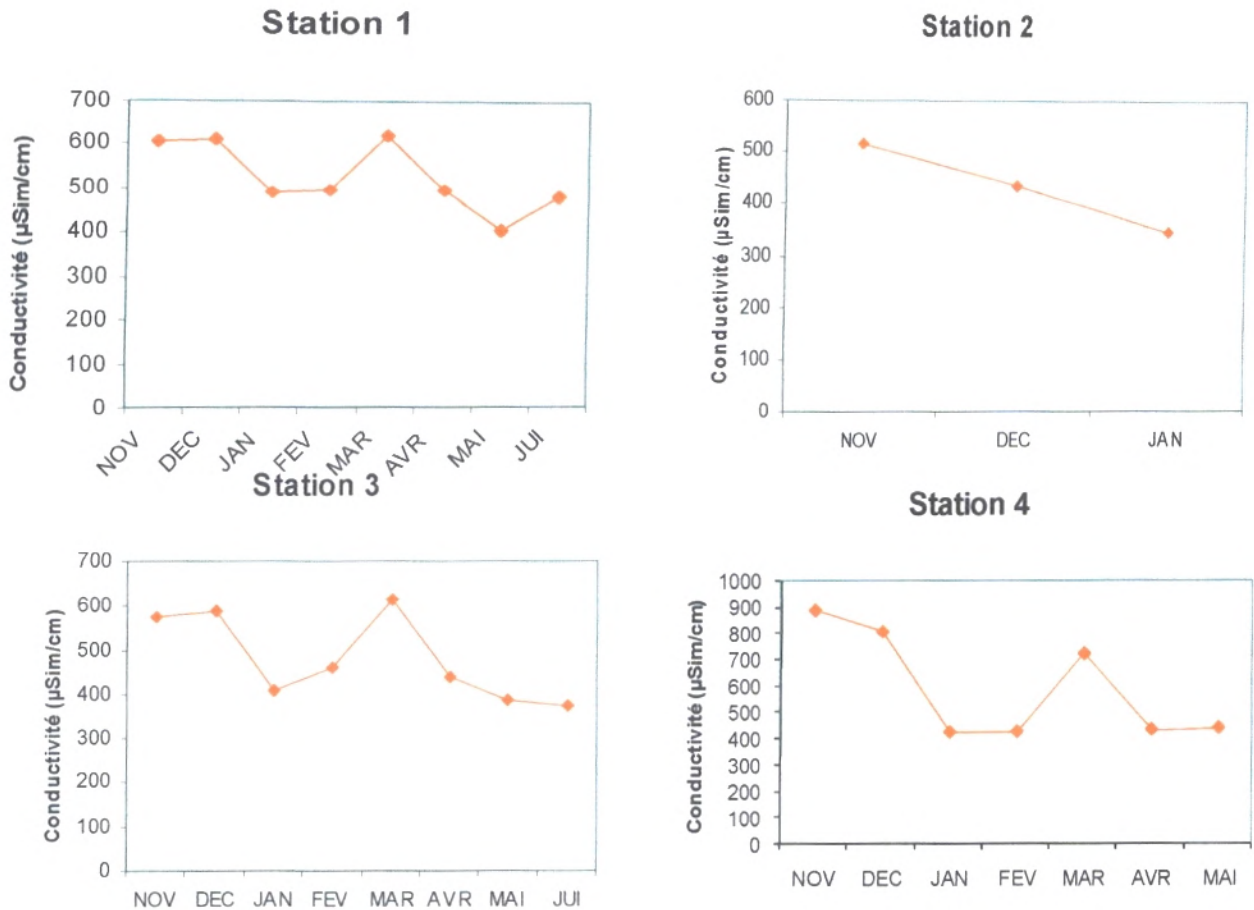
La diminution du pH pourrait être expliquée par des rejets de produits de nettoyage (détergents) ou encore l'épandage de certains pesticides alors que les pH légèrement alcalins sont souvent reliés à la nature calcaire des terrains traversés (AUTHIER, 1981).

### 1. 3. La conductivité

Une conductivité élevée traduit une minéralisation élevée qui peut être naturelle ou artificielle. Mesurée au cours des huit mois d'étude, elle montre de faibles variations d'une date à une autre (Fig. 13). Ainsi, elle diminue dans les quatre premiers mois, ensuite elle augmente lors du 5<sup>ème</sup> mois puis diminue encore dans les derniers prélèvements. Ce phénomène est observé dans les trois stations (C1, C3 et C4). L'effet de dilution dû à des



précipitations à la fin du mois de mars, favorise l'augmentation du débit, permettant ainsi une meilleure oxygénation et une minéralisation du milieu.



**Figure 13 : Variation spatio-temporelle de la conductivité**

Les eaux de oued Chouly sont peu conductrices, la charge ionique reste faible. Les moyennes calculées montrent des conductivités de l'ordre de  $518\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  oscillant entre des valeurs extrêmes allant de  $345$  à  $887\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Les plus fortes valeurs sont enregistrées dans la station C4, située en aval. Les trois stations plus en amont présentent une eau dont la conductivité ne dépasse pas les  $623\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ .

En revanche, d'après les classes proposées par NISBET & VERNEAUX (1970), l'eau de l'oued Chouly présente une minéralisation élevée ( $>600\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) qui a tendance à augmenter de l'amont vers l'aval. La minéralisation plus importante en aval serait due aux apports de matière organique provenant de l'amont (zone amont considérée comme zone de production).

#### 1. 4. La Salinité

La salinité des eaux douces est généralement inférieure à 0,5 mg/l (RODIER, 2005). Dans les quatre stations étudiées, la salinité est faible et les valeurs mesurées ne dépassent pas 0,2 mg/l (Annexe II). Dans les trois premières stations, la salinité est nulle, ce n'est que dans la station C4 que nous avons noté des valeurs de 0,2mg/l.

La conductivité et la salinité, étroitement corrélées, augmentent dans l'oued chouly de l'amont vers l'aval.

#### 1. 5. L'oxygène dissous

Selon BONTOUX (1993), une baisse du taux d'oxygène dissous dans le cours d'eau est souvent l'indice d'une pollution organique. C'est l'un des facteurs fondamentaux de la vie. Sa présence dans les eaux joue un rôle primordial dans le maintien de la vie et dans le processus d'autoépuration.

L'oxygène dissous constitue un facteur limitant pour la plupart des organismes dans les eaux douces (RAMADE, 1982) et les eaux courantes sont généralement bien oxygénées (DECAMPS, 1971).

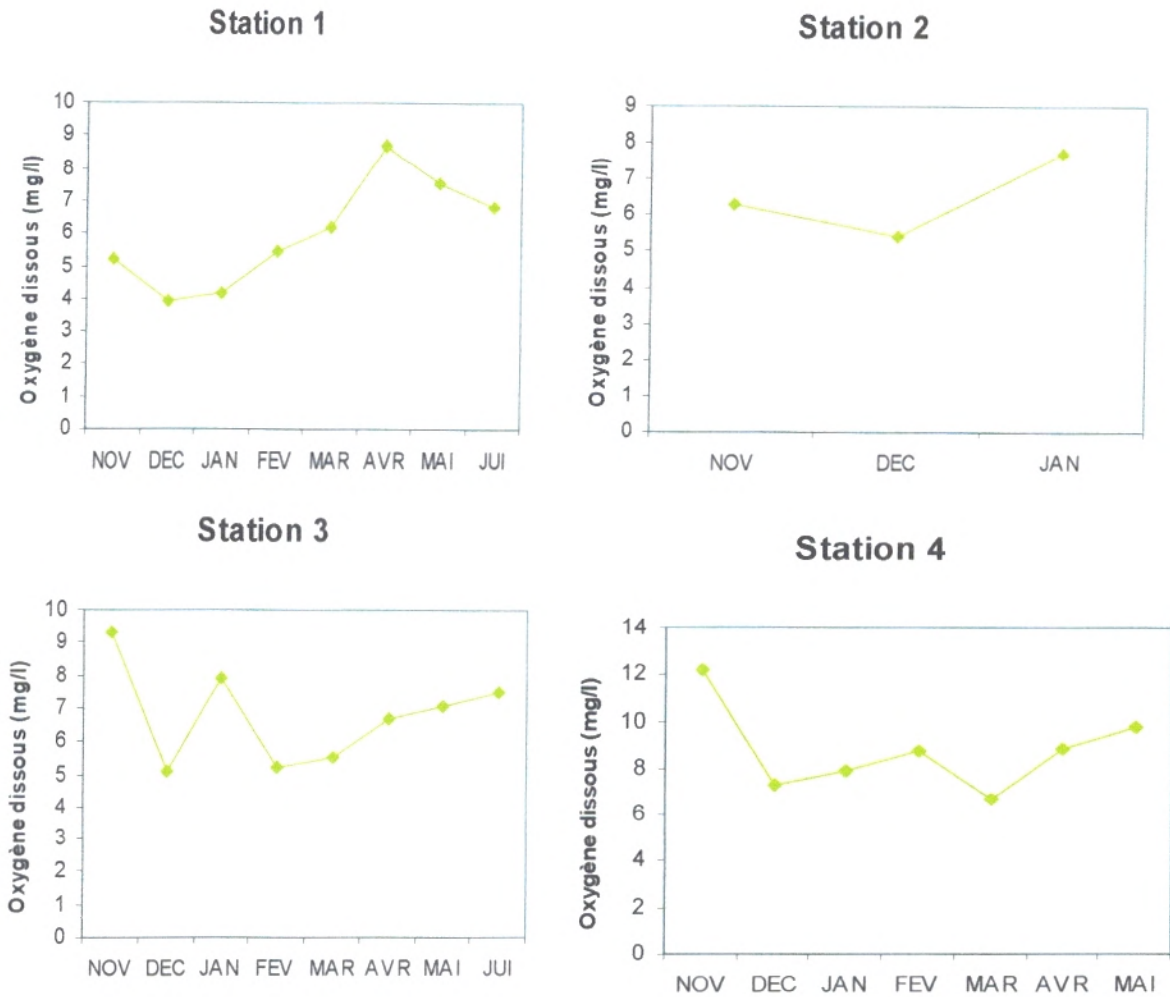
Nous avons mesuré ce paramètre dans les quatre stations d'étude et durant la période novembre à juin ; les résultats sont traduits en courbes et consignés dans la figure 14.

Les valeurs de l'oxygène sont plus ou moins fluctuantes avec une diminution du taux d'oxygène dans le 2<sup>ème</sup> prélèvement de chaque station (Fig.14).

L'évolution temporelle montre une teneur en oxygène plus élevée lors des derniers prélèvements printaniers due à des chutes de pluies à la fin du mois de mars ayant entraîné un brassage des eaux.

En moyenne, la station C1 présente la plus faible valeur en oxygène dissous avec 6 mg/l (Fig. 14). En effet le brassage de l'eau est insuffisant pour bien oxygéner le milieu à cause d'une vitesse faible du courant due à un débit bas et une pente peu marquée outre une typologie proche du crénon. Néanmoins, la présence de l'oxygène est liée en partie à l'activité biologique notamment la flore aquatique et semi-aquatique.





**Figure 14 : Variation spatio-temporelle de l'oxygène dissous**

Les pourcentages de saturation en oxygène augmentent légèrement dans la stations C2, avec une moyenne de 68.1% et dans la station C3 avec 77.1% pour atteindre une moyenne maximale de 100.7% dans la station C4 du fait d'un débit élevé, de l'écoulement de l'eau plus rapide (pente plus accentuée) ainsi que la présence des algues.

Les écarts sont également importants d'une station à une autre. La station C1 présente un intervalle allant de 3,9 à 8,7mg/l contrairement à la station C4 où les valeurs extrêmes variées entre 7,2 et 12,2mg/l.

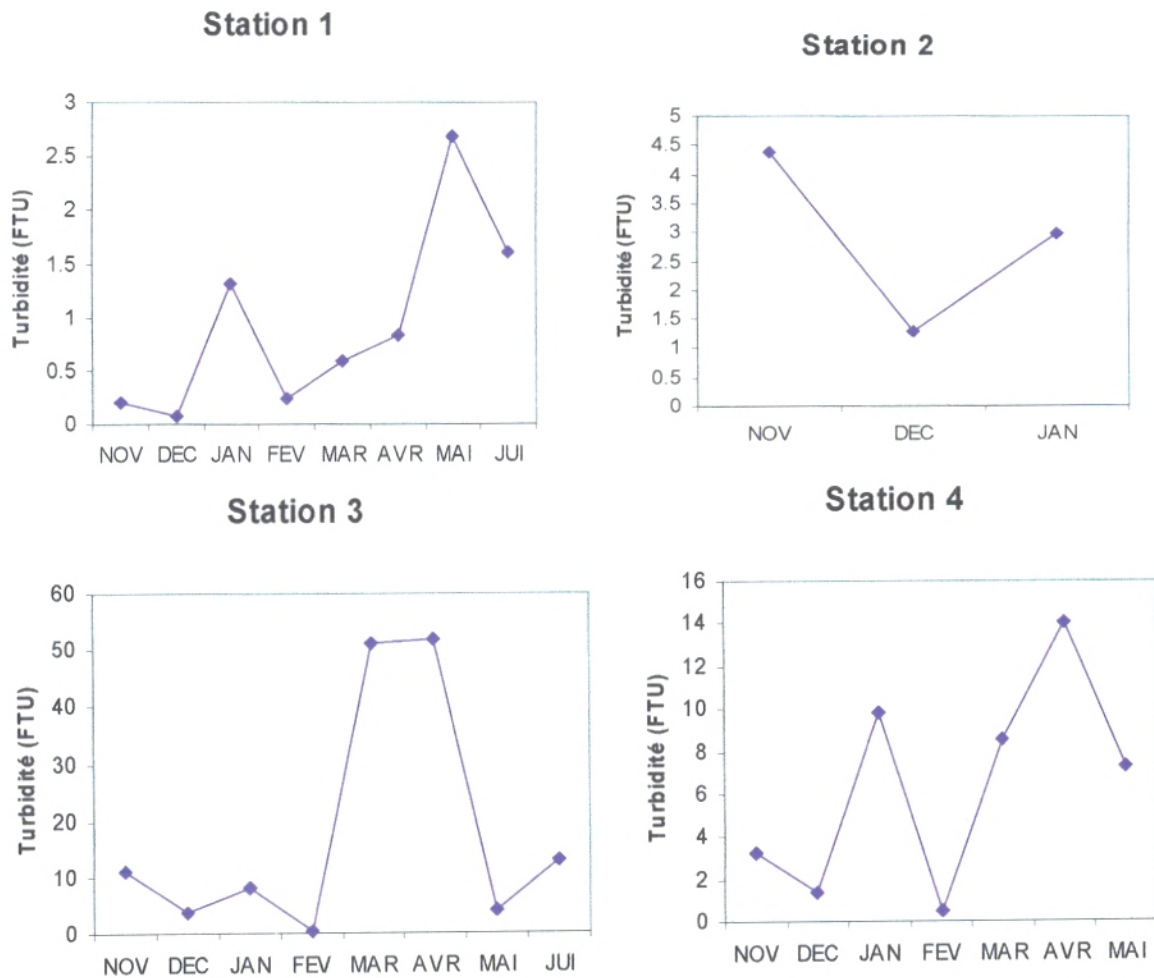
L'oxygène dissous augmente ainsi de l'amont vers l'aval mais reste très variable dans le temps, l'ANOVA1 réalisée a démontré des différences significatives entre les valeurs enregistrées ( $P < 0.05$ ). Suite à une production accrue (en particulier par la prolifération d'algues filamenteuses), la teneur atteint des valeurs importantes : jusqu'à 12 mg/len

novembre, dans la station C4. C'est dans la station C1 qu'elle est la plus basse, valeurs enregistrées au cours des mois de décembre et janvier.

### 1. 6. La turbidité

Une turbidité forte est souvent signe de pollution, cependant elle peut également être naturelle (crues des rivières, développement planctonique, sable...). La turbidité a un rôle écologique complexe : une baisse de lumière, une diminution du pouvoir absorbant et une abrasion et une sédimentation.

Les résultats du suivi mensuel de ce paramètre dans les quatre stations ont permis l'établissement de la figure 15.



**Figure 15 : Variation spatio-temporelle de la turbidité**



La turbidité montre également une variation d'une station à une autre, avec un écart très net enregistré dans la station C3. Les pics observés au niveau de cette station durant les mois de mars et avril sont probablement associés à des phénomènes ponctuels notamment les activités agricoles. Cette station présente un bassin de rétention d'eau muni d'une station de pompage et sert également du fait de sa facilité d'accès aux lavages des légumes de saison. Ces activités sont réalisées dans le lit mineur ce qui remettent en suspension les particules minérales déposées.

Les stations C1, C2 et C4 présentent des valeurs nettement plus faibles de la turbidité, comparées à la station C3. L'eau en amont reste donc très claire.

### **1.7. Analyse en composantes principales des paramètres physicochimiques**

L'étude des changements spatiotemporels des facteurs du milieu mesurés au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP) en vue d'établir une typologie mésologique de l'oued Chouly.

La matrice des données utilisée est un tableau ternaire prenant en compte sept facteurs du milieu, quatre stations x 26 dates de mesures. Les facteurs du milieu considérés dans cette analyse sont la température, la vitesse du courant, la profondeur, le pH, la conductivité, la salinité, l'oxygène dissous et la turbidité.

Les deux premiers axes de l'ACP totalisent 42,51% de l'inertie totale. Leurs contributions respectives sont 24,41 % pour le premier axe (F1) et 18,10% pour l'axe 2 (F2).

Les contributions relatives des points colonnes qui construisent l'axe 1 sont par ordre d'importance la salinité avec (55,2%), la vitesse de l'eau (49,1%), la conductivité (42,3%) et l'oxygène dissous (42,6%). Les points lignes qui construisent cet axe sont présentés par C4NOV et C4DEC qui s'écartent considérablement, de C4MAR et C4AVR situés sur le coté positif et les points C1DEC, C1JAN et C1FEV du coté négatif de l'axe.

L'axe 1 présente un gradient croissant de salinité, de conductivité, de vitesse de l'eau et de l'oxygène dissous. On remarque par cette analyse que ces trois variables physicochimiques changent dans le temps et dans l'espace. Les valeurs enregistrées augmentent dans la station C4, s'opposant ainsi à celles enregistrées de la station C1.

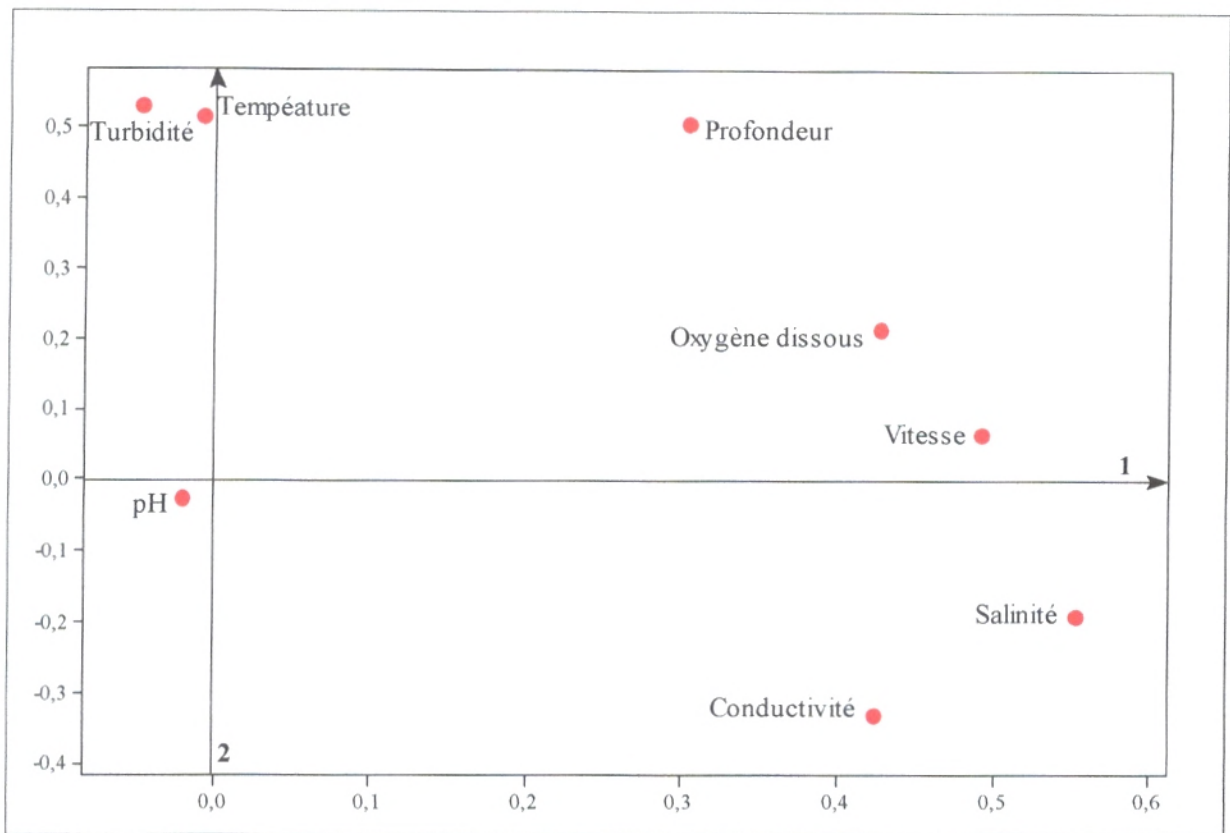


Figure 16 (a) : Plan (F1xF2) de l'analyse en composantes principales appliquée aux données des paramètres physicochimiques ((représentants les variables).

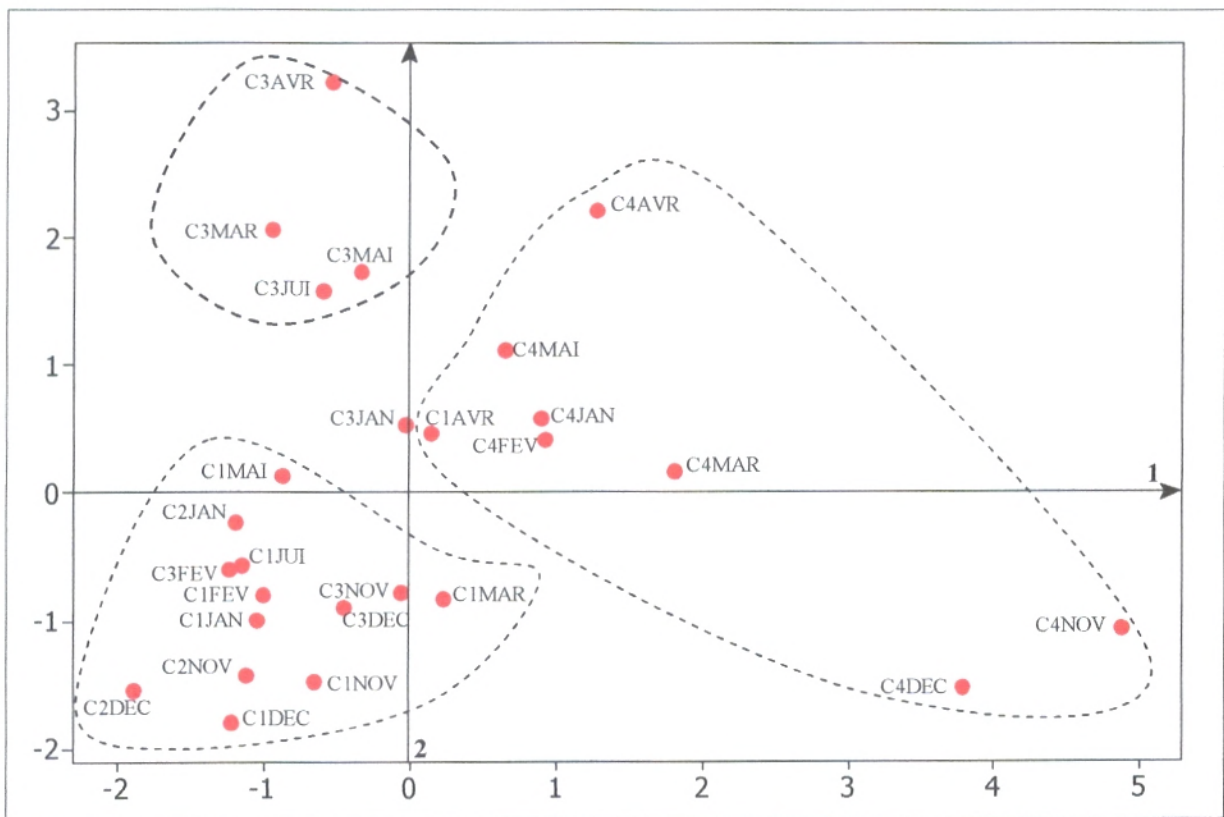


Figure 16 (b) : Plan (F1xF2) de l'analyse en composantes principales appliquée aux données des paramètres physicochimiques (représentants les prélèvements).



Sur l'axe 2, les points colonnes, à fortes contributions, sont la température et la turbidité de coordonnées positives. Les principaux points lignes qui construisent l'axe 2 sont C3MAR, C3AVR, C3MAI et C3JUI sur le coté négatif et C1NOV, C1DEC, C2DEC et C2NOV sur le coté positif (Fig. 16).

L'axe 2 présente un gradient de turbidité et de température. Elles augmentent principalement dans la station C3 au cours des mois de mars, avril, mai et juin alors que l'eau est claire dans les deux stations les plus en amont C1 et C2. La station C4 affiche des valeurs opposées entre des maximums enregistrés au cours des mois d'avril et mars et des minimums notées durant les mois de novembre et décembre.

Trois groupements s'individualisent en fonction de la conductivité et de la turbidité sur le plan F1xF2 :

- Le premier groupe de prélèvements où la conductivité et la salinité sont relativement très élevées. La conductivité est de l'ordre des  $800\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  mais la turbidité reste faible. Ce groupe est reflété par les prélèvements effectués aux mois de novembre, décembre dans la station C4.
- Le deuxième groupe est caractérisé par les prélèvements où la conductivité est à moins de  $700\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  mais une turbidité élevée. Il est représenté essentiellement par les prélèvements des deux stations C3 et C4 les plus en aval.
- Le troisième groupe englobe tous les prélèvements où la conductivité et la turbidité sont faibles. Dans ce dernier, se réunissent la majorité des prélèvements des stations amont C1 et C2.

Pour conclure, l'analyse en composantes principales (ACP) met en évidence une ségrégation entre les stations amont et aval vis-à-vis de deux principaux paramètres physico-chimiques clés (la conductivité et la turbidité).

## **2. Etude de la structure de la faune macrobenthique**

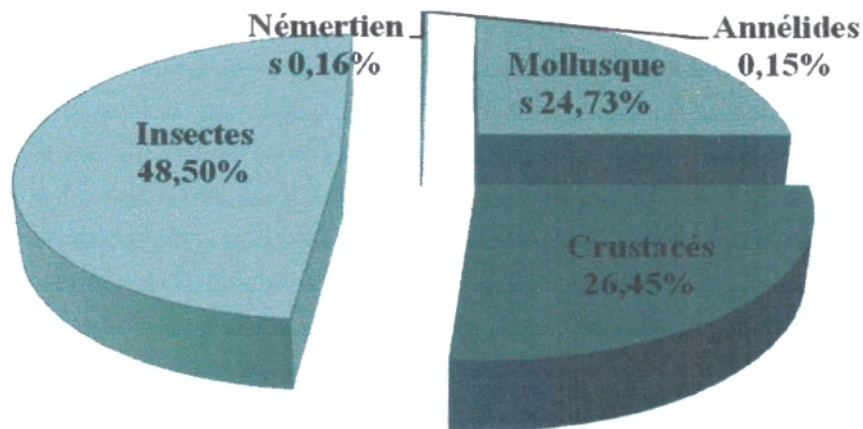
### **2. 1. Structure taxonomique**

Après identification des macroinvertébrés récoltés au niveau de l'oued Chouly (amont-aval), une liste faunistique est établie (Annexe III), répertoriant l'ensemble des taxons récoltés ainsi que leurs effectifs. Les individus benthiques inventoriés dans la présente étude sont pour la plupart déterminés jusqu'à la famille.

La collection de la faune de macroinvertébrés, composée de 10435 individus récoltés et identifiés dans l'oued Chouly (Fig. 17), est représentée par :

- quatre embranchements et un sous embranchement,
- cinq classes et quatre sous-classes,
- dix ordres et sept sous-ordres,
- vingt-sept familles et deux sous-familles soit 29 taxons.

Le nombre d'individus récoltés dans chaque embranchement de la collection totale (N) est variable. L'embranchement des Arthropodes, regroupant les Crustacés et les Insectes, prédomine aussi bien en nombre qu'en richesse taxonomique (Fig. 18).



**Figure 18 : Représentation des groupes zoologiques récoltés dans les quatre stations de l'oued Chouly exprimée en pourcentage relatif de la structure quantitative globale.**

Ce groupe taxonomique représente près des trois-quarts de la collection récoltée dans l'oued Chouly, suivi des mollusques avec 24,73 %, alors que les groupes des Némertiens et des Annélides tous deux réunis ne dépassent pas le 1%.

Les classes et les ordres sont également représentés par des abondances très fluctuantes (Fig. 19).



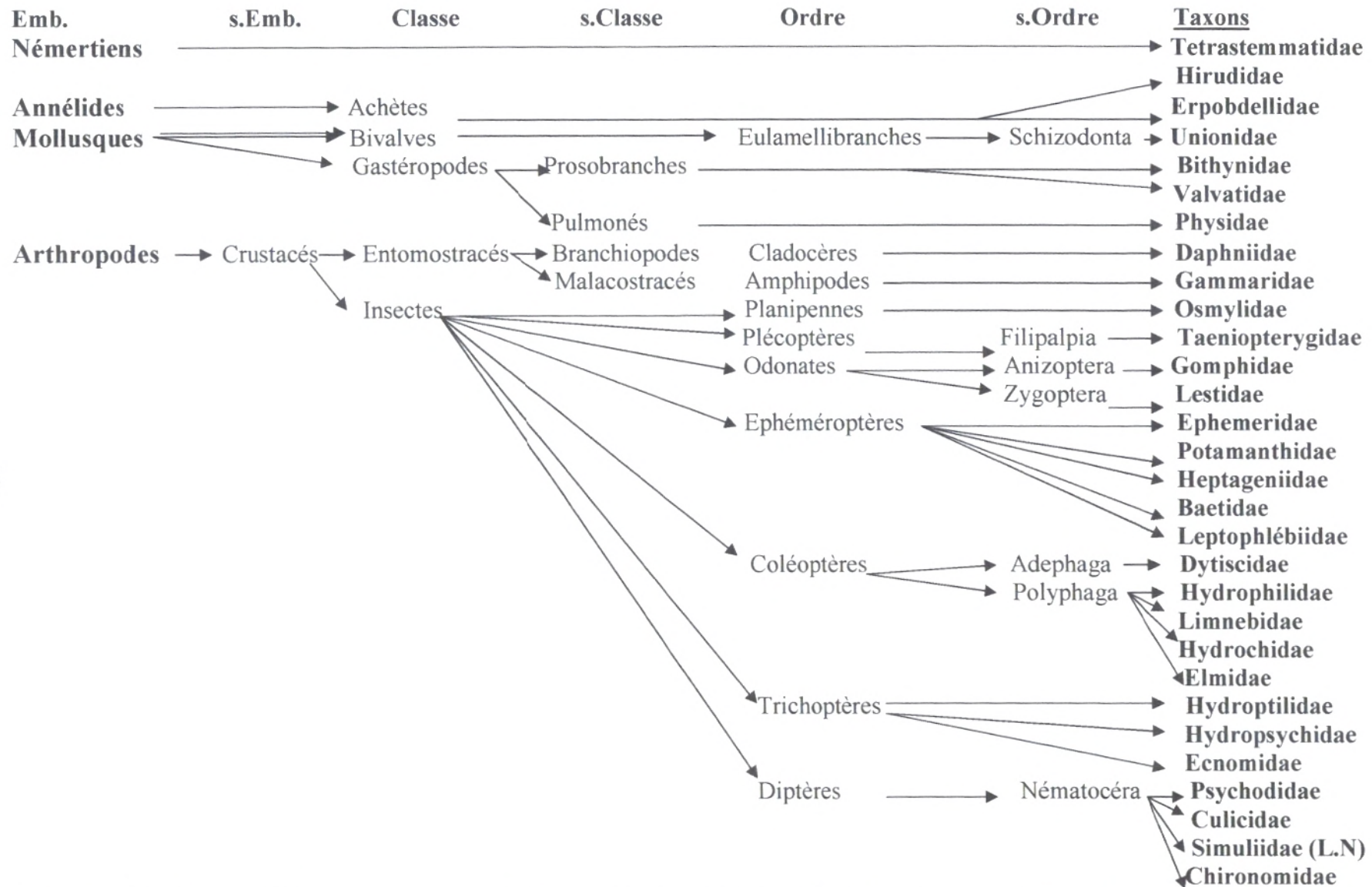
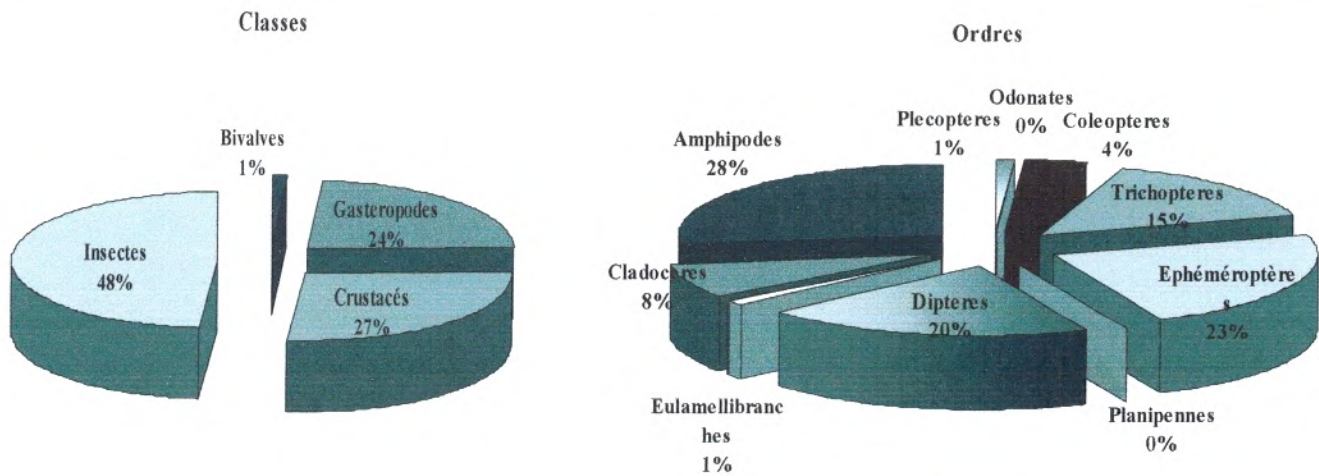


Figure 17 : Composition taxonomique de la faune de macroinvertébrés dans l'oued Chouly



**Figure 19 : Importance relative des groupes zoologiques selon les classes et les ordres rencontrés dans l'oued Chouly.**

La classe des Insectes constitue près de la moitié (48%) de la collection de l'oued Chouly. Les Crustacés vient en deuxième position avec 27% suivis des Gastéropodes avec 24%. La classe des Bivalves semble très faible avec 1%.

Les Amphipodes présente 28% du peuplement du Chouly suivis des Ephemeroptères qui constituent 23%, des Diptères avec 20% et des Trichoptères avec 15% (Fig.19).

Ainsi, les autres groupes zoologiques, bien que nombreux présentent des effectifs moins importants comme les Cladocères et les Coléoptères.

Le reste de la faune présente un pourcentage inférieur à 1%. C'est le cas des Eulamellibranches, des Plécoptères, des Planipennes et des Odonates.

#### ➤ **Embranchement des Némertiens**

Leur identification est très délicate et nécessite au préalable un protocole de conservation spécial et rigoureux (GIBSON, JUNORY in CHAOUTI, 2003). Ce sont des vers de section plus ou moins arrondie, non segmentés, à épiderme cilié. Ce groupe, essentiellement marin, possède cependant une famille en eau douce ; ils sont abondants sur les rivières lentes, souvent dans les algues filamenteuses (TACHET *et al.*, 1980).



Les individus de ce groupe zoologique sont assimilés à un seul taxon de la famille des Tetrastemmatidae dont neuf individus ont été récoltés dans la première station C1 et huit individus au niveau de la troisième station C3, dans des microhabitats à courant rapide à lent. Elle représente ainsi seulement 0,16% de toute la collection.

#### ➤ **Embranchement des Annélides**

Ces métazoaires triploblastiques sont des vers annelés (métamérisés) à symétrie bilatérale, Protostomiens Coelomates, présents dans notre collection qu'en faible proportion (0,12%).

Au cours de la présente étude, nous avons inventorié deux familles au niveau de la classe des Achètes. La famille des Erpobdellidae a été récoltée au cours du mois de février, avec trois et six individus respectivement dans la première et la quatrième station, prélevés dans les microhabitats à courant rapide et à substrat de galets quoiqu'il ne semble pas avoir de préférence pour le courant rapide ou lent (TACHET *et al.*, 1980).

La famille des Hirudidae a été récoltée seulement au niveau de la première station et en faible effectif.

#### ➤ **Embranchement des Mollusques**

Ce sont des métazoaires triploblastiques coelomates à symétrie bilatérale et parfois modifiée. Ils comptent un certain nombre de classes dont la majorité est associée au milieu aquatique. Avec 2581 individus récoltés dans les quatre stations et durant les huit mois d'étude, les Mollusques représente un groupe assez faible en nombre et en taxons comparé à celui des insectes. Cependant ils représentent du point de vue quantitatif le deuxième groupe taxonomique après les insectes et les Crustacés.

Nous avons récolté des individus appartenant aux deux classes Gastéropodes et Bivalves représentées respectivement par trois et une seule famille.

#### ❖ **Classe des Gastéropodes**

Les Gastéropodes prosobranches sont évoqués par un taxon représentatif des sources, un Bithynidae prélevé sur les galets de la station C1 qui est proche du crénon, correspondant bien à l'habitat décrit par ANGELIER (2000) ; mais également dans les microhabitats à courant rapide des stations C3 et C4.

La famille des Valvatidae est représentée par trois individus dans le courant lent à substrat vaseux de la station C4, cette famille est bien connue pour son inféodation à ce type de substrat ce qui explique sa présence dans ce microhabitat.

Les gastéropodes pulmonés sont représentés par la famille des Physidae récoltée dans toutes les stations au niveau des deux courants (rapide et lent). Ils vivent fixés aux pierres et aux végétaux aquatiques.

#### ❖ **Classe des Bivalves**

Les Unionidae sont les seuls bivalves rencontrés dans nos prélèvements, avec 67 individus répartis entre les stations C1 et C3, et dans des eaux où le courant est à débit variable allant du rapide au lent passant par le moyen.

#### ➤ **Embranchement des Arthropodes**

Ce sont des invertébrés Coelomates Protostomiens dont le corps est métamérisé en segments formant trois parties la tête, le thorax et l'abdomen et présentant des appendices articulés.

Dans notre étude, les Arthropodes sont les plus nombreux et les plus variés. Ils regroupent deux classes d'inégale importance, les Crustacés et les insectes.

#### ❖ **Classe des Crustacés**

Ce sont des Antennates à respiration branchiale, à corps métamérisé et dont les larves sont souvent aquatiques. Ils sont caractérisés par leur cuticule incrustée de sels minéraux (MOISAN, 2006). Elle englobe deux familles :

- la famille des Daphniidae caractérisée par un effectif important (espèces filtreuses), répartie dans les différents courants des quatre stations. Ce groupe est bien représenté et sa présence confirme son affinité pour les eaux calcaires (ANGELIER, 2000) ;
- les Gammares (Gammaridae) sont prélevés uniquement dans la première station. Ces derniers vivent dans les ruisseaux, les rivières parfois dans les petits torrents et exceptionnellement dans les marres où la température de l'eau est tempérée (GIRARD, 2004). Leur habitat préféré est les fonds pierreux et les herbiers (ARRIGNON, 1976), ce qui explique d'ailleurs leur présence dans cette station.



### ❖ **Classe des Insectes**

Il représente le groupe dominant dans l'inventaire global de la faune (48 %). Dans cette étude, des organismes appartenant à sept ordres ont été récoltés.

Les Insectes et plus particulièrement leurs larves, constituent l'essentiel des macro invertébrés aquatiques (TACHET et *al.*, 1980). Ils constituent aussi par le nombre d'individus et la diversité des taxons la classe la plus importante des Arthropodes et même de l'ensemble du règne animal (BEAUMONT et CASSIER, 1983). Les principaux ordres récoltés sont présentés comme suit.

#### **\*Ordre des Ephéméroptères**

Ils ne présentent pas une répartition spatio-temporelle régulière. Ils ont une préférence pour les eaux plus ou moins limpides et bien oxygénées (DECAMPS, 1967). Dans cet ordre, nous avons récolté cinq familles.

#### **Famille des Ephemeridae**

Les éphémérides se trouvent uniquement dans la station C3 et en faible effectif. Ils ne semblent pas avoir de préférence pour le courant rapide ou lent.

#### **Famille des Potamanthidae**

Cette famille qui se récolte souvent en potamon d'où leur nom, habite dans les cailloux avec des larves fouisseuses. Ces espèces sont rhéophiles et beaucoup sont eurythermes. Elle a été récoltée dans la première station dans le courant rapide et avec un effectif relativement important.

#### **Famille des Heptageniidae**

Cette famille n'a été récoltée que dans la station C1, située dans la partie amont du cours d'eau. Les Heptageniidae recherchent les eaux courantes, se tiennent sous les pierres ou dans les amas des plantes aquatiques. Ils vivent en hautes altitudes (espèces alticoles) au premier degré, mais ça n'empêche pas de retrouver des espèces qui préfèrent la vie des plaines (LOUNACI, 1987).

**Famille des Baetidae**

Les Baetidae sont prélevés dans les trois stations C1, C3 et C4 sans afficher de préférence nette pour le courant.

Ils sont rhéophiles (TACHET et *al.*, 1980), capable de vivre dans des biotopes caillouteux riches en macrophytes. Ces insectes tolèrent les milieux à matière organique élevée et s'adaptent aux variations thermiques (LOUNACI, 1987), ce qui explique leur grand nombre dans la station C3.

**Famille des Leptophlebiidae**

Cette famille se trouve surtout dans les lacs ou dans les ruisseaux lents riches en macrophytes (TACHET et *al.*, 1980).

Les individus appartenant à cette famille ont été récoltés dans la deuxième station C2 avec 67 individus et dans la quatrième station avec 41 individus respectivement au niveau des eaux stagnantes et des eaux à courant moyen.

**\*Ordre des Plécoptères**

Les larves de Plécoptères sont en général exigeantes vis-à-vis de l'oxygénation de l'eau. Elle sont toutes plus ou moins rhéophiles et sont en général sténothermes d'eau froide (TACHET et *al.*, 1980). Les 88 individus récoltés appartiennent au sous-ordre Filialpia et une seule famille.

**Famille des Taeniopterygidae**

Cette famille a été récoltée dans la station C1, la station C2 et la station C3. Ces espèces sont à la fois limnophiles et rhéophiles d'où leur présence dans des eaux courantes.

**\*Ordre des Odonates**

Les larves d'Odonates sont hétérométaboles reconnaissables essentiellement à leur labium transformé en masque qui cache les autres pièces buccales (TACHET et *al.*, 1980). On distingue deux sous Ordres au cours de notre étude.

**Sous ordre des Anisoptères (à corps épais)**



**Famille des Gomphidae**

Dix individus ont été récoltés au niveau de la première station. Ils sont limnophiles et s'enfouissent complètement dans le sable et la vase (TACHET et *al.* , 1980), d'où leur présence sur substrat vaseux à courant lent.

***Sous ordre des Zygoptères*** (à corps mince et allongé)**Famille des Lestidae**

Un seul individu a été récolté au niveau du courant lent de la station C3, sa présence pourrait être accidentelle et invraisemblable pour cela nous l'écartons de la composition lors des analyses qui seront réalisées ultérieurement.

**\*Ordre des Planipennes**

La seule famille qui représente l'ordre de Planipennes est celle d'Osmylidae (TACHET et *al.*,1980). Dans notre étude, 13 individus ont été récoltés au niveau du courant rapide de la station C4 bien que ce taxon soit qualifié de limnophile (TACHET et *al.*, 1980).

**\*Ordre des Coléoptères**

Ce sont des insectes holométaboles qui se présentent dans le milieu aquatique à la fois sous la forme imaginale et la forme larvaire (TAHRI, 2002).

***Sous Ordre Adepaga*****Famille des Dytiscidae**

Présents aux bords des eaux, ces carnassiers vivent sous les pierres, parmi la végétation des berges, dans les mousses voire même dans les berges (MOISAN, 2006). C'est une faune limnophile qui vit dans les zones à une vitesse inférieure à 40cm/s (PAULIAN, 1963). Ils ont été récoltés dans la station C3 et la station C4 avec des effectifs relativement appréciables.

---

**Sous Ordre Polyphaga****Famille des Limnobiidae**

Les larves sont terrestres. C'est une faune rhéophile qui vit dans un biotope de cailloux et de mousses. Nous avons retrouvé 19 individus au niveau du courant rapide de la 4<sup>ème</sup> station.

**Famille des Hydrophilidae**

Elle est représentée par les espèces limnophiles, leur biotope correspond à des eaux calmes riches en végétation. Au cours de notre étude, nous avons récolté deux individus seulement et uniquement dans le prélèvement du mois de décembre effectué dans la station C2. Nous maintenons ce taxon malgré son faible nombre car des récoltes ultérieures aux nôtres ont prouvés sa présence (Communication verbale de Mme BOUKLI S.)

**Famille des Hydrochidae**

Les espèces appartenant à cette famille n'ont pas de préférence pour le courant. Ils sont limnophiles et rhéophiles, leurs larves sont terrestres et leur biotope est la végétation et les cailloux. Ils sont assez bien représentés dans les trois stations C2, C3 et C4 et dans différents microhabitats.

**Famille des Elmidae**

Elle est présente au niveau de la station C4. Les individus de cette famille sont adaptés à la vie des torrents et des rivières donc rhéophiles (TACHET et *al.*, 1980).

Ce sont des espèces généralement muscicoles, vivant dans des cours d'eau supérieures. Certaines espèces apparaissent dans les zones ombragées où elles trouvent leur optimum écologique : faible variation du facteur thermique et de l'oxygène dissous (LOUNACI, 1987). Ces individus vivent agrippés aux plantes aquatiques, aux pierres des fonds ou aux substrats.

**\*Ordre des Trichoptères**

Ils ont été retrouvés accrochés aux algues ou bien enfouis dans un étui qui contribue à les maintenir plaqués au substrat. Les individus récoltés appartiennent aux trois familles suivantes.



**Famille des Hydroptilidae**

Elle a été récoltée deux fois dans la station C4 en période d'étiage avec une faible abondance (19 individus). Sa présence s'explique par son affinité pour les biotopes riches en algues filamenteuses dans lesquelles elle se développe.

**Famille des Hydropsychidae**

Elle fréquente en général les eaux courantes et habite dans le substrat dur. C'est une famille rhéophile (TACHET et *al.*,1980). Un seul individu a été récolté, sa présence est peut être accidentelle dans la station C3 et de ce fait sa prise en considération serait invraisemblable.

**Famille Ecnomidae**

Elle est présente assez régulièrement dans la station C1 et un peu moins dans la station C4. Les individus sont récoltés en grands nombres dans les deux courants. Ce sont des espèces limnophiles d'après la littérature (TACHET et *al.*,1980).

**\*Ordre des Diptères**

D'après THOMAS (1969), les larves de Diptères constituent, en nombre et en diversité, un pourcentage important de la faune récoltée dans les eaux douces. Nous remarquons dans cette étude que plusieurs familles ont été identifiées ; parmi lesquelles :

**Sous Ordre des Nématocères****Famille des Psychodidae**

Trois individus ont été récoltés dans la station C2 et neuf individus dans la station C4 au mois de novembre au niveau du courant rapide, pourtant cette famille est connue comme limnophile.

**Famille des Culicidae**

Ce sont des espèces pour la plupart limnophiles. Elles sont récoltées en grand nombre dans la station C2 dans un rock pool à eau stagnante, riche en débris organiques et fortement ensoleillé. Les larves sont identifiées et correspondent à *Culisetta longiareolata*.

### **Famille des Simuliidae**

Ce sont des espèces eurythermes, qui tolèrent les variations de température ; ce facteur n'est pas conditionnel pour leur répartition. Ce sont des indicateurs biologiques, nombreux en été, qui vivent en société. Ils pullulent dans les eaux courantes. Certaines espèces peuvent être vectrices de maladies parasitaires chez l'homme et les animaux dont la plus redoutable est l'Onchocercose (SEGUY, 1951).

Ce taxon est représenté par les larves, récoltées en grand nombre dans les stations C2 et C4 et les nymphes reconnaissables grâce à leurs cocons. Les Simuliidae sont en général des espèces rhéophiles filtreuses, nous les avons retrouvées dans les quatre stations étudiées le long de l'oued Chouly.

### **Famille des Chironomidae**

Ces espèces sont opportunistes, ils sont parmi les premiers invertébrés à coloniser le milieu aquatique durant les périodes d'eutrophisation ou d'enrichissement organique (ARMITAGE et al., 1995).

Ce sont des espèces limnophiles et/ou rhéophiles dont la sous-famille des Tanypodinae est présente globalement dans les quatre stations. Elle a été récoltée régulièrement et en grand nombre dans la station C2 contrairement à la station C1 où seulement douze individus ont été retrouvés au cours du mois d'avril. Toutefois, ses effectifs restent relativement élevés dans la station C4 mais beaucoup moins dans la station C3.

Quand à la sous-famille des Corynoneurinae, elle a été récoltée une seule fois et en faible nombre en période d'étiage (mois de mai) dans la station C3, dans des microhabitats à courant plus ou moins lent. Selon la littérature (TACHET et al., 1980), cette sous-famille présente une affinité pour les substrats durs riches en macrophytes et préfère le courant rapide.

#### **2. 1. 1. Evolution spatio-temporelle de la structure taxonomique**

Les groupes zoologiques prélevés durant notre période d'échantillonnage présentent une variabilité temporelle qui concerne la richesse taxonomique des principaux taxons récoltés. Pour bien illustrer cette variabilité, la structure taxonomique du peuplement de chaque station est étudiée au cours des huit mois d'étude (Fig. 20).



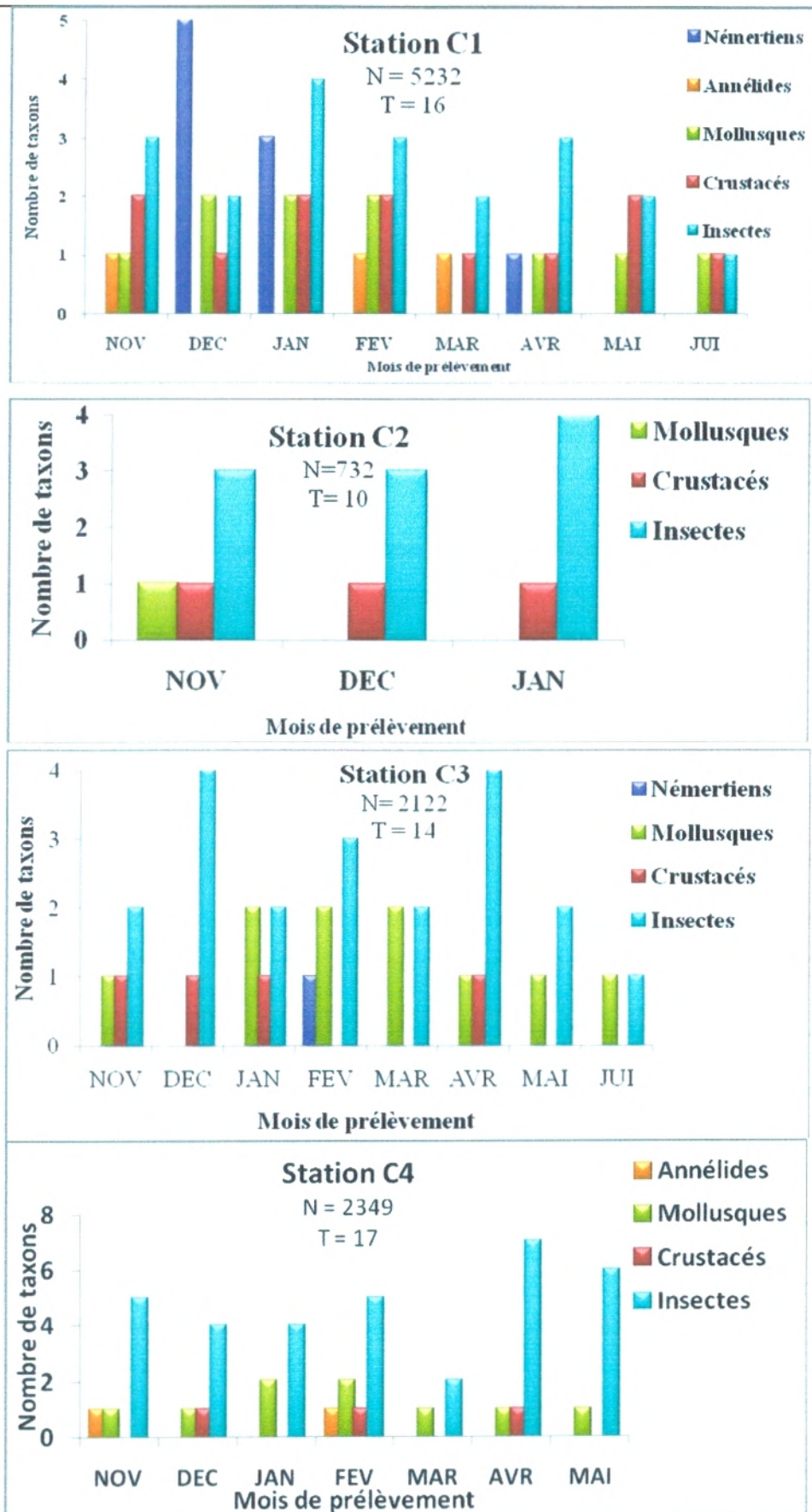


Figure 20 : Evolution spatiotemporelle de la structure taxonomique (en nombre de familles)

- Les Mollusques présentent un maximum de taxons dans les microhabitats à courants rapide et lent. Les microhabitats à courant lent et à eau stagnante sont moins riches, deux taxons seulement caractérisent les Mollusques des microhabitats à courant moyen et un seul taxon pour le courant nul.
- Les Annélides présentent un maximum de deux taxons dans les microhabitats à courant rapide et un minimum d'un taxon seulement dans le microhabitat à courant moyen. Par ailleurs, nous les avons pas retrouvés dans les microhabitats à courants lent et nul au cours de nos investigations.
- Les Némertiens sont les moins bien représentés, le même taxon est rencontré dans les microhabitats à courants rapide et lent, toutefois ils semblent totalement absents des microhabitats à courants moyen et nul.

En terme de cet examen, il est possible de retenir que les microhabitats à courant rapide présentent la composition taxonomique la plus complexe (77% de la richesse taxonomique globale), suivie des microhabitats à courant lent (63%), puis des microhabitats à courant moyen (37%) et en dernier des microhabitats à eau stagnante (30%).

## **2. 2. Structure et organisation des peuplements**

Nous allons dans cette partie, indiquer les façons les plus usuelles de décrire les communautés, consistant d'abord à préciser, en termes de composition, les assemblages de taxons qui les constituent dans les quatre stations étudiées puis dans les différents microhabitats individualisés.

Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces qu'ils comportent.

### **2. 2. 1. Comparaison entre stations**

#### **2.2.1.1. Etude indicielle de la diversité taxonomique**

La description du peuplement benthique s'appuie en premier lieu sur l'étude de la richesse et la diversité taxonomique retrouvées dans les différentes stations d'étude classées de l'amont à l'aval. Cinq descripteurs ont été retenus à savoir la richesse taxonomique (T) la



diversité de Shannon-Weiner  $H'$ , l'équitabilité de Pielou  $J'$ , la diversité  $D$  et l'équitabilité  $Es$  de Simpson. Les résultats sont consignés dans le tableau 7.

**Tableau 7 : Descripteurs de diversité estimés pour les quatre stations au cours de la période d'étude allant de novembre 2007 à juin 2008.**

Descripteurs	N	T	$H'$	$H'$ max	$J'$	$D$	$Es$
<b>Station C1</b>	5252	16	2,47	4,00	0,61	4,04	0,20
<b>Station C2</b>	732	10	2,59	3,32	0,78	5,26	0,47
<b>Station C3</b>	2122	14	2,26	3,80	0,59	3,14	0,16
<b>Station C4</b>	2349	17	2,97	4,17	0,71	5,85	0,28
<b>Oued Chouly</b>	10435	29	3,45	4,85	0,69	8,12	0,25

Les indices de diversité sont des formules synthétiques de mesure de la structure d'une communauté, établis à partir des modèles de distribution théoriques ; ces indices constituent des outils pratiques pour la mise en évidence des perturbations les plus marquées, les conditions de survie devenant critiques pour certaines taxons (GAUJOUX, 1995).

La mesure la plus simple de la diversité d'un peuplement est son nombre d'espèces ( $S$ ) ou de taxons ( $T$ ). Le nombre maximum de taxons d'un assemblage est difficile à établir. L'échantillonnage complet est souvent pratiquement impossible, surtout lorsque le milieu inventorié n'est pas de taille finie. Tout au plus, peut-on effectuer plusieurs collections de manière à l'approcher au mieux. Le nombre total d'espèces dépendra principalement du caractère exhaustif de l'échantillonnage et de la taille de la collection inventoriée.

Partant d'une collection de 10435 individus, les 29 taxons identifiés sont répartis inégalement entre les quatre stations. La station C4 est la plus riche avec 17 taxons, suivie par la station C1 avec 16 taxons, représentatifs d'une faune proche du crénon puis par la station C3 voisine par sa richesse taxonomique de la station C1 avec 14 taxons.

La richesse taxonomique faible (10 taxons seulement) dans la station C2 peut être expliquée par l'assèchement précoce du cours d'eau à partir du mois de février qui nous a contraint à ne disposer que d'une collection de très petite taille ( $N=732$ ). Les aléas climatiques (manque d'apport d'eau par les précipitations) ont limité considérablement les

investigations dans cette station. Les variations météorologiques jouent un rôle essentiel sur le fonctionnement des hydrosystèmes. Des périodes de précipitations importantes peuvent être la principale cause d'évolution de l'activité entomologique, et donc des effectifs d'insectes capturés. C'est le cas de la présente étude car les prélèvements ont été réalisés dans des conditions de pluviométrie défavorables.

Une richesse moyenne de  $14,5 \pm 3,41$  taxons peut être retenue pour les quatre stations réunies, le gradient de la richesse taxonomique suivant est donc annoté **C4>C1> C3>C2**.

L'approche de la diversité du peuplement benthique collecté dans l'oued Chouly, à travers les cinq descripteurs classiques, permet de montrer que la faune benthique globale est moyennement diversifiée comme l'indique aussi bien l'indice de Shannon-Weiner avec une valeur de 3,45bits, l'indice de Simpson avec 8,12 et une équitabilité de Piélou  $J'$  de 0,69, cette valeur s'éloigne de 1 en revanche l'équitabilité de Simpson est de 0,25, les deux équitabilités démontrent une abondance équitable pour plusieurs taxons.

L'approche de la diversité sectoriel (par station), dite diversité gamma, a été également prise en compte. La diversité moyenne, calculée à partir des valeurs obtenues pour les quatre stations (Tab. 7), est de 2,57bits. La valeur de diversité  $H'$  est comprise entre un minimum de 2,26bits enregistré dans la station C3 et un maximum de 2,97bits enregistré dans la station C4, passant par la première station C1 qui présente un indice de diversité de 2,47bits suivie par la deuxième station C2 avec 2,59. Pour cet indice de diversité, l'ordre décroissant à retenir pour les quatre stations est donc **C4 > C2 > C1 > C3**. Plus les valeurs de  $H'$  se rapprochent de 2 et plus les perturbations s'accroissent dans le milieu.

L'équitabilité (qui exprime également la régularité du peuplement) semble suivre un gradient différent de ceux de la richesse taxonomique et de la diversité, le classement est comme suit : **C2 > C4 > C1 > C3**.

La station C2, bien que la collection soit de petite taille, présente la diversité maximale  $H_{max}$  la plus faible de 3,32 mais en revanche l'équitabilité la plus élevée avec 0,78 qui traduit une répartition équitable entre un nombre assez important de taxons.

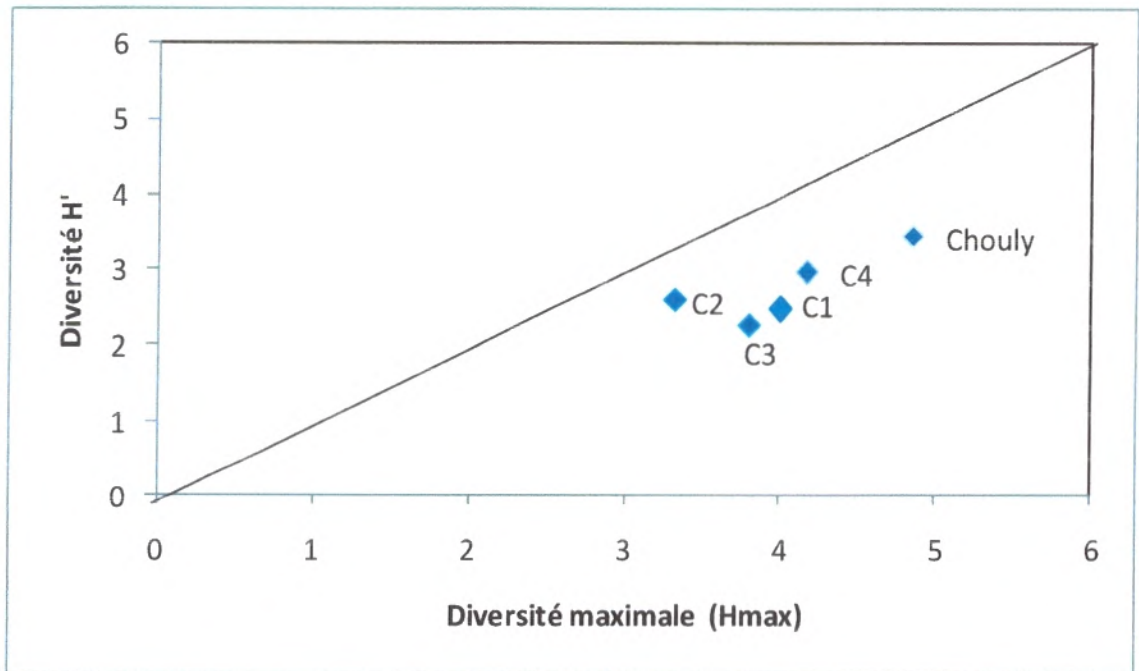
L'équitabilité baisse considérablement dans la troisième station C3 où s'affiche la valeur la plus basse de 0,59. Ces valeurs témoignent de la dominance d'un groupe très limité de taxons mais à fort effectif. Ainsi, les Baetidae représente 51%, et les trois groupes les plus



dominants (Baetidae, physidae et Daphniidae) représentent plus de 80% de l'abondance totale.

L'abondance plus ou moins équitable entre six taxons dominants, dans la quatrième station, explique la diversité et la régularité relativement importantes de ce peuplement.

La représentation graphique synthétique des trois indices réunis ( $H'$ ,  $H_{max}$  et  $J'$ ) a permis d'appliquer le modèle de DIMO (Fig. 22).



**Figure 22 : Positionnement des stations d'étude en fonction de la richesse taxonomique ( $\text{Log}_2 T$ ) et la diversité  $H'$  sur le Modèle DIMO (Qinghong, 1995).**  
La diagonale représente l'équitabilité de Pielou maximale  $J'=1$ .

Ce modèle correspond à une représentation graphique simple, dans un plan bidimensionnel, où sont confrontés l'indice de diversité  $H'$  de Shannon - Wiener en axe des ordonnées (Y) et la richesse spécifique exprimée en  $\text{log}_2(S)$  en abscisses (X) ; S étant le nombre d'espèces. L'utilisation du logarithme de base 2 a pour objet d'augmenter la variabilité de l'indice de diversité ( $H'$ ) et de le rendre plus sensible à la richesse spécifique (Qinghong, 1995).

La collection totale de l'oued Chouly se marginalise et montre clairement un décalage des différentes stations ; avec une richesse maximale de 29 taxons et une diversité  $H'$  de 3,45, le peuplement récolté dans l'ensemble apparaît comme un peuplement plus diversifié mais moins régulier puisqu'il s'éloigne de la diagonale.

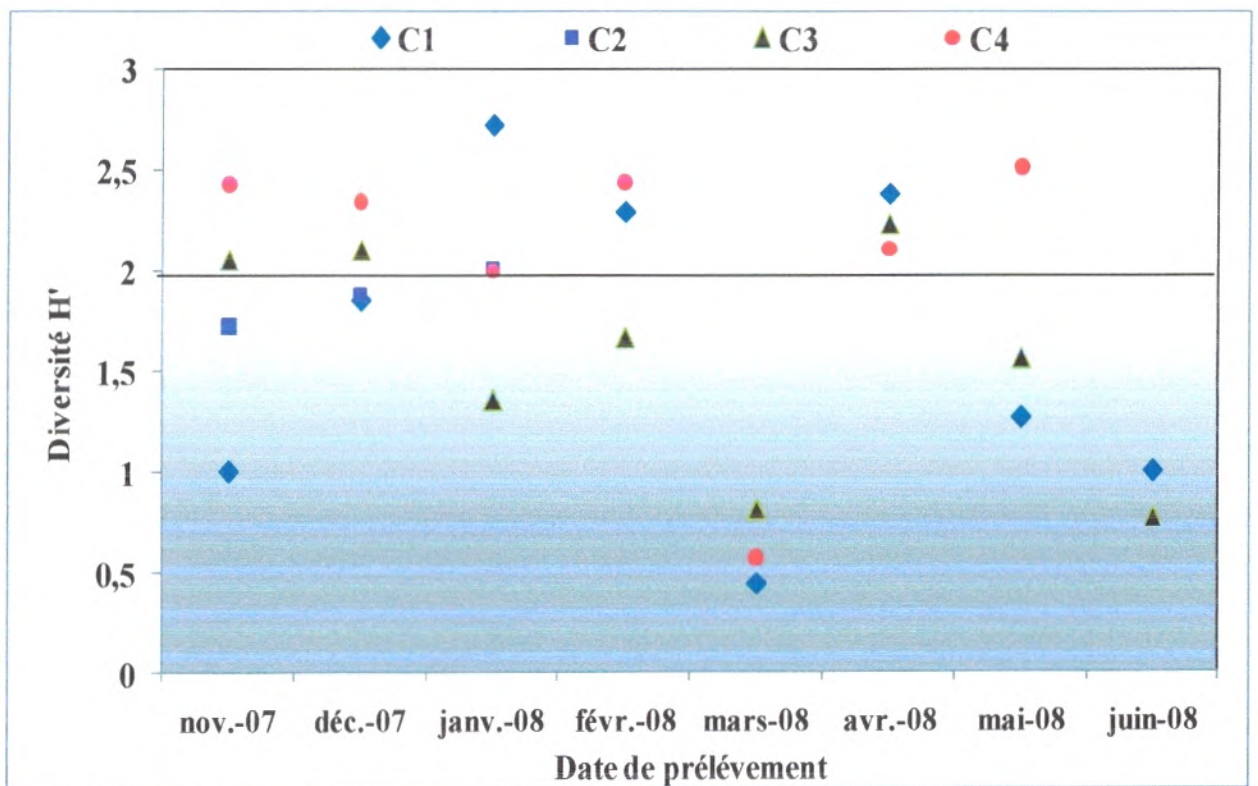
On note une succession ascendante de la diversité depuis C3 jusqu'à C4 passant par C1.

La station C2, avec une diversité plus faible, s'écarte des trois autres stations, grâce à une équitabilité élevée qui la rapproche le plus de la diagonale (le maximum).

Les variations de l'indice de Simpson D sont assez comparables de celles de l'indice  $H'$ , un même gradient est noté  $C4 > C2 > C1 > C3$ , puisque l'indice de Simpson varie entre 3,14 (C3) et 5,85 (C4). Les deux stations, les plus en amont C1 et C2, affichent des valeurs intermédiaires de 4,04 et 5,26 respectivement.

L'équitabilité de Simpson varie de la même façon que celle de Pielou. Les stations C4 puis C2, se caractérisent par les valeurs d'équitabilité  $E_s$  inférieures à 0,5, elles se rapprochent de 0, ceci prouve qu'il y a dominance forte de certains taxons par rapport à d'autres. La situation dans la station C3 plus évidente puisque la valeur de  $E_s$  diminue à 0,16, montrant ainsi la présence de un à deux taxons à plus fortes dominances que d'autres.

Les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weiner  $H'$  évolue également avec le temps, la figure 23 illustre cette évolution.



**Figure 23 : Evolution temporelle de la diversité de Shannon-Weiner des quatre stations d'étude**

Sur les 26 prélèvements effectués dans les quatre stations, la moitié des prélèvements affichent des valeurs de  $H'$  assez faibles, inférieurs à 2. Ainsi, c'est au cours des mois de



mars et juin que sont enregistrées les plus faibles valeurs (inférieures à 1) ; ces deux dates sont marquées respectivement par une crue et un niveau d'étiage très bas.

Hormis le prélèvement du mois de mars, tous les autres prélèvements effectués dans la station C4 présentent des valeurs supérieures à 2. Ainsi, les valeurs de  $H'$  les plus élevées sont notées dans cette station, comme elles montrent une certaine stabilité dans le temps puisqu'elles oscillent entre 2 et 2,5.

La station C3 présente une situation autre puisque la diversité  $H'$  fluctue considérablement, elle reste faible au cours de cinq mois sur les huit mois d'étude. Les faibles valeurs sont enregistrées au cours des mois de janvier, février, mars, mai et juin ; elles témoignent de la présence de perturbations sur une période assez importante.

Une faible variabilité des indices  $H'$  peut être relevée entre les prélèvements des mois de novembre et décembre d'une part et le prélèvement du mois de janvier d'autre part dans la station C2. Ce dernier semble connaître des conditions de perturbations un peu moins sévères.

La station C1 présente les valeurs les plus mitigées d'un mois à un autre. Elles affichent également les valeurs extrêmes variant entre 0,44 au mois de mars et 2,72 au cours du mois de janvier.

Contrairement à tous les prélèvements, le prélèvement du mois d'avril se singularise pour les trois stations à cycle hydrologique ressemblant, les valeurs de  $H'$  restent toujours supérieures à 2.

Le classement des quatre stations, selon un ordre décroissant de la fréquence des dates de prélèvements présentant une valeur de  $H'$  inférieure à 2 et indiquant en conséquence la présence d'un gradient de perturbations croissant, est le suivant :  $C4 > C2 > C1 > C3$ .

Ce gradient corrobore parfaitement avec les indicateurs de diversité  $H'$  de Shannon-Wiener et de Simpson, l'équitabilité de Piélou  $J'$ . il place toujours la station C4 au premier plan avec un minimum de perturbations dans le milieu et la station C3 avec le maximum de perturbations. Bien que la sous collection de la station C2 soit de petite taille, elle semble mieux structurée que celle de la station C1 où les perturbations sont plus accentuées.

### 2.2.1.2. Diversité de Gleason et effort d'échantillonnage

L'indice de diversité de Gleason est fondé sur l'hypothèse d'une croissance logarithmique du nombre d'espèces ou taxons recensés en fonction du nombre d'individus examinés (FRONTIER, 1998).

Les valeurs de la qualité d'échantillonnage sont calculées et regroupées dans le tableau 8 avec celles de l'indice de diversité de Gleason qui exprime à la fois la diversité et la régularité du peuplement mais également l'effort d'échantillonnage.

**Tableau 8 : Indice de Gleason et qualité d'échantillonnage des quatre stations**

Stations	C1	C2	C3	C4	Oued Chouly
Indice de Gleason	4,03	3,14	3,90	5,04	6,97
Qualité d'échantillonnage (a)	0	0,33	0,12	0	0

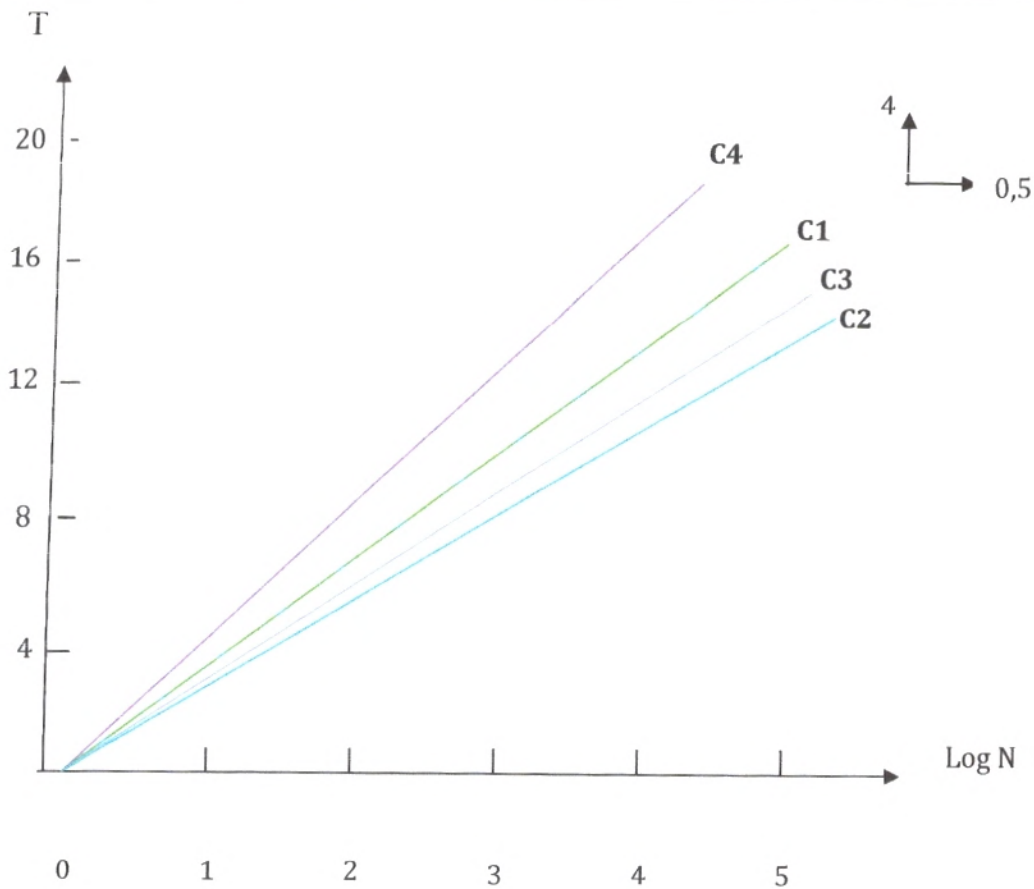
De point de vue diversité et régularité proposé par le modèle de Gleason (Fig. 24) et appuyé par l'indice de diversité proposé par le même auteur (Tab. 8), le classement suivant peut être retenu :  $C4 > C1 > C3 > C2$ . Nous notons alors une meilleure diversité et régularité au niveau du peuplement de la station C4, celui-ci est le plus diversifié et le plus régulier comparé aux trois autres stations, suivie par le peuplement de la station C1 avec un indice de diversité de 4,03 puis par le peuplement de la station C3. La station C2 affiche la valeur la moins élevée et l'indice de Gleason révèle alors une diversité et une régularité faible.

La relation linéaire entre le nombre de taxons recensés et le nombre d'individus examinés, portée sur un graphique où ce dernier traduit l'effort d'échantillonnage placé en abscisse permet la construction d'une courbe croissante figurant la vitesse à laquelle de nouveaux taxons apparaissent dans l'inventaire.

La figure 24 montre clairement cette relation linéaire pour les quatre stations d'étude. La richesse taxonomique placée en ordonnée croît plus vite dans la station C4 et C1 que dans la station C3 et C2.

Les quatre droites occupent une position médiane sur le plan, leur éloignement de l'axe des ordonnées témoigne d'une baisse de la diversité et de la régularité du peuplement.





**Figure 24 : Courbe de croissance de richesse taxonomique (T) en fonction du logarithme d'abondance (Log N) définie pour les quatre stations**

Les peuplements prélevés dans les quatre stations sont moyennement diversifiés mais avec une progression nette de la diversité et de la régularité des peuplements depuis la station C2 jusqu'à la station C4.

La position de la droite de la station C4, en plus d'une diversité et d'une régularité élevées, traduit par un effort d'échantillonnage suffisant atteint au niveau de cette station.

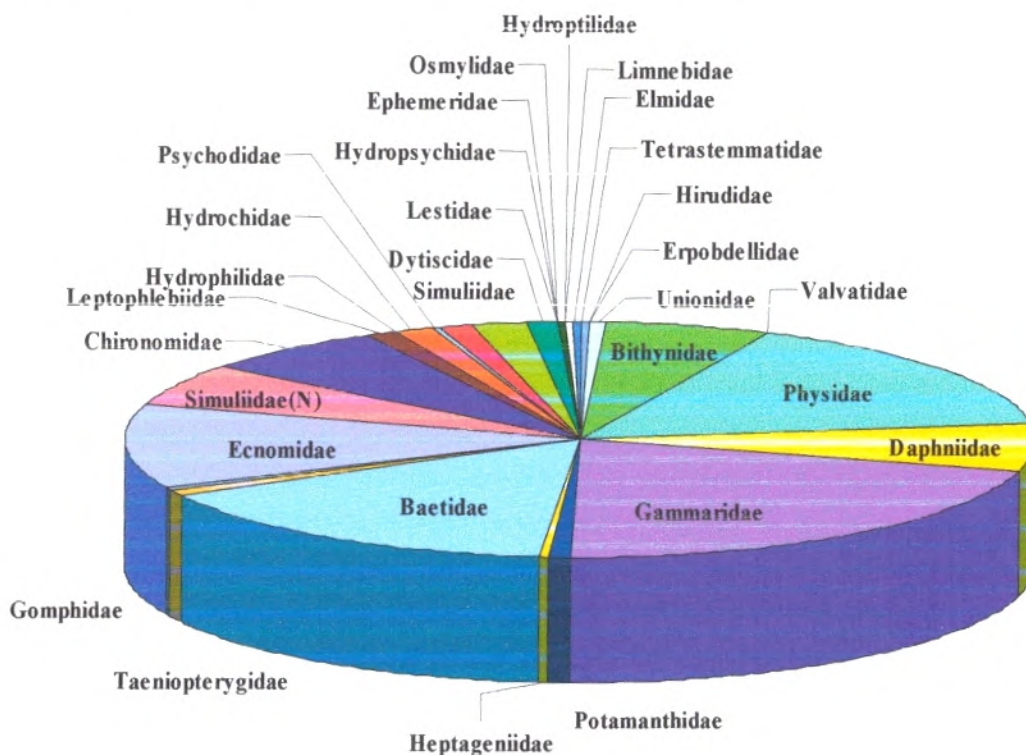
Contrairement au peuplement de la station C2 qui reste le moins diversifié et le moins régulier. La droite de C2, en s'éloignant le plus de l'axe des ordonnées, fait ressortir l'effort d'échantillonnage insuffisant dans cette station. Seulement trois prélèvements sur huit prévus ont été effectués dus à un assèchement précoce du cours d'eau, le nombre d'individus récoltés est limité seulement à 732. Avec une diversité plus faible, le modèle de Gleason place le peuplement de cette station en dernière position après le peuplement de la station C1 voire même de celui de la station C3.

### 2.2.1.3. Distribution d'abondance par taxon et application de modèles

#### 2.2.1.3.1. Etude de la variabilité d'abondance

Les prélèvements effectués durant notre période d'échantillonnage présentent une variabilité spatiale qui concerne non seulement la richesse taxonomique mais également l'abondance des principaux taxons récoltés.

Vingt-huit familles composent qualitativement la collection mais avec une distribution d'abondance (ou de fréquence) par taxon nettement distincte (Fig. 25).



**Figure 25 : Représentation de l'abondance relative des taxons récoltés dans l'oued Chouly**

La faune de l'oued Chouly se caractérise par la présence de six taxons qui présentent un nombre d'individus très élevé alors qu'une douzaine de taxons ne sont présentés que par des effectifs faibles (1 à 20 individus).

La collection est marquée par l'abondance relative des Gammaridae suivis des Physidae et des Baetidae. Ces trois taxons représentent la moitié du peuplement. Les Ecnomidae, les Bithynidae, les Chironomidae, les Daphniidae, les Simuliidae (Nymphes et larves) et les Hydroptilidae, classés par degré d'abondance en ordre décroissant constituent 41% de la faune de Chouly. Ils sont moyennement abondants. Les vingt taxons restants sont les moins abondants et ne présentent que 8% de la collection.



La figure 26 présente l'abondance relative de chaque taxon récolté dans les quatre stations. Pour l'ensemble des prélèvements au niveau de la 1<sup>ière</sup> station C1 (avec 5252 individus), le groupe le plus abondant est celui des Gammaridae suivis des Ecnomidae, des Bithynidae et des Physidae. Ces taxons présentent une fréquence supérieure à 10%. Les autres taxons sont moins abondants cas des Baetidae, des Potamanthidae, des Taeniopterygidae avec une fréquence inférieure à 2%.

Dans la station C2 (avec 732 individus), le groupe composé de Chironomidae, de Daphniidae, de Culicidae et de Simuliidae (Nymphe) est le plus abondant avec une fréquence supérieure à 10%. Le groupe des Leptophlebiidae, des Hydrochidae et des Simuliidae est moyennement abondant. Le reste des taxons est moins abondant avec une fréquence inférieure à 6%.

L'étude d'abondance dans la station C3 (avec 2122 individus) a fait ressortir les Baetidae comme étant le groupe le plus important. Ce groupe est suivi ensuite des Physidae et des Daphniidae avec une fréquence supérieure à 10%. Les Chironomidae, les Bithynidae et les Simuliidae sont moins abondants avec une fréquence entre 2 et 10%. Les huit autres taxons sont de faibles abondances, généralement inférieures à 2%.

Les taxons de la station C4 (avec 2349 individus) sont groupés suivant leur degré d'abondance :

Le premier groupe renferme les Simuliidae (N), les Baetidae, les Physidae et les Chironomidae avec une fréquence supérieure à 10% ;

le deuxième groupe englobe les Simuliidae, les Ecnomidae, les Daphniidae et les Dytiscidae avec une fréquence moyenne comprise entre 3 et 7% ; le troisième groupe composé par les Psychodidae, les Bithynidae et les Valvatidae, présentent des fréquences inférieures à 1%.

Ainsi, les quatre stations ne présentent pas les mêmes groupes abondants dans l'ensemble du cours d'eau. En amont, dominant les Gammaridae, les Ecnomidae, les Bithynidae et les Physidae. Dans la station C2, les Chironomidae, les Daphniidae, les Culicidae et les Simuliidae sont les plus fréquents. Dans la station C3 la plus perturbée, le groupe des Baetidae apparait comme le seul taxon qui pullule. Alors que dans la station aval, c'est le groupe des Simuliidae (N), des Baetidae, des Physidae et des Chironomidae qui est le plus abondant.

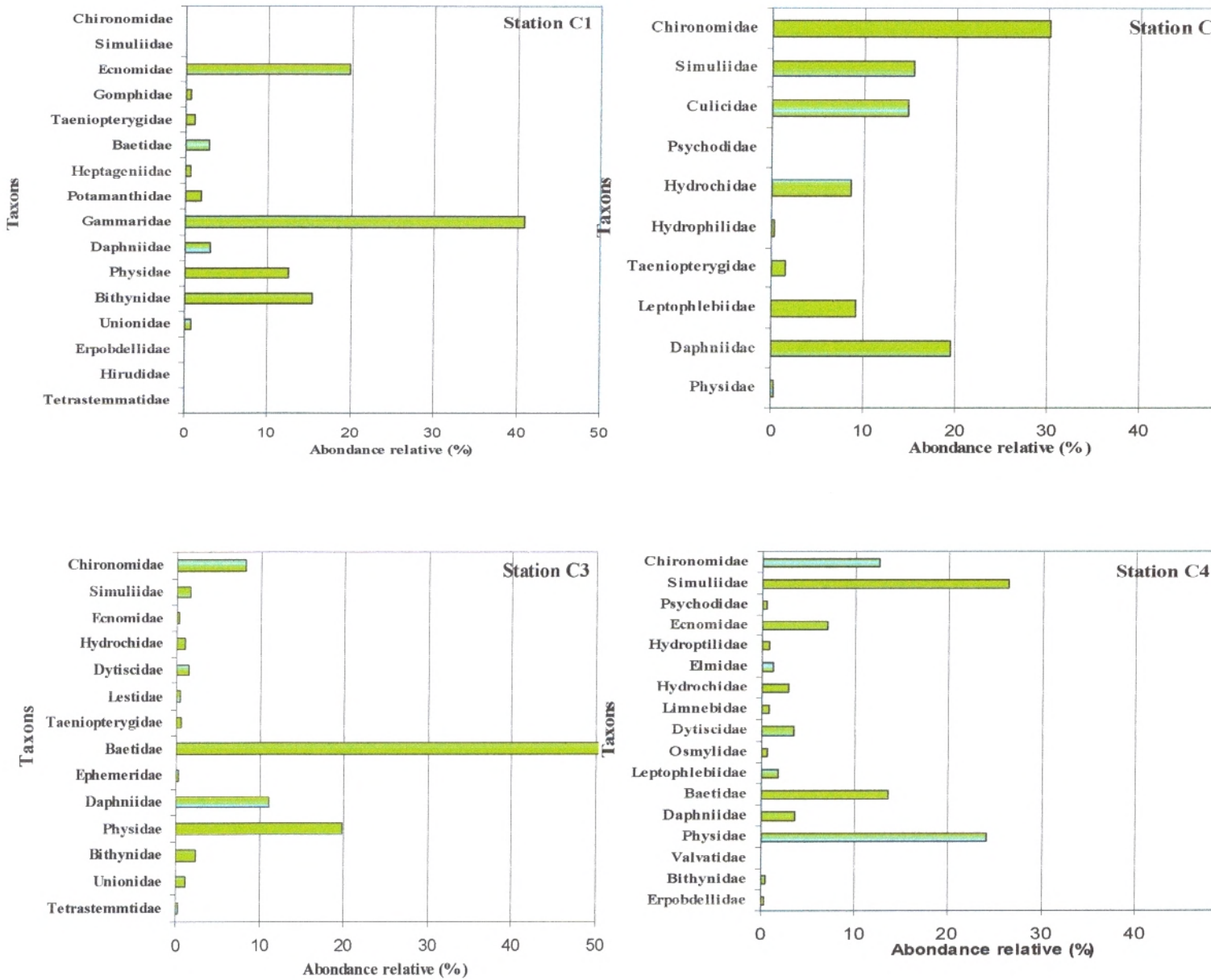


Figure 27: Variation de l'abondance relative des principaux taxons récoltés des quatre stations



### 2.2.1.3.2. Modèles de distribution des taxons

Selon MAY (1975) et FRONTIER (1998), les indices de diversité sont, de par leur nature synthétique, moins riches en information. L'étude de la distribution des abondances est beaucoup plus riche en renseignements, elle permet entre autres, la comparaison avec les prédictions obtenues par des modèles biologiques théoriques.

De nombreux modèles, cités dans la littérature, peuvent être utilisés pour rendre compte de la manière dont les individus d'une communauté se répartissent parmi les différentes espèces, et donc, se partagent leur environnement et leurs ressources (MAY, 1975 ; PIELOU, 1975 ; BLONDEL, 1979 ; MAGURRAN, 1988 ; KREBS, 1989 ; BASTOW, 1991). Parmi ces nombreux modèles, nous avons opté pour les deux modèles les plus simples. Le modèle des séries géométriques (dit de MOTOMURA) suppose que la première espèce s'attribue une certaine fraction des ressources limitant la communauté, que la suivante utilise la même fraction de ce qui est encore disponible, et ainsi de suite. Comme le rapport entre l'abondance d'une espèce et celle de l'espèce précédente est constant, l'évolution des logarithmes des abondances en fonction du rang décroissant des espèces suit une courbe, l'existence de rupture de pente témoigne d'une hétérogénéité au sein du peuplement.

L'autre modèle similaire est celui des bâtons brisés de Mac Arthur (FRONTIER, 1998) qui permet de mettre en relief les taxons les plus décisifs dans la composition du peuplement.

Ces modèles appliqués ici présentent trois qualités recherchées dans tout modèle :

- ils répondent et s'ajustent aux données obtenus sur le terrain,
- ils sont simples et faciles à représenter,
- ils interprètent les données en terme écologique.

Selon FRONTIER (1998), aucun modèle n'est parfaitement représenté dans la nature, mais la qualité descriptive de ces modèles permettent une bonne illustration de la distribution des espèces (taxons) selon leurs abondances relatives.

#### 2.2.1.3.2.1. Modèle de distribution de Mac Arthur

La distribution d'abondance des espèces constituant un peuplement ou une communauté toute entière est l'image des modalités par lesquelles l'hypervolume correspondant aux

ressources de la niche est partagée entre les différentes espèces qui l'occupent (FRONTIER, 1998).

La figure 27 présente la distribution des abondances par taxons selon le modèle de distribution de Mac-Arthur dit des Bâtons brisés établie pour l'ensemble des stations.

Cette représentation graphique permet une comparaison des abondances relatives de chaque taxon présent dans les différents prélèvements effectués. Chaque segment est proportionnel à l'abondance relative du taxon. Ce modèle a l'avantage de montrer la régularité de la collection avec plus de détails puisque chaque bâton correspond à un prélèvement.

La collection totale de l'oued Chouly comprend, à plus de 50%, sept taxons les plus abondants dans les prélèvements (constituant le premier segment de chaque bâton). Il s'agit par ordre d'importance des Gammaridae, des Physidae, des Simulidae, des Baetidae, des Daphniidae, des Ecnomidae et des Bithynidae.

Cette composition change d'une station à une autre et d'une date à une autre (Fig. 27).

Dans la station amont C1, les Gammaridae abondent dans six prélèvements sur les huit effectués, suivis par les Ecnomidae, les Baetidae et les Physidae. Les Bithynidae marquent une abondance assez considérable seulement au cours du mois de janvier. Les peuplements prélevés au cours des mois de novembre, décembre et février sont plus diversifiés et mieux structurés que ceux prélevés les autres mois.

Les prélèvements effectués au cours des mois d'hiver, affichent des dominances des Physidae, des Gammaridae et des Baetidae mais avec une diversité et une régularité du peuplement bien marquées au cours du mois de novembre.

La station C3 est marquée par la dominance des Baetidae, des Daphniidae, des Physidae mais également des Tanypodinae et des Simulidae, la diversité et la régularité sont faibles dans tous les prélèvements.

La succession de segments de taille graduelle s'observe le mieux dans les prélèvements de la station C4. Cette succession est bien marquée au cours des mois de janvier, février, avril et mai et se traduit par un peuplement mieux structuré que les précédents.



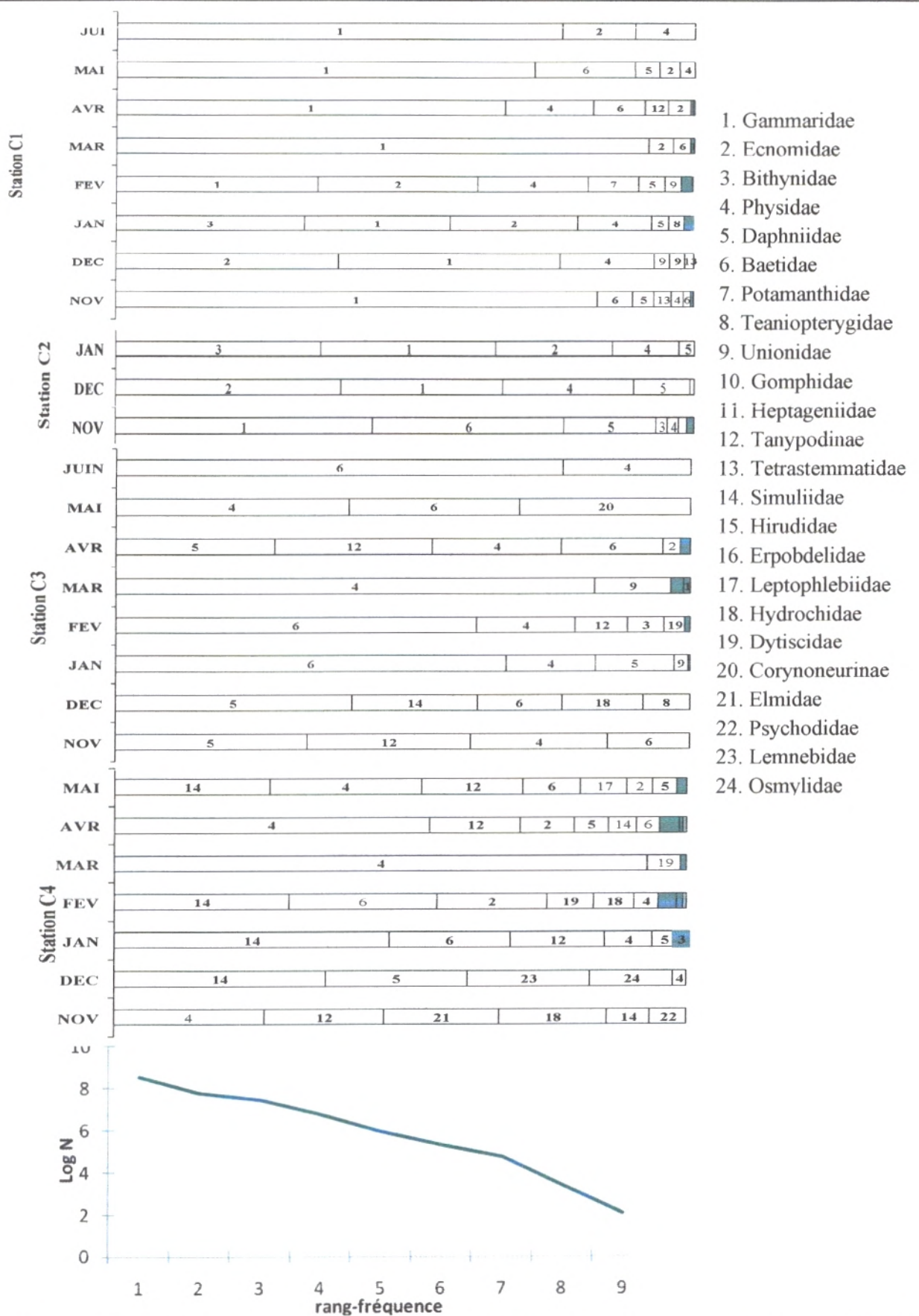


Figure 27: Représentation de la distribution d'abondances selon le modèle des bâtons brisés de Mac-Arthur pour les quatre stations de l'oued Chouly.

L'allure presque rectiligne de la courbe du diagramme rang-fréquence (Fig. 27) établie pour la collection totale récoltée dans l'oued Chouly à partir des prélèvements réalisés dans les quatre stations montre que le peuplement est plus ou moins bien structuré dans l'ensemble. Huit grands taxons se partagent les ressources entre eux. Ils constituent la plus grande part de la biomasse du macrobenthos et jouent un grand rôle dans le fonctionnement du cours d'eau. Il s'agit donc des Gammaridae, des Physidae, des Simulidae, des Baetidae, des Daphniidae, des Ecnomidae et des Bithynidae et des Tanypodinae.

Seize taxons présentent des abondances moyennes, ils sont représentés par des segments de petites dimensions. Les six taxons restants sont les plus rares, leurs faibles fréquences ne permettent pas leurs configurations sur le diagramme. Ils jouent un faible rôle dans l'organisation du peuplement, il s'agit des Hirudidae, des Heptageniidae, des Leptophlebiidae, des Hydrophilidae, des Culicidae, des Epheméridae, des Hydroptilidae et des Valvatidae.

L'assemblage de huit taxons fréquents, avec une nette dominance de seize taxons d'abondances moyennes et un faible contingent de taxons rares, témoigne de la présence d'un peuplement plus ou moins bien structuré et bien régulier où la diversité et la régularité sont moyennes.

L'absence de pallier ou de rupture de pente indique à la fois la présence d'un peuplement homogène d'une part et de l'absence d'un biais d'échantillonnage d'autre part (FRONTIER, 1998).

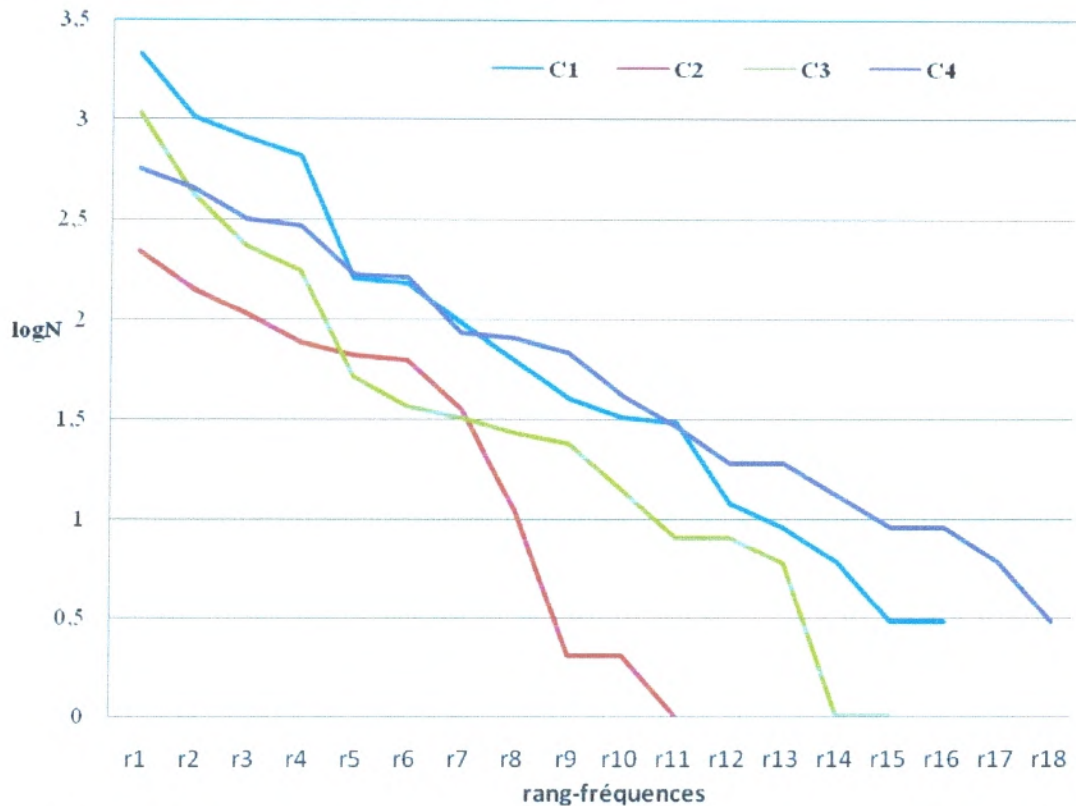
#### **2.2.1.3.2.1. Modèle de distribution des rangs-fréquences de Motomura**

La figure suivante représente le modèle de distribution de Motomura pour l'ensemble des stations. Les abondances subissent une transformation logarithmique en ordonnée et les taxons sont classés en ordre décroissant sur l'axe des abscisses (rang-fréquences). Cette représentation simpliste permet de visualiser directement la répartition des taxons partant des plus abondants vers les plus rares.

Sur ces courbes rangs-fréquences en ordonnée semi-logarithmique établies, l'alignement de points est destiné à montrer si les espèces d'un peuplement donné suivent la loi de



Motomura. Ces courbes font apparaître une succession de segments mais d'allures différentes, montrant une régularité et une diversité variables d'une station à une autre. La présence de points d'inflexion, considérée comme signe de mélange de peuplements, est parfaitement lisible sur les quatre courbes (Fig. 28).



**Figure 28 : Diagramme rang-fréquences de Motomura pour l'ensemble des stations**

La juxtaposition des quatre courbes sur un même diagramme dans un but de comparaison laisse apparaître l'ordre décroissant suivant selon le modèle de Motomura :  $C4 > C1 > C3 > C2$ .

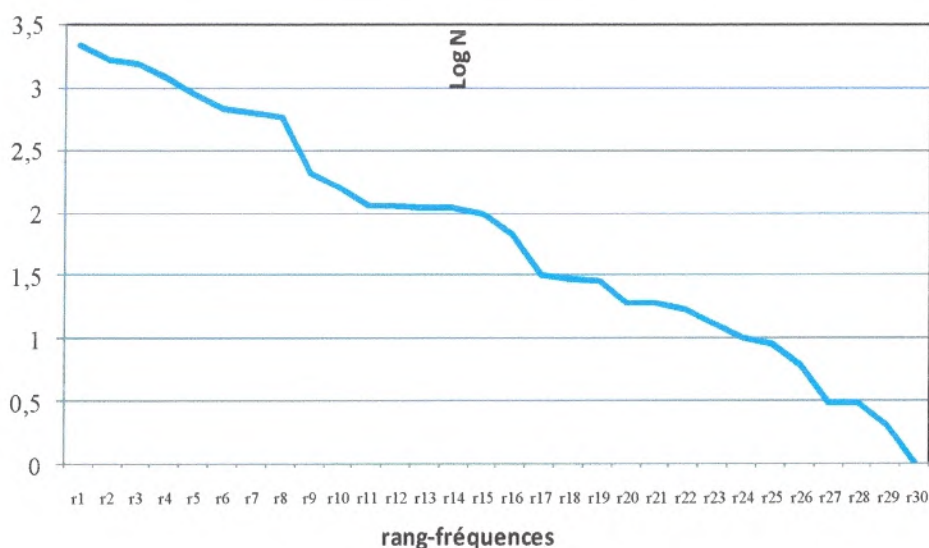
Ainsi, la courbe établie à partir des abondances des taxons récoltés dans la station C4 s'éloigne de l'axe des abscisses, elle s'étale plus à droite et ne marque pas de rupture de pente importantes, cela traduit la présence d'un peuplement plus diversifié, mieux structuré et plus homogène.

Contrairement à la station C2 qui semble présenter un peuplement nettement moins diversifié et moins bien structuré, avec une rupture de pente relativement importante marquée par une différence d'abondances considérable entre les taxons de rang 7, 8 et 9. La courbe de la station C1 montre une situation intermédiaire de diversité et de régularité du

peuplement. La courbe est une succession de trois segments, avec un premier segment de forte pente, située dans la partie supérieure, caractérisé par quatre taxons dominants. Suivi par un segment d'abondances moyennes qui précède le dernier segment formés des rang r11 à r16. Correspondant aux taxons les plus rares.

La courbe représentative de l'abondance des taxons dans la station C3 est plus basse et plus courte que celles de C1 et C4, la diversité et la régularité y sont plus faibles à l'origine d'un peuplement beaucoup moins bien structuré.

Les communautés naturelles utilisent différentes stratégies dans l'utilisation des ressources dans l'espace et dans le temps. Aussi, nous présentons le diagramme rang-fréquence de distribution d'abondance de Motomura de la collection récoltée dans l'oued Chouly (Fig. 29).



**Figure 29 : Diagramme de distribution d'abondances selon le modèle de Motomura appliqué à la collection récoltée dans l'oued Chouly**

L'allure de la courbe rang-fréquences de l'oued Chouly présente une certaine convexité qui se rapproche du modèle de Motomura. En général, l'oued Chouly présente un peuplement relativement diversifié et bien structuré avec un bon partage des ressources entre taxons (Fig. 29), c'est ce qui est démontré par la courbe qui ne laisse pas apparaître de fortes pentes mais plutôt une succession graduelle des abondances des taxons.

Les résultats fournis par le modèle de Motomura corroborent parfaitement avec ceux obtenus par le modèle des bâtons brisés de Mac Arthur et les indices de diversité de Shannon-Wiener et de Simpson.



### 2. 2. 1. 4. Fréquence d'occurrence ou constance

A partir des valeurs des fréquences d'occurrence des taxons présents dans les trois stations.

**Tableau 9 : Fréquences d'occurrence des taxons récoltés dans les quatre stations de l'oued Chouly au cours de la période d'étude.**

Taxons récoltés	Station C1	Station C3	Station C4	Oued Chouly
F. Physidae	Constante		Omniprésente	Fréquente
F. Baetidae	Fréquente	Constante	Fréquente	
F. Ecnomidae	Omniprésente	Accessoire		Communes
F. Gammaridae	Omniprésente			
F. Daphniidae	Fréquente			
F. Simuliidae	Accidentelle		Accessoire	
s.F. Tanypodinae	Accidentelle	Accessoire	Fréquente	Accessoires
F. Dytiscidae		Accessoire	Fréquente	
F. Hirudidae	Accessoire			
F. Unionidae	Accessoire			
F. Hydrochidae	Accidentelle		Accessoire	
F. Tetrastemmatidae	Accessoire	Accidentelle		
F. Bithynidae	Accidentelle			
F. Taeniopterygidae	Accidentelle		Accidentelle	
F. Gomphidae	Accessoire			
F. Ephemeraeidae		Accessoire		
F. Hydroptilidae			Accessoire	Accidentelles
F. Potamanthidae	Accidentelle			
F. Heptageniidae	Accidentelle			
F. Erpobdellidae	Accidentelle		Accidentelle	
F. Osmylidae			Accidentelle	
F. Valvatidae			Accidentelle	
F. Limnobiidae			Accidentelle	
s.F. Corynoneurinae		Accidentelle		
F. Elmidae			Accidentelle	
F. Leptophlebiidae			Accidentelle	
F. Psychodidae		Accidentelle		

respectivement de l'oued Chouly de l'amont à l'aval (Annexe V), nous avons recherché à comparer les taxons des stations entre elles puis dans l'ensemble de l'oued Chouly. Nous avons résumé l'ensemble des résultats dans le tableau 9. Cet indice n'a pas été calculé pour les taxons de la station C2, étant donné le nombre réduit de prélèvements (03) mais nous l'avons tout de même impliqué dans les calculs pour l'ensemble de la collection.

La majorité des taxons est fluctuante dans sa répartition aussi bien dans l'espace et dans le temps. La fréquence d'occurrence des taxons varie d'une station à une autre et par rapport à l'ensemble des stations.

Dans la station C1, les huit prélèvements effectués durant la période d'étude ont permis d'obtenir la sous collection présentant différents niveaux de constance. La composition indique qu'il y a deux taxons omniprésents, les Gammaridae et les Ecnomidae, un seul taxon constant celui des Physidae. Les Daphniidae et les Baetidae sont des taxons fréquents, associés à quatre taxons accessoires et sept taxons accidentels les plus dominants.

Partant de huit prélèvements effectués dans la station C3, les indices calculés indiquent que le peuplement est constitué essentiellement de taxons accessoires (5) et de taxons accidentels (7). Les taxons omniprésents sont absents, les plus représentatifs sont les Physidae et les Baetidae avec une constance de plus de 75%, les Daphniidae sont fréquents avec une constance de 50%.

Les fréquences estimées à partir des sept prélèvements effectués dans la station C4, permettent de noter la présence d'un taxon omniprésent représenté par les Physidae, trois taxons fréquents, quatre taxons accessoires et huit taxons accidentels. Les taxons constants sont par ailleurs absents. Bien que les Baetidae, les Tanypodinae et les Dytiscidae soient assez fréquent dans la station C4, ces familles restent des taxons accessoires dans la station C3 voire même accidentelles dans la station C1.

Les fréquences d'occurrence estimés à partir de la totalité des prélèvements effectués dans les différents microhabitats et au cours de toute la période d'étude donnent un assemblage d'un seul taxon fréquent, celui des Physidae, de six taxons communs, sept taxons accessoires et douze taxons accidentelles. Aucun taxon n'est omniprésent de l'amont à l'aval de l'oued Chouly et durant toute la campagne d'échantillonnage.

### **2. 2. 2. Comparaison de la structure des peuplements des différents microhabitats**

La deuxième partie de ce travail consiste également à décrire les peuplements prélevés dans les différents microhabitats identifiés dans chaque station au cours de la période d'étude allant de novembre 2007 à juin 2008. Nous utilisons pour cette description les indices de diversité classiques.



### 2.2.2.1. Indice de diversité et richesse taxonomique

Les indices de diversité, la richesse taxonomique et l'équitabilité calculés sont rassemblés dans la figure 30 afin de nous permettre de comparer les assemblages qualitativement au niveau des différents microhabitats.

Partant de sous collections de taille variable d'un microhabitat à un autre, l'ensemble des peuplements récoltés présentent des fluctuations des indicateurs de diversité. Dans ce cas, les indicateurs de diversité des différents microhabitats ont été confrontés entre eux par le biais du coefficient de corrélation, les résultats sont disposés dans le tableau 10.

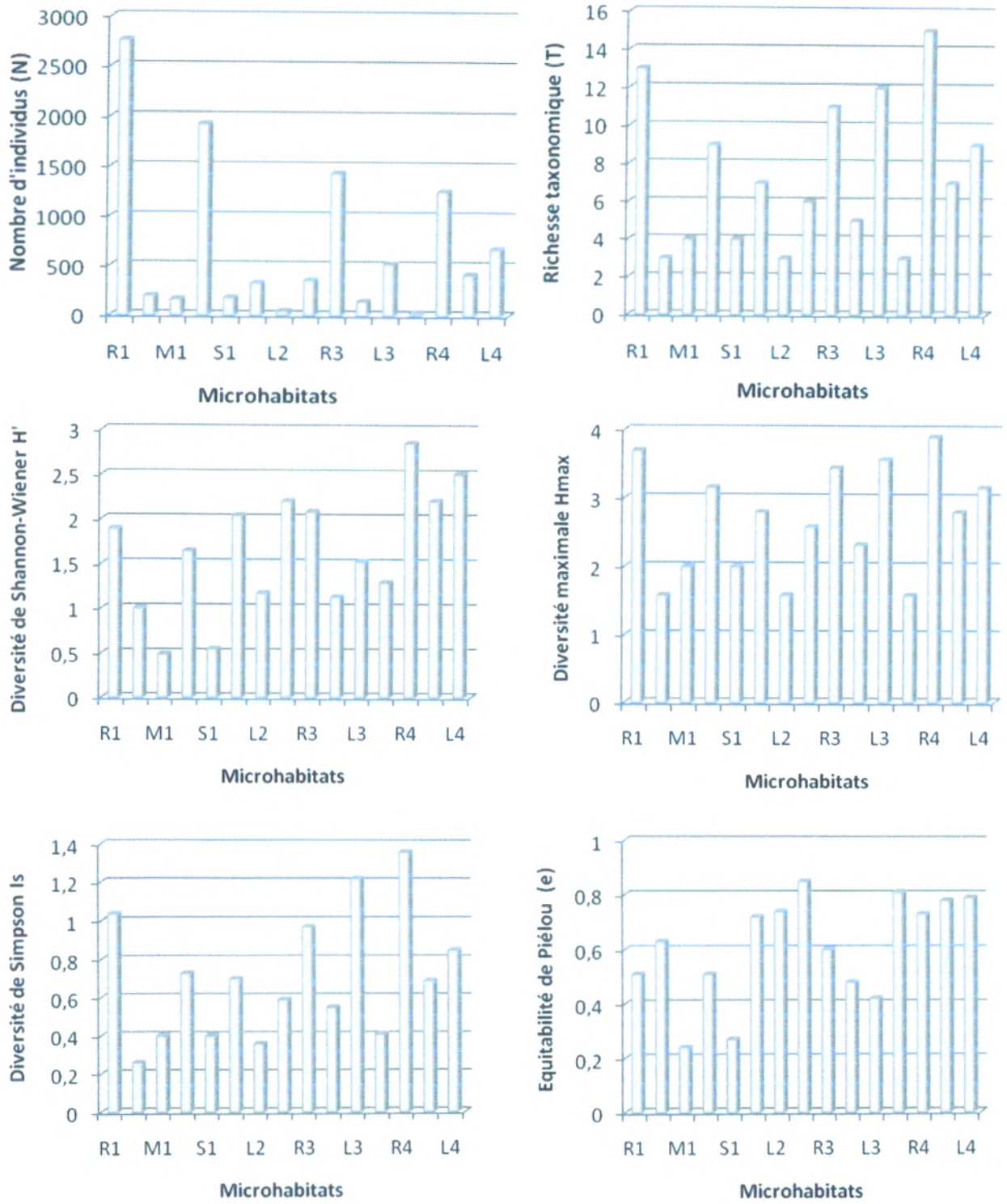
Ainsi, la richesse taxonomique moyenne est de 7,87, elle varie entre quinze et trois taxons. Elle est importante dans les microhabitats R4 avec un maximum de 15 taxons, suivi par R1 avec 13 taxons, L3 avec 12 taxons et R3 avec 11 taxons. Les trois microhabitats R1\*, L2 et S3 présentent un minimum de taxons avec une richesse taxonomique de 3. Les autres microhabitats S2, M4 et R2 tournent autour de la moyenne.

Nous remarquons que le nombre de taxons est significativement corrélée avec les trois indices de diversité ( $I_s$ ,  $H'$  et  $H_{max}$ ), cependant l'équitabilité « e » et l'indice de diversité Q sont indépendants de la richesse spécifique mais beaucoup plus reliés à la diversité  $H'$  (Tab. 10). De ce fait, les indices de diversité  $I_s$ ,  $H'$  et  $H_{max}$  varient de la même manière que la richesse taxonomique dans la plupart des microhabitats.

Nous notons alors une meilleure diversité au niveau du microhabitat R4 avec un maximum de 2,85bits, suivie de L4 avec 2,5bits et de M4 et S2 tous les deux avec 2,2bits. Les valeurs de  $H'$ , inférieures ou égales à 1, s'affichent dans les microhabitats R1\*, M1 et S1.

L'équitabilité, corrélée significativement avec  $H'$  ( $r=0,68$ ) est voisine de 1 dans les microhabitats où la diversité  $H'$  est élevée; ceci peut se traduire par l'abondance de plusieurs taxons. Les valeurs de l'équitabilité les plus élevées sont enregistrées au niveau de plusieurs microhabitats.

Sept microhabitats sur quinze ont des valeurs de e supérieures à 0.7 dont trois ont une équitabilité au delà de 0.8 (S2, S3, L4). Les trois microhabitats M1, S1, et M3 ont des valeurs au deçà de 0,5. Cela se traduit par une faible diversité au niveau de ces deux microhabitats et l'abondance d'un seul taxon, celui des Gammaridae.



**Figure 30 : Variations des descripteurs de structure des peuplements macrobenthiques récoltés dans les différents microhabitats**



**Tableau 10 : Corrélations obtenues entre les indicateurs de diversité des différents microhabitats.**

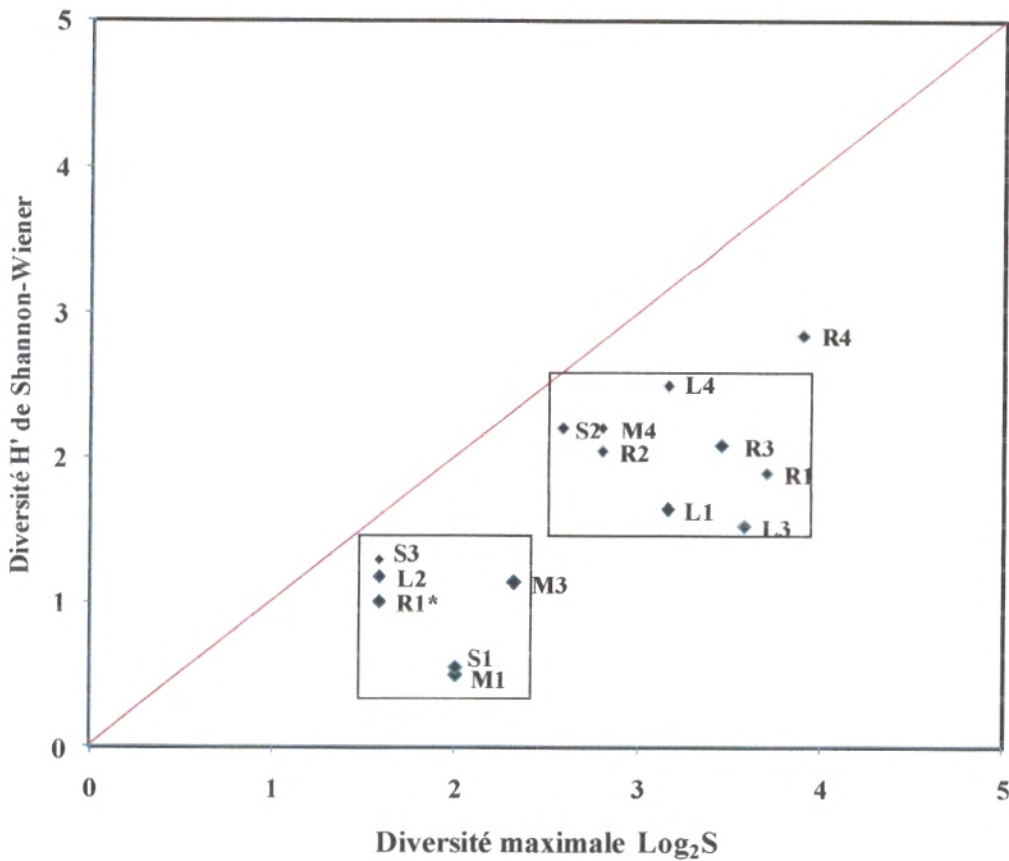
	N	T	Is	H'	Hmax	e	Q
N		0,75	0,62	0,43	0,73	-0,09	-0,09
T			0,98	0,71	0,98	0,03	0,03
I				0,71	0,96	0,07	0,89
H'					0,73	0,68	0,93
Hmax						0,03	0,93
e							0,37
Q							

L'indice Q possède de nombreuses propriétés mathématiques et écologiques (Qinghong, 1995), la plus intéressante est que cet indice donne plus de poids à la diversité spécifique qu'à l'équitabilité. En effet, si  $\alpha = 0$  alors  $Q = \log_2(S)$ . Lorsque  $S = 1$  alors  $Q = 0$ . Cet indice est fortement corrélé aux deux paramètres diversité  $H'$  et diversité maximale. Il donne une importance au microhabitat R4 avec 5,23 et très peu d'importance au microhabitat R1\*.

Pour donner une idée sur la répartition des peuplements en fonction du type de microhabitats, nous avons représenté chaque prélèvement de chaque microhabitat sur le modèle de DIMO (Fig. 31), rassemblant ainsi les quatre principaux indices de diversité, la diversité  $H'$ , la diversité maximale, l'équitabilité et l'indice Q. Ce diagramme permet donc de mieux visualiser la position de chaque microhabitat ainsi que son classement.

Dans les microhabitats R4, R1, R3 et L4, la richesse spécifique augmente et l'indice Q atteint les valeurs les plus élevées.

Il apparaît également que le microhabitat R4 présente la diversité et la richesse spécifique les plus élevées. Les microhabitats R1\*, M1, S1, L2 et S3 présentent une même distance du vecteur Q, là où la richesse taxonomique et la diversité sont les plus faibles. En situation intermédiaire entre ces deux extrêmes, se succèdent le groupe formé des microhabitats R2, S2, M4, L1 et L3 avec une diversité moindre et une richesse taxonomique moyenne comprise entre douze et six taxons, le microhabitat M3 se présente avec une richesse de cinq taxons et une diversité faible de 1,13. Il est possible aussi de remarquer que les microhabitats à courant rapide sont pour les quatre stations les plus riches en taxons et les plus diversifiés, présentant toujours les vecteurs Q les plus longs comparés aux autres microhabitats. L'éloignement de la diagonale signifie une baisse de l'équitabilité.



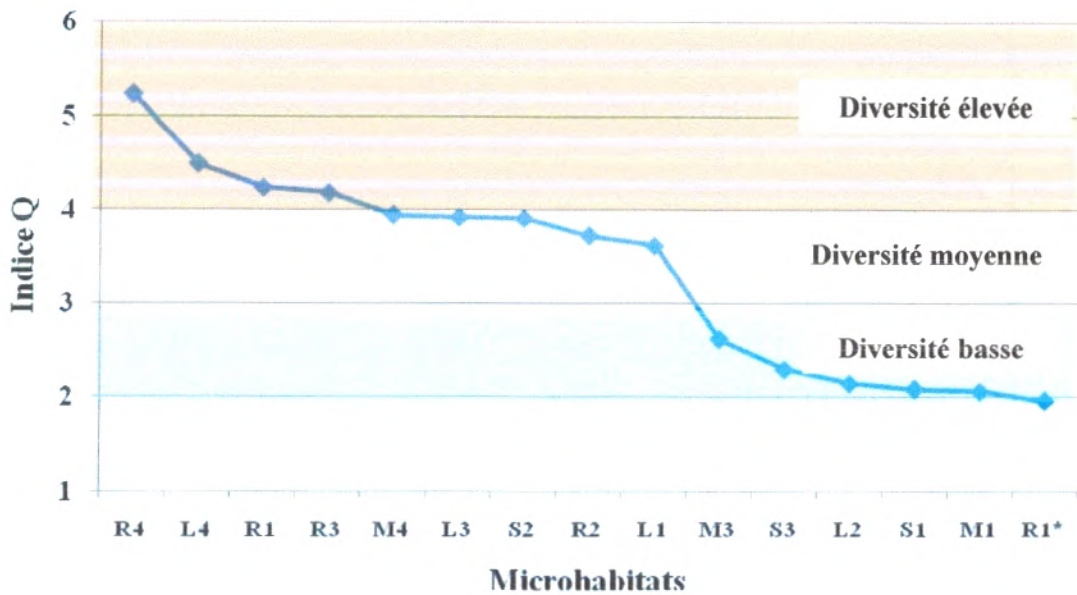
**Figure 31 : Positionnement des microhabitats en fonction de la diversité maximale et la diversité H' sur le Modèle DIMO (Qinghong, 1995).**

Ainsi, le diagramme de DIMO associé à un classement des microhabitats en fonction de l'indice Q (Fig. 32), permettent de définir trois assemblages de taxons :

- Le premier assemblage, à richesse taxonomique et diversité très faibles, englobe les microhabitats à courants moyen et nul de la station C1 et C3, le microhabitat à courant lent de la station C2. Dans ce cas, l'indice Q est inférieur à 2,62, l'indice H' est inférieure à 1,30 et Hmax a également les valeurs les plus basses mais l'équitabilité reste variable.
- Le second assemblage regroupe les peuplements des microhabitats à courant rapide des stations C1 et C3, le microhabitat à courant moyen de la station C4, le microhabitat S2 et les microhabitats à courant lent des stations C1, C3 et C4. La diversité H' varie entre 1,52 et 2.5 ; l'indice Q est compris entre un minimum de 3,62 et un maximum de 4,49. Ces valeurs témoignent d'une diversité et d'une richesse taxonomique certainement faibles mais plus importantes comparées à celles des microhabitats précédents.



- Le dernier assemblage correspond à un seul microhabitat qui se marginalise grâce à sa richesse taxonomique maximale, sa diversité  $H'$  et son indice  $Q$  également élevées. C'est dans ce microhabitat qu'on retrouve le peuplement macrobenthique le mieux structuré comparé aux autres microhabitats.

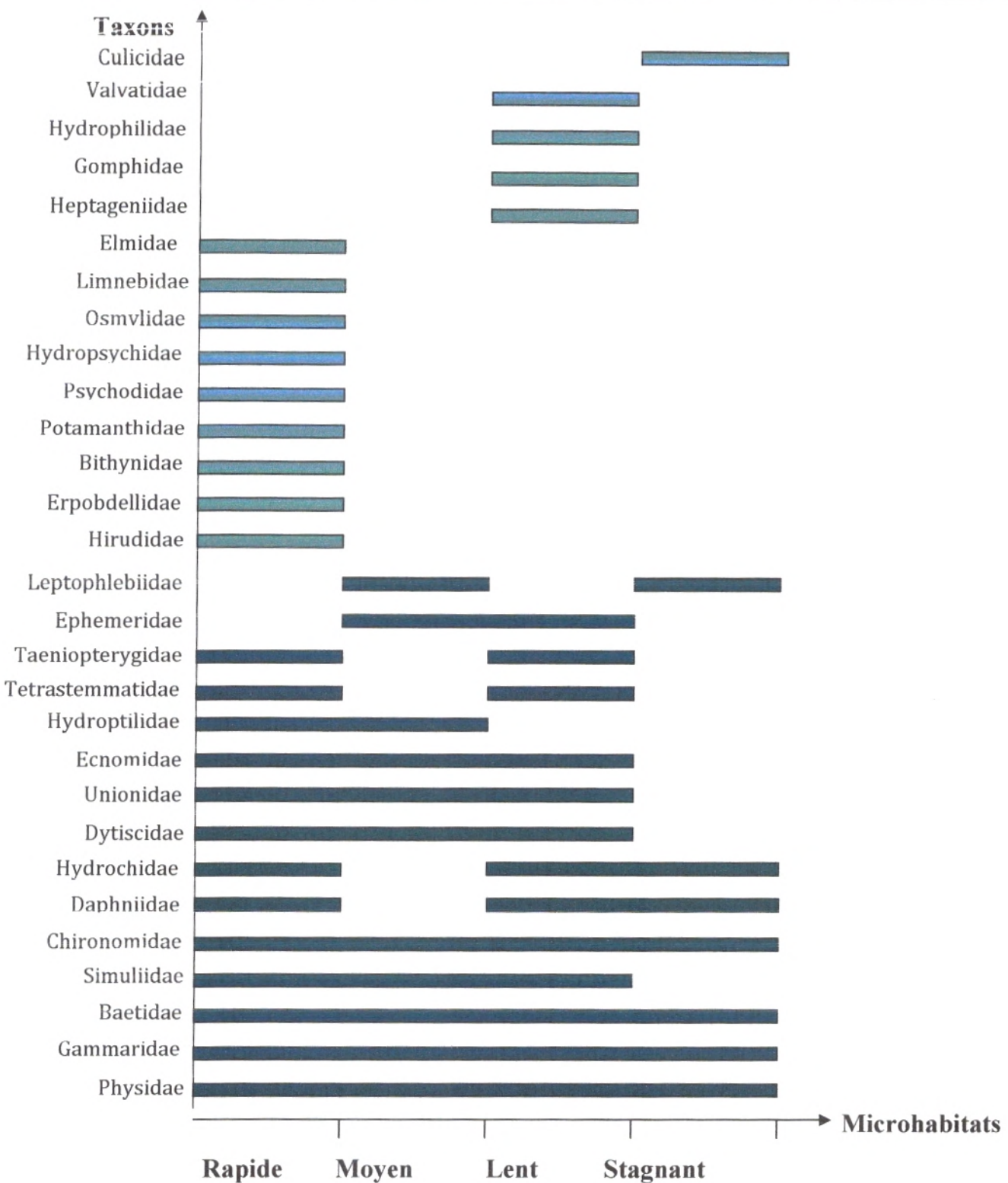


**Figure 32 : Classement des microhabitats en fonction de l'indice de diversité  $Q$  (Qinghong, 1995).**

Les conditions semblent requises pour favoriser cette diversité. Le microhabitat R4 se caractérise par une eau assez claire et relativement profondur avec un tapis algale diffus à la surface et un substrat composé de gros blocs et de galets hétérométriques. La turbidité élevée, l'absence le plus souvent de végétation dans l'eau et de végétation riveraine marquent les microhabitats les moins diversifiés. Les microhabitats où s'inscrivent les caractéristiques opposées, affichent des valeurs de diversité nettement plus élevées. L'apport de matière organique à la fois endogène et exogène serait probablement le facteur propice pour un assemblage plus important de taxons.

#### **2.2.2.2. Distribution d'abondance par taxon en fonction des microhabitats**

Pour bien illustrer la répartition des différents taxons dans les différents microhabitats, nous avons construit la figure 33. Cette représentation est réalisée selon un classement des taxons selon un ordre décroissant de présence.



**Figure 33 : Répartition des taxons dans les différents microhabitats**

Cette représentation est également qualifiée pour nous fournir une typologie biocénétique. Ainsi, un premier groupe s'individualise, composé de six taxons présents dans les quatre types de courants, leur pouvoir d'adaptation à des courants variés paraît important. Ces



taxons peuvent être classés comme les plus généralistes puisqu'ils ne laissent pas apparaître d'exigences à l'égard du courant. Il s'agit principalement des Physidae, des Baetidae, des Gammaridae, des Chironomidae, des Daphnidae et des Hydrochidae, bien que ces deux derniers taxons n'ont pas été retrouvés dans le courant moyen.

Les trois familles des Ecnomidae, Unionidae et Dytiscidae sont présentes dans les trois types d'écoulement du cours d'eau mais absents dans les milieux d'eaux stagnantes. La présence des Simulidae dans les écoulements lents serait invraisemblable, ces insectes étant reconnus comme des rhéophiles stricts, cette présence pourrait être expliquée par une simple dérive.

Les Hydroptilidae marquent une préférence pour les courants rapides et moyens et semblent éviter les eaux plus dormantes.

Quatorze taxons affichent une préférence pour un type de courant bien défini, des taxons beaucoup plus spécialisés qu'ils ne se trouvent que dans un seul microhabitat selon leur adaptation au courant. Neuf taxons marquent une prédilection pour les courants rapides, alors que les Gomphilidae, les Heptageniidae, les Valvatidae et les Hydrophilidae se cantonneraient préférentiellement dans les courants lents. Les Culicidae est le seul taxon principalement inféodé au milieu stagnant, ces insectes limnophiles évitent les eaux courantes.

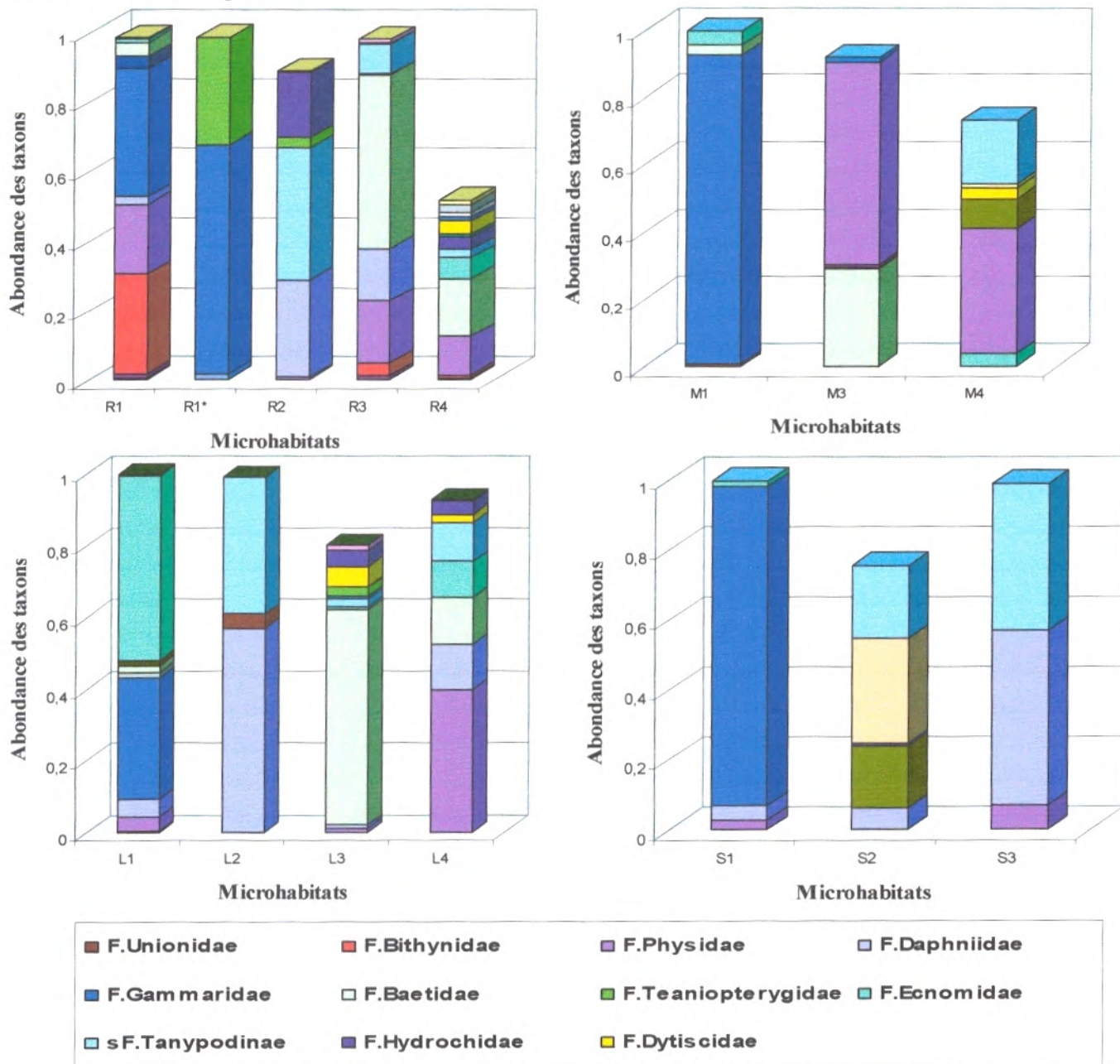
Si la figure 33 laisse apparaître la présence-absence des taxons, la figure 34 a pour but d'illustrer la distribution d'abondances dans chaque microhabitat de chaque station. L'analyse détaillée de cette figure montre des différences notables d'une station à une autre pour chaque microhabitat.

Les Gammaridae abondent dans les microhabitats R1, et R1\* de la première station qui est proche du crénon, là où l'eau est courante, peu profonde, soumise un ensoleillement important en raison de l'absence d'une végétation riveraine importante.

Les Baetidae sont principalement abondants dans le microhabitat à courant rapide de la station C3. Les Ecnomidae et les Bithynidae sont relativement abondants dans les trois microhabitats R1, R3 et R4 où le courant est rapide avec un substrat de galets hétérométriques.

Les Daphniidae, présents dans les microhabitats R1, R2 et R3, sont particulièrement nombreux dans le microhabitat R2 caractérisé par une eau peu profonde, un courant rapide, un substrat de gros galets et une végétation riveraine réduite ou presque absente.

Les Simuliidae sont récoltés en grand nombre dans les microhabitats à courant rapide R2, R3 et R4. L'ensoleillement est très important dans ces zones et le substrat est composé essentiellement de gros galets. Alors que les Dytiscidae sont présents que dans les microhabitats R3 et R4 des stations situées en aval caractérisées par une eau rapide assez claire et un fond tapissé de blocs.



**Figure 34: Distribution d'abondance des taxons en fonction des différents microhabitats individualisé dans les quatre stations**



En revanche, ce sont les Hydrochidae et les Psychodidae qui marquent par leur présence les microhabitats R2 et R4 caractérisés par une eau courante renfermant une végétation algale qui diffuse à la surface et un substrat de gros galets.

Les microhabitats à courant moyen individualisés dans les trois stations fait apparaître également des différences dans le courant moyen de la station C1, les Gammaridae l'emportent largement en nombre sur les autres taxons. Dans la station C3, les Simuliidae suivis des Baetidae constituent les taxons les plus dominants. Les Baetidae se trouvent dans les microhabitats M1, M3 où l'eau est assez claire et les Physidae sont présents dans M3 et M4 où la végétation riveraine est importante et un fond de vase où s'enracinent des végétaux semi-aquatiques (Fig. 34). Alors que dans la station C4, les microhabitats à courant moyen sont marqués par ordre d'importance par l'abondance des Simuliidae, des Physidae et des Tanypodinae. Les Ecnomidae sont assez communs dans l'ensemble des microhabitats à courant moyen des trois stations. Ces microhabitats sont caractérisés par une eau assez claire, un substrat hétérogène formé de galets et de vase et ils sont le plus souvent bien exposés au soleil.

Il y a des taxons particuliers à chaque microhabitat individualisé, c'est le cas des Gammaridae et des Hirudidae dans M1, des Epheméridae et des Unionidae dans M3 et des Chironomidae, des Simuliidae, des Dytiscidae, des Hydroptilidae et des Leptophlebidae dans M4.

Les microhabitats présentant un courant lent sont généralement avec une eau assez claire, plus profonde, un substrat vaseux, une végétation riveraine et semi-aquatique importantes et ils sont moins ensoleillés parce que les rives sont envahies par les végétaux.

Les Gammaridae, les Ecnomidae sont présents massivement dans le courant lent de la station C1, ils sont substitués par deux autres taxons dans L2 à savoir les Daphniidae et les Tanypodinae. Dans la station C3, le courant lent se caractérise par l'abondance toute particulière des Baetidae. Les Physidae se rencontrent dans les trois microhabitats L1, L3, L4 caractérisés par une eau plus profonde au niveau d'un substrat de vase et une végétation semi-aquatique. Alors que les Chironomidae sont présents dans les microhabitats L2, L3 et L4, dans des micromilieus où s'enracinent des végétaux semi-aquatiques dans un substrat de vase.

Les Valvatidae et les Hydrophilidae se trouvent préférentiellement dans les microhabitats L2 et L4 respectivement ; les Ephemeridae, les Taeniopterygidae dans le microhabitat L3 ; les Unionidae, les Gomphidae, les Heptageniidae, les Tetrastemmatidae sont tous regroupés dans le microhabitat L1.

Les eaux entièrement stagnantes, sont imprégnées par l'abondance remarquable des Daphniidae dans S1 là où l'eau est assez claire à presque turbide et un fond de vase.

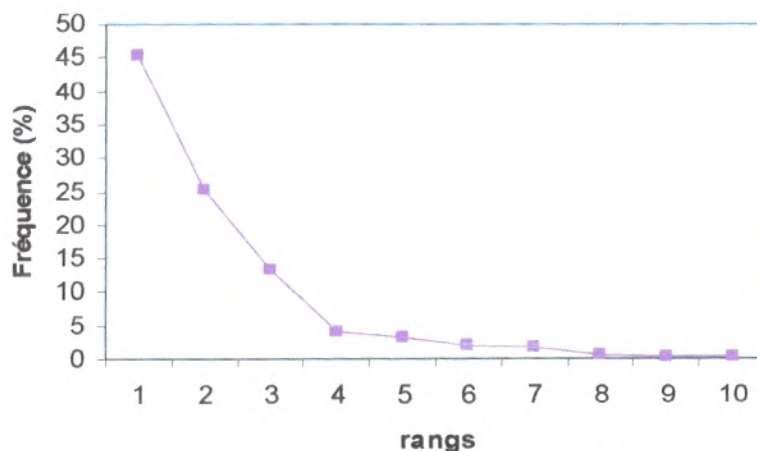
En revanche, les Culicidae, les Simuliidae, les Hydrochidae, et les Leptophlebiidae sont les quatre taxons les plus abondants dans S2.

Les microhabitats S1 et S3, marqués par un faible éclaircissement, un substrat de vase où s'enracinent des végétaux semi-aquatiques et une eau stagnante assez claire, contiennent les Physidae alors que les microhabitats d'eau stagnante des stations C2 et C3, caractérisés par une eau turbide, un fond de vase et l'absence de végétation, renferment des Chironomidae.

La figure 35 présente le modèle de distribution de Mac-Arthur pour l'ensemble des microhabitats qui permet de bien mettre en évidence les taxons les plus dominants dans chaque microhabitat.

Sur les vingt-neuf taxons récoltés, les sept taxons les plus représentatifs en nombres dans les différents microhabitats des quatre stations étudiées de l'oued Chouly, sont les Gammaridae, les Baetidae, les Physidae, les Simulidae, les Tanypodinae et les Daphnidae.

Ces taxons se répartissent inégalement entre les microhabitats. La courbe de Mac Arthur (Fig. 35) laisse apparaître la dominance de trois taxons avec une fréquence relativement élevée et les sept taxons restants avec moins de 5% de fréquence dont deux avec moins de 1%.



**Figure 35 : Distribution de Mac-Arthur pour l'ensemble des microhabitats**



### 2. 2. 2.3. Degré de Similitude entre les collections récoltées par microhabitat.

La matrice de similitude (Tab. 11), établie à partir des indices de similitude de Jaccard « J » calculés pour l'ensemble des microhabitats des quatre stations d'étude, montre que les microhabitats sont très peu ressemblants entre eux dans leurs compositions taxonomiques, la valeur la plus élevée étant de 38,09%.

**Tableau 11 : Matrice de Similitude entre microhabitats**

	R1	R1*	R2	R3	R4	M1	M3	M4	L1	L2	L3	L4	S1	S2	S3		
R1		12.5	20	<b>33.33</b>	25	17.64	22.22	20	<b>31.81</b>	12.5	24	27.27	23.52	15.78	18.75		
R1*			10	7.14	0	14.28	0	0	16.66	0	6.66	0	14.28	0	0		
R2				16.66	22.72	0	8.33	21.42	12.5	20	26.31	<b>33.33</b>	9.09	23.07	30		
R3					23.07	13.33	25	22.22	30	13.33	<b>30.43</b>	30	20	11.76	21.42		
R4						10.52	15	27.27	12.5	5.55	25.92	29.16	10.52	14.28	11.11		
M1							22.22	9.09	23.07	0	12.5	15.38	25	0	0		
M3								16.66	28.57	0	23.52	21.42	22.22	0	12.5		
M4									12.5	10	21.05	<b>31.25</b>	9.09	23.07	20		
L1										8.33	19.04	22.22	<b>30.76</b>	6.66	16.66		
L2											13.33	16.66	14.28	22.22	<b>33.33</b>		
L3													<b>38.09</b>	18.75	22.22	20	
L4														23.07	26.66	25	
S1															10	28.57	
S2																	22.22
S3																	

Toutefois, il est possible d'établir quatre groupes de microhabitats en fonction d'un ordre décroissant des indices de similitude.

Le premier groupe renferme les microhabitats où l'indice J est supérieur à 30%, il s'agit des microhabitats L3-L4, R1-R3, R2-L4, L2-S3, R1-L1, M4-L4, L1-S1 et R3-L3.

Un deuxième groupe englobe la majorité des microhabitats avec moins de 30 % de ressemblance entre les peuplements. Par ailleurs, l'indice affiche des valeurs nulles entre treize microhabitats différents.

Le microhabitat R\*1 se marginalise par sa composition, il présente les valeurs les plus faibles ne dépassant pas les 15% et avec sept indices de valeurs égales à zéro.

Ceci montre que ces microhabitats abritent des faunes relativement différentes de part leurs compositions.

En terme de cette analyse de l'indice de similitude, il apparaît clairement que les microhabitats présentent des compositions taxonomiques très diverses, pouvant ainsi refléter une bonne microdistribution des taxons. Cette microdistribution est dépendante à la fois de la diversité des habitats dans l'espace mais également dans le temps.

### **2. 3. Traitement statistique des données**

Les analyses multivariées sont des méthodes statistiques qui sont utilisées avec succès dans différents types de peuplements notamment les peuplements des cours d'eaux. Elle a pour but de mettre au point la biotypologie des peuplements de la macrofaune benthique.

Dans ce travail, deux méthodes sont combinées l'analyse factorielle des correspondances (AFC) permet de dégager les particularités de certains taxons et la classification ascendante hiérarchique (CAH) est utilisée pour déterminer les entités coenotiques.

#### **2.3.1. Analyses multivariées**

##### **2.3.1.1. Analyse de la matrice de répartition spatio-temporelle des abondances**

Le traitement des données acquis par l'AFC nécessite l'établissement d'un tableau binaire croisé de 29 taxons x 26 dates de prélèvements où l'élément de base est l'effectif total du taxon *i* récolté dans chaque station (Annexe IV). L'effectif total est la somme des individus récoltés dans l'ensemble des microhabitats, il reflète le comportement d'occupation du taxon *i* dans l'espace (= station) et dans le temps (= dates de prélèvements).

Seule la distribution des points lignes et colonnes sur le plan F1xF2 (Fig. 36) est retenu, représentant une inertie totale de 51,2% avec 28,4% sur l'axe 1 et 22,8 sur l'axe 2. La station amont C1 s'écarte des autres stations qui restent très concentrées au centre du plan. Sur le côté négatif s'écartent les prélèvements du mois de mars et du mois de mai et sur le côté positif, s'isole le prélèvement C1NOV. Ceci est dû aux taxons existants au niveau de ces prélèvements. Sept taxons majeurs sont les plus abondants mais de distributions variables. Les Physidae, les Baetidae, les Simuliidae, les Daphnidae et les Tanypodinae se



---

retrouvent beaucoup plus en aval alors que les Gammaridae, point de coordonnée positif qui construit l'axe 2, est le taxon majeur dans la station amont C1. Il marque principalement sa forte contribution au niveau des prélèvements effectués au des mois de mars et mai où son effectif atteint respectivement 92 et 72% du peuplement récolté.

Ces taxons, en plus de celui des Ecnomidae, sont de coordonnées positives sur l'axe 1 et s'opposent aux 22 taxons restants. Ces derniers présentent soit des abondances soit des occurrences plus faibles.

Ainsi, le plan F1xF2 ségrège le peuplement macrobenthique en deux groupes, le premier de faibles fréquences d'occurrence et d'abondance mais avec un plus grand nombre de taxons situé sur le coté négatif de l'axe 1 et le second avec un plus faible contingent de taxons nettement supérieurs aussi bien en nombre qu'en occurrence.

Les points taxons se répartissent sur l'axe selon un gradient croissant d'abondance et d'occurrence des taxons. Alors que l'axe 2 marginalise le taxon Gammaridae. Ce type de distribution où un grand nombre de points se rapprochent montre clairement une répartition différente des taxons dans l'espace et dans le temps.

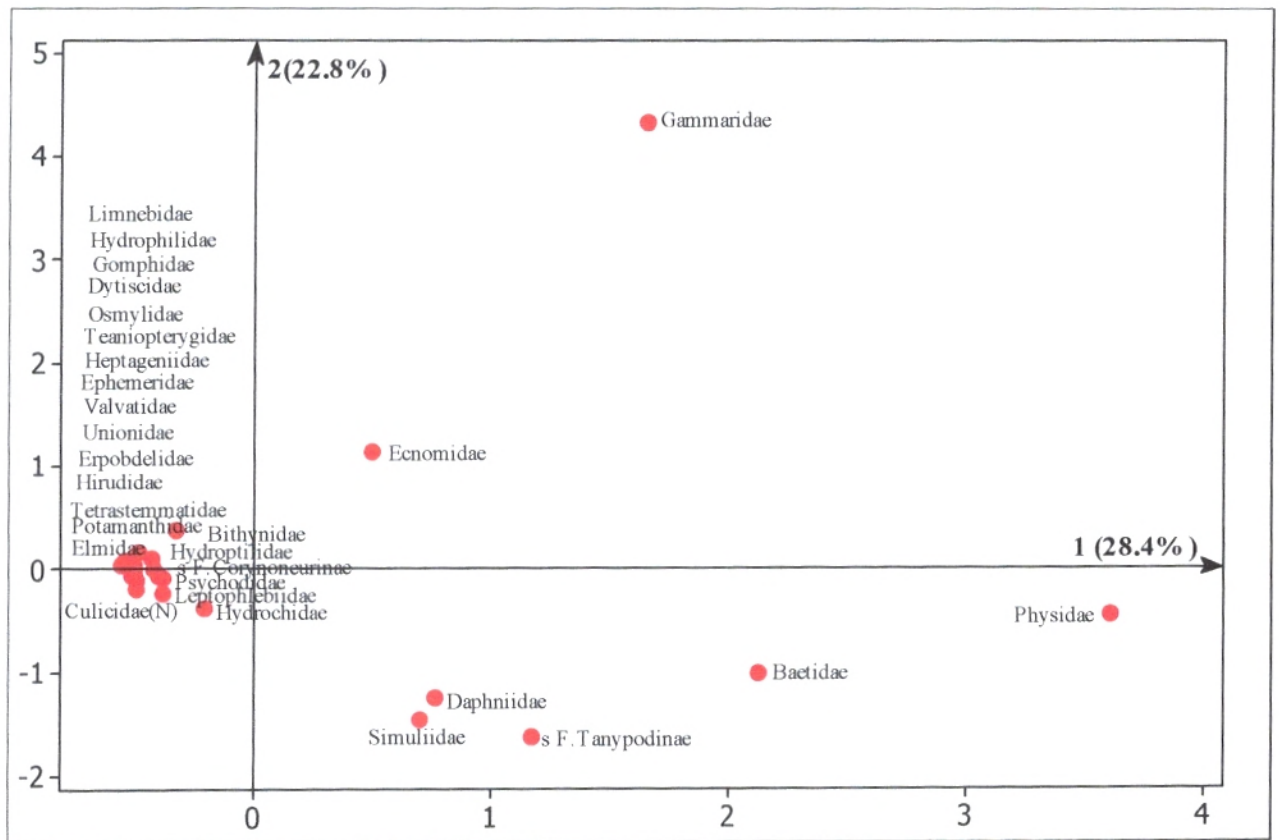
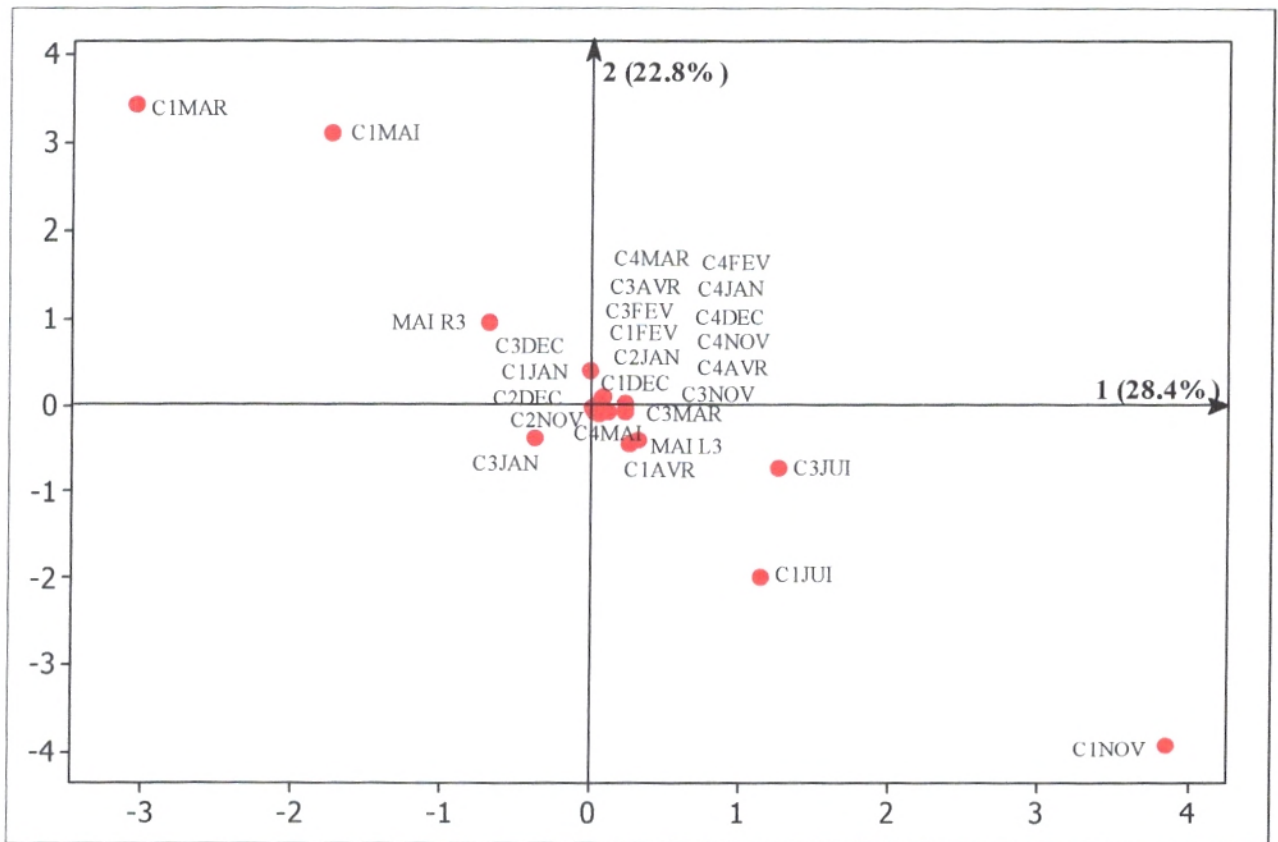


Figure 36 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel F1x2 appliquée à la matrice des abondances des taxons par station



### 2.3.1.2. Analyse de la matrice de répartition des abondances des taxons dans les différents microhabitats.

Le traitement des données acquis pour la réalisation de l'AFC nécessite l'établissement d'un tableau binaire des vingt-neuf taxons récoltés x les 26 prélèvements effectués dans les différents microhabitats individualisés dans les quatre stations d'étude et pour huit mois de suivi.

L'élément d'analyse dans notre cas est l'abondance (nombre d'individus récoltés) de chaque taxon dans chaque microhabitat ; tous les prélèvements sont pris en compte et reflètent le comportement d'occupation du taxon dans chaque microhabitat où il vit. Nous disposons ainsi d'une matrice à deux dimensions, élaborée de deux manières à partir du profil temporel mais également spatial.

Les deux premiers axes de l'ordre de 20,51% ; avec l'axe F1 (10,5%) et l'axe F2 (10%) sont retenus et traduits par la figure 37.

L'organisation des taxons suivant l'axe 1 montrent deux groupes, un premier groupe avec quatre taxons, situé sur le côté négatif et le second avec cinq taxons sur le côté positif. Les Gammaridae, les Heptageniidae, les Gomphidae et les Ecnomidae, de coordonnées négatives, contribuent à la construction de cet axe, ils s'opposent aux taxons de coordonnées positives, avec les plus fortes contributions (les Tanyptodinae, les Hydrochidae, les Valvatidae, les Leptophlebiidae et les Culicidae). La contribution de ces taxons est liée à deux groupes de microhabitats. Les microhabitats à courant lent de la station C1 prospectée durant les mois de janvier et février, de coordonnées négatives, marqués par la dominance des Gammaridae, des Heptageniidae, des Gomphidae et des Ecnomidae. Les taxons de coordonnées positives sont essentiellement reliés à différents microhabitats (courant rapide des stations C2 et C4, courant moyen de la station C4 et le milieu stagnant de la station C2 et le courant lent de la station C3).

Sur l'axe 2, le microhabitat à courant rapide du mois de novembre, du côté négatif, s'écarte considérablement des autres points, son inertie atteint les 25% et sa contribution élevée se justifie essentiellement par la présence et l'abondance des Hirudidae, des Psychodidae et des Elmidae. Ce point s'oppose aux microhabitats à courant rapide de la même station mais prospectés au cours des mois de janvier et février. Ces derniers sont marqués par la dominance de six taxons (les Erpobdellidae, les Baetidae, les Dytiscidae, les Simuliidae, les

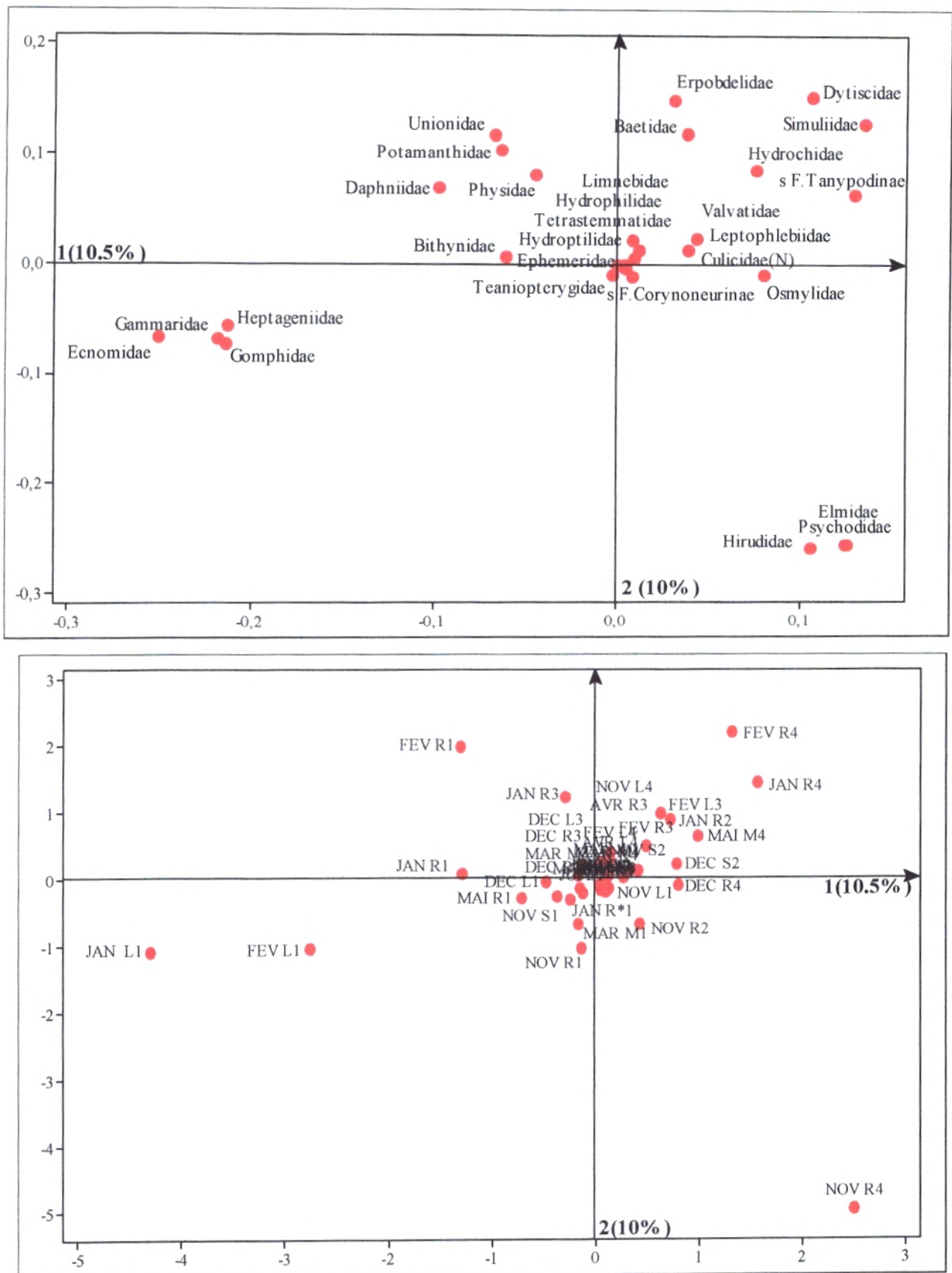


Figure 37 : Plan factoriel F1xF2 de la matrice de répartition des abondances des taxons par microhabitats (lignes et colonnes juxtaposés).



Le groupement G1 est représentatif de la station C1 car il englobe sept sur les huit prélèvements effectués dans celle-ci. Deux groupes restent mitigés, le groupe G2 est représenté en majorité par les mois de mars, avril et mai alors que le groupe G4 renferme le plus souvent les mois les plus froids novembre, décembre, janvier et février. Le groupement G3 s'individualise par les prélèvements effectués dans la station C3 au cours des mois de janvier, février et juin.

La classification ascendante hiérarchique appliquée aux taxons à partir de la même matrice que la précédente permet d'obtenir les groupements coenotiques. Le dendrogramme obtenu (Fig. 39) montre trois groupes à répartition inégale des taxons alors que le taxon des

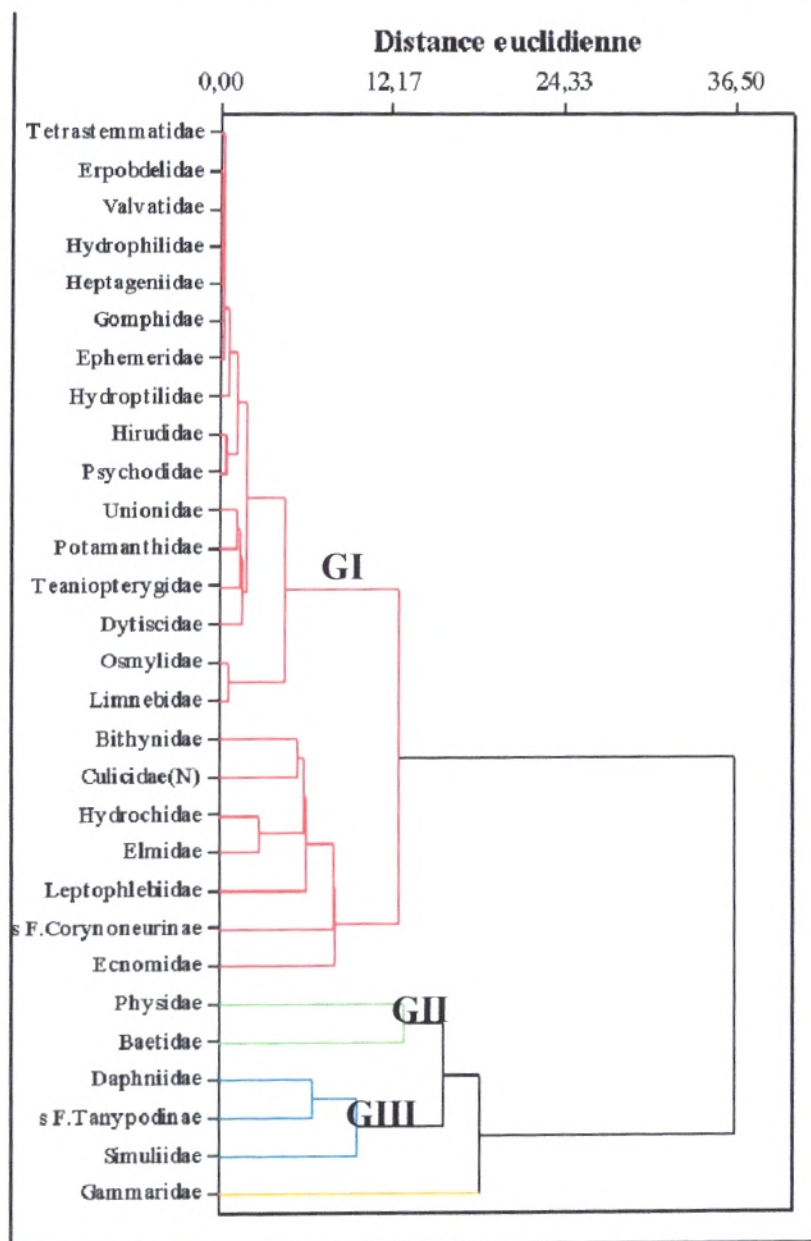


Figure 39 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons récoltés par station

Gammaridae reste isolé et met en évidence sa forte particularité bionomique. Le nombre de taxons varie d'un groupement à un autre allant de 23 taxons dans le groupement GI à 2 taxons dans le groupement GII. Ce dernier regroupe les Physidae et les Baetidae particulièrement dominants dans la station C3 et coïncidant de ce fait avec le groupe G3.

Le groupement GIII renferme seulement trois taxons les Daphnidae, les Tanypodinae et les Simuliidae retrouvés en grand nombre dans le groupe G4. Les Gammaridae caractérisent principalement les prélèvements de la station C1 autrement dit du groupe G1.

Le groupement GI englobe une majorité de taxons très ponctuels retrouvés dans seulement un à trois prélèvements. Il peut être subdivisé en deux sous-groupes le premier avec 16 taxons caractérisés par les plus faibles effectifs et de très faibles fréquences alors que le deuxième sous-groupe est représenté par sept taxons qui restent très localisés dans l'espace et dans le temps mais présente des effectifs relativement élevés.

Les groupements de taxons sont donc définis en fonction de deux critères principaux l'abondance et la fréquence. La CAH laisse apparaître clairement six taxons les plus dominants à savoir les Gammaridae, les Physidae, les Baetidae, les Daphnidae, les Simuliidae et les Tanypodinae. Sept taxons à fréquence faible mais à abondance moyenne, il s'agit des Bithynidae, des Culicidae, des Hydrochidae, des Elmidae, des Leptophlebidae, des Ecnomidae et des Coryneurinae. Le reste, soit seize taxons, constitue un assemblage de taxons de dominance et d'occurrence faibles.

Ces résultats corroborent avec ceux des modèles de distribution d'abondance de Motomura et de Mac Arthur précédemment établis.

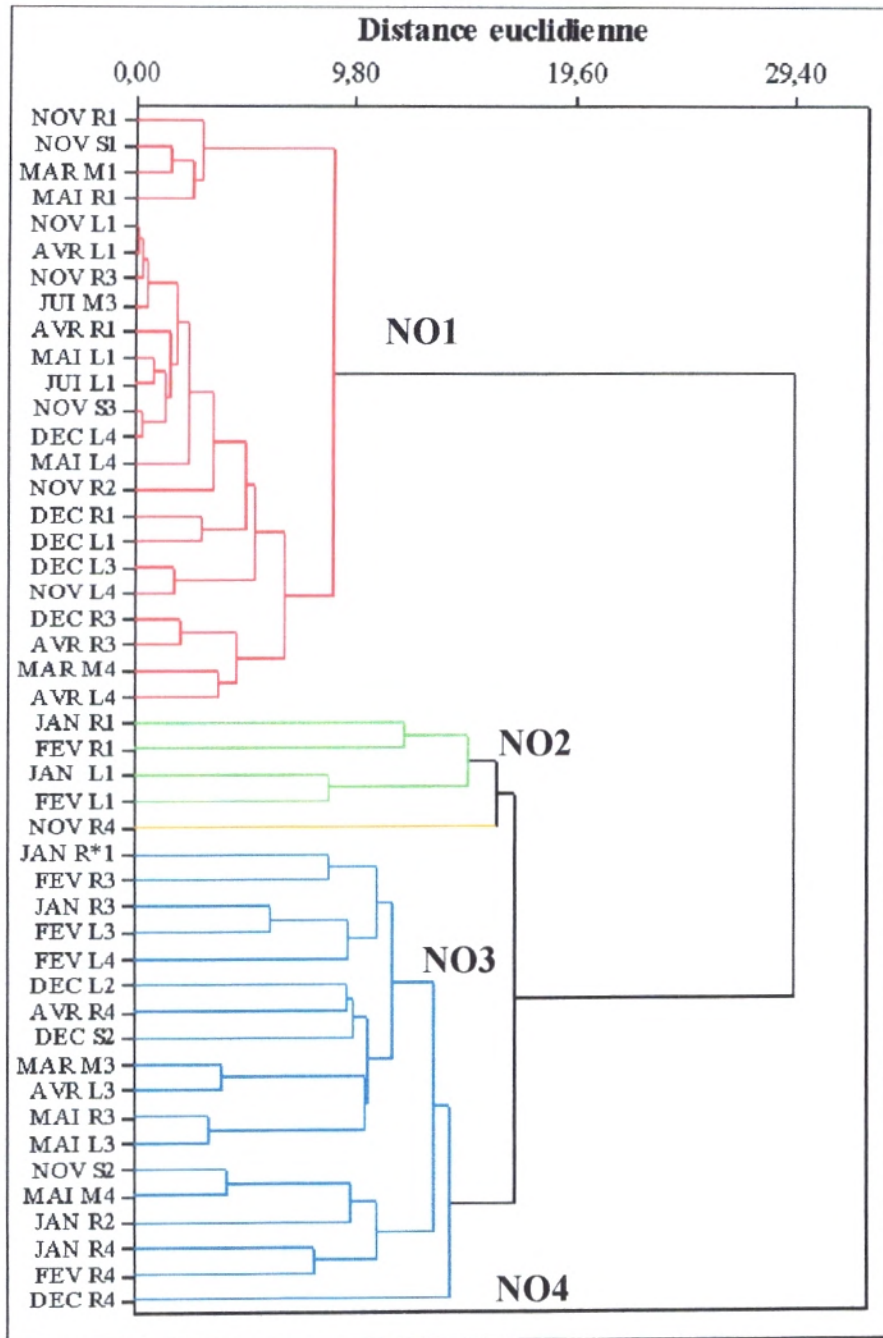
### **2.3.2.2. Détermination des entités coenotiques par microhabitat**

Dans ce travail, la CAH a été réalisée en utilisant les abondances en tant que terme général de la matrice binaire établie pour chaque microhabitat individualisé dans les quatre stations et au cours de 26 prospections. L'analyse est donc exécutée sur 29 taxons et 26 microhabitats différents ; même matrice que celle utilisée pour l'analyse de l'AFC (Annexe VI).

Le dendrogramme (Fig. 40) obtenu à partir de la CAH appliquée sur les microhabitats montre quatre noyaux avec un maximum de 18 microhabitats et un minimum de quatre microhabitats. Le microhabitat NOVR1 s'écarte formant à lui tout seul une entité.



Le classement des noyaux en fonction d'un gradient croissant du nombre de microhabitats fait apparaitre en premier lieu quatre microhabitats qui constituent le noyau NO1, et qui appartiennent à la station la plus amont représentant trois types de microhabitats individualisés (rapide, moyen et stagnant) au cours des mois de novembre, mars et mai.



**Figure 40 : Dendrogramme obtenu à partir de la CAH appliquée aux 46 microhabitats individualisés dans quatre stations et durant la période de novembre à juin 2008 dans l'oued Chouly.**

Le noyau NO3 avec également quatre microhabitats correspondant aux microhabitats à courants rapide et lent identifiés dans la station C1 au cours des mois de janvier et février. Ces microhabitats sont fortement caractérisés par un ou plusieurs taxons.

Le quatrième noyau NO4, composé de 18 microhabitats différents de part le type de courant mais ils se caractérisent par des effectifs relativement élevés. Ce sont les microhabitats les plus peuplés. Contrairement au premier noyau NO1 qui comprend 19 microhabitats marqués par des effectifs nettement plus faibles.

La distribution des abondances différent ainsi selon quatre types de microhabitats. Cette distribution s'explique également par l'analyse du dendrogramme (Fig. 41) issu de la CAH adoptée pour les taxons.

Ce dendrogramme fait apparaître six noyaux (notés NE1 à NE 6) dont les constituants ont des caractéristiques différentes. Le nombre d'espèces par noyaux varie entre deux et six taxons. Les assemblages en groupes semblent être en relation avec la dominance des taxons dans tel ou tel microhabitat. Ainsi les noyaux NE1, NE2 et NE3 renferment les taxons présents de l'amont vers l'aval. Le noyau NE1 est représenté par cinq taxons présents en faibles effectifs de manière très mitigée dans les différents microhabitats. Le noyau NE2 contient les taxons existants dans les microhabitats des trois stations les plus an aval, avec de très faibles effectifs. Ce groupement de cinq taxons se retrouvent dans les courants rapides et lents dans deux stations avales C3 et C4.

Alors que le noyau NE4 renferme les taxons à large répartition dans les microhabitats le long du cours d'eau mais qui se retrouvent inégalement dans différents microhabitats. Les Daphniidae, les Baetidae et les physidae sont les plus communs dans les microhabitats.

Le noyau NE5 englobe les taxons nettement plus dominants dans les microhabitats de la station amont C1, il s'agit des Gammaridae, des Heptageniidae, des Ecnomidae et des Gomphidae. . Ce groupement se caractérise par des taxons qui recherchent des eaux fraîches, bien oxygénées, claires et très peu chargées en éléments ioniques.

Les noyaux NE4 à NE6 correspondent au assemblage de deux à trois taxons qui prédominent dans un seul type de microhabitat. Ainsi, les Osmylidae et les Lemnebiidae n'ont été retrouvés que dans un microhabitat d'eau à courant rapide au cours du mois de décembre dans la station C4. C'est dans cette même station que les Hurididae, les Elmidae



et les Psychodidae pullulent essentiellement dans le microhabitat à courant rapide individualisé au cours du mois de novembre.

La CAH a permis ainsi de dégager la particularité des taxons en fonction de leurs micro distribution dans les différents microhabitats.

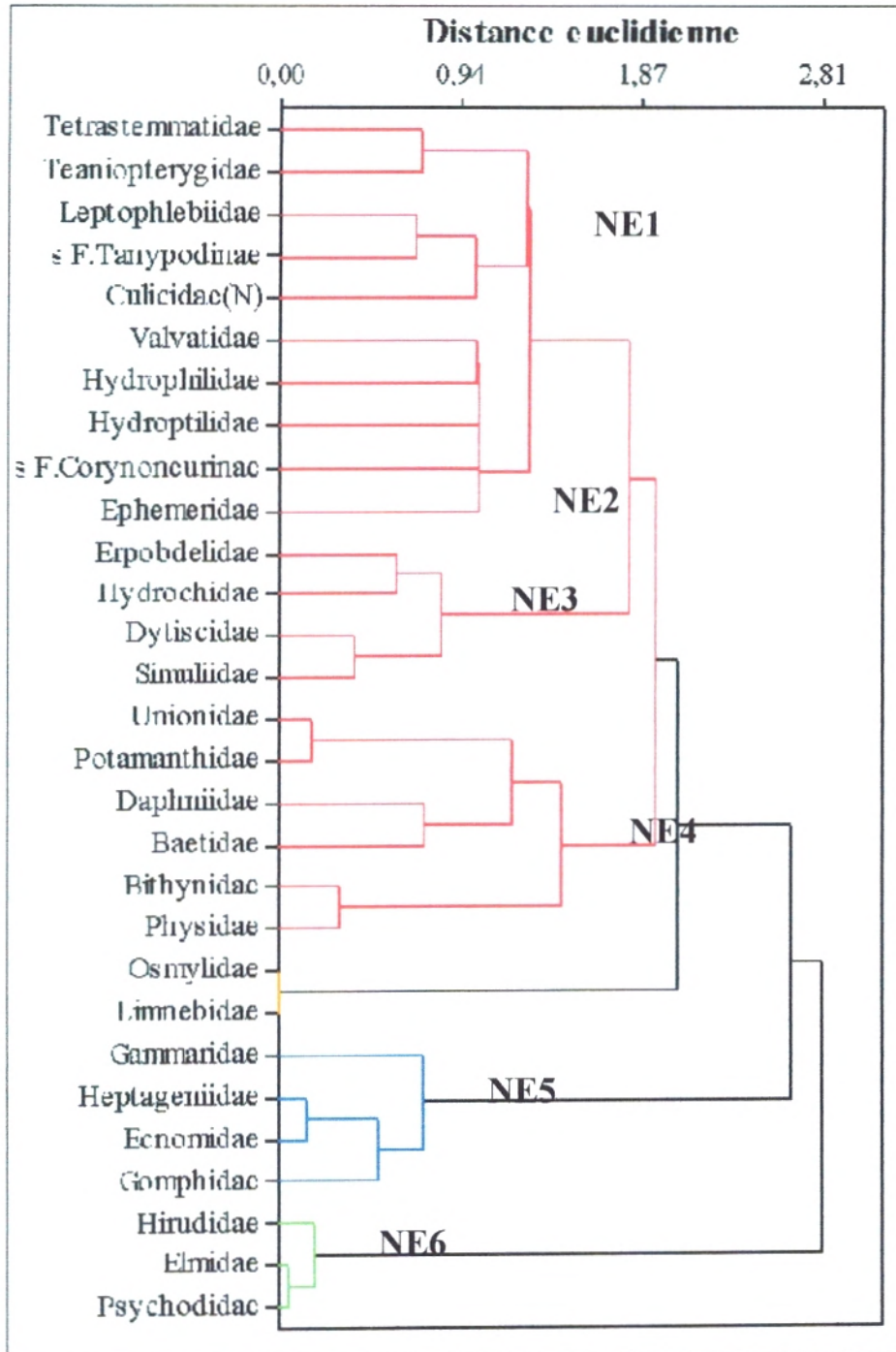


Figure 41 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux taxons récoltés par microhabitat

### 3. Résultats de l'analyse biologique de la qualité de l'eau

#### 3.1. Indice Biologique Global Normalisé

Les résultats de l'estimation des IBGN, pour les quatre stations d'étude sont consignés dans le tableau suivant.

**Tableau 12 : Estimation des IBGN pour les quatre stations**

	Station C1	Station C2	Station C3	Station C4
<b>Variété taxonomique (Vt)</b>	16	10	14	17
<b>Groupe indicateur (Gi)</b>	<b>Taeniopterygidae (9)</b>			<b>Leptophlebiidae (7)</b>
<b>IBGN</b>	13	12	13	12
<b>Couleur indicatrice</b>	Vert	Jaune	Vert	Jaune
<b>Qualité de l'eau</b>	Bonne	Passable	Bonne	Passable

Les valeurs de l'IBGN présentent très peu de variations d'une station à une autre puisqu'elles sont de 12 dans les stations C2 et C4 et de 13 dans les stations C1 et C3. Bien que la richesse taxonomique est la plus élevée dans la station C4, l'IBGN s'affaiblit en raison de la présence du groupe indicateur des Leptophlebiidae contrairement aux trois autres stations.

Si le groupe indicateur montre une bonne corrélation avec la qualité physico-chimique de l'eau pour les paramètres de pollution classique à dominante organique, la richesse faunistique est bien corrélée avec la nature des habitats quand la qualité de l'eau n'est pas limitante. Partant de là, la station C4 offrirait plus de microhabitats mais serait soumise à des perturbations de nature organique.

Les stations C1 et C3 se présentent avec une bonne qualité des eaux justifiée par la présence du groupe indicateur des Taeniopterygidae combinée à une richesse faunistique moins importante que dans la station C4. Dans ces stations, la pollution organique et la qualité physico-chimique de l'eau sont moins importantes, en revanche les habitats sont moins diversifiés.

La station C2 affiche une valeur de 12, ce qui signifie une qualité des eaux moyennes ou passables. Cette valeur peut être expliquée par des cycles biologiques des invertébrés



benthiques écourtés et des changements de l'habitabilité du site, la période de mouille dans cette station s'est limitée à trois mois.

Les résultats obtenus durant la période d'étude et dans les quatre stations du Chouly permettraient de retenir une qualité des eaux bonne à passable. En raison de la présence du groupe indicateur (9) dans les trois stations en amont, nous pouvons avancer que les perturbations semblent situées seulement dans la partie aval, une quantité de matière nutritive plus importante est annotée. Ces perturbations sont légères et la qualité moyenne des eaux ne semble pas limitante, le peuplement reste diversifié grâce à la disponibilité de microhabitats variés.

Ces résultats corroborent parfaitement avec les indices de diversité calculés précédemment. L'IBGN permet d'affirmer que la baisse de la richesse spécifique et de la diversité, dans les stations C1, C2 et C3 n'est pas reliée à des pollutions organiques importantes mais beaucoup plus à l'hétérogénéité des habitats disponibles dans chaque station et à l'évolution dans le temps. Cependant, dans la station C4, la pollution organique est plus manifeste mais compensée par des microhabitats plus variés.

En terme de cette analyse, nous pouvons conclure que dans l'ensemble, l'oued Chouly présente une bonne qualité biologique.

### 3.2. Indice EPT

Le tableau 13 montre une baisse de trois unités de l'indice EPT entre la station C2 et les stations C1 et C3 et de deux unités entre celle-ci et la station C4. L'indice EPT atteint la valeur maximale de 5. La station C2 est la moins colonisée par les groupes d'organismes considérés sensibles à la pollution tels les Ephéméroptères, les Plécoptères et les Trichoptères. De plus, ces organismes sont peu diversifiés, les unités sont inférieures à 5. L'indice EPT est le même dans les stations C1 et C3 et nettement plus bas dans la station C2. Le classement retenu est le suivant :  $C1 = C3 > C4 > C2$ .

**Tableau 13 : Résultats de l'indice EPT dans les quatre stations**

	<b>Ephéméroptères</b>	<b>Plécoptères</b>	<b>Trichoptères</b>	<b>EPT</b>	<b>Observation</b>
<b>Station C1</b>	3	1	1	5	-
<b>Station C2</b>	1	1	0	2	+

<b>Station C3</b>	2	1	2	5	-
<b>Station C4</b>	2	0	2	4	-

Ces résultats, en concordance avec ceux des IBGN, montrent que les stations C1 et C3 sont les moins perturbées suivies par la station C4, la station C2 est en situation nettement plus sévère, une situation qui pourrait être reliée à la période d'échantillonnage écourtée en raison de l'assèchement précoce du tronçon.

En écartant la station C2, l'indice EPT augmente de l'aval en amont. Les valeurs obtenus expliquent en partie la bonne qualité des eaux dans les stations C1 et C3 et la qualité moyenne dans la station C4.

Les groupes sensibles à la pollution ne sont certes pas nombreux le long de l'oued Chouly, mais certains groupes semblent persister reflétant ainsi des perturbations modérées, une pollution organique liée aux rejets d'eaux usées, à des pratiques agricoles.

### 3.3. Rapport EPT/Chironomes

L'indice EPT est souvent relié au rapport EPT/Chironomes qui restent complémentaires, pour cela nous avons calculé ce rapport pour l'ensemble des stations, les résultats sont consignés dans le tableau 14. Pour bien apprécier l'importance de ce groupe, nous avons estimé également ses proportions par rapport à la taille de chaque collection récoltée.

**Tableau 14 : Importance des Chironomes dans les quatre stations**

	N	Nombre d'individus (Chironomes)	Importance des Chironomes (%)	Nombre d'individus $\Sigma$ (EPT)	Rapport EPT/Chironomes	Obs.
<b>Station C1</b>	5232	12	0,23	1494	124	-
<b>Station C2</b>	732	220	30,05	78	0,35	+
<b>Station C3</b>	2122	175	8,25	1112	6,35	-
<b>Station C4</b>	2349	292	12,43	539	1,84	-

Les Chironomes représentent seulement 6,69% de la collection totale récoltée dans les quatre stations, à partir de 26 prélèvements étalés sur huit mois d'étude.

Ces proportions varient également d'une station à une autre. Assez considérables, ils représentent 30% de la faune récoltée dans la station C2. Ils sont infimes dans la station C1



avec seulement 0,23%. Leurs proportions augmentent en allant vers l'aval, elle atteint un taux de 12,43 dans la station C4 passant par la station C3 où ces insectes se présentent avec un peu plus de 8%.

Ces résultats (Tab. 14) corroborent parfaitement avec ceux de l'indice EPT et de l'IBGN ; le classement des stations reste conforme soit : **C1 > C3 > C4 > C2**.

Le rapport atteint une valeur maximale et très élevée de 124 dans la station C2. Il passe à une valeur de 6.35 dans la station C3 et aux plus faibles valeurs dans les stations C4 et C2. Ainsi, la station C1 se marginalise des trois autres stations situées en aval, les trois groupes les plus sensibles à la pollution sont nettement plus dominants comparativement à celui des Chironomidae considéré comme des indicateurs de pollution où seuls douze individus sont récoltés.

Dans les stations C3 et C4, la présence des Chironomidae est simultanée à celle du groupe EPT où ce dernier l'emporte largement principalement dans la station C3. Dans la station située le plus en aval, la proportion des indicateurs de pollution augmente mais les organismes sensibles persistent avec des effectifs plus élevés.

La bonne qualité des eaux des stations C1 et C3 coïncide avec les valeurs les plus faibles du rapport EPT/C. Les chironomes restent négligeables dans ces stations comparativement à celle située le plus en aval.

### 3.4. L'indice composite benthique (ICB)

Le tableau 15 présente les valeurs des différentes variables constituant l'indice composite benthique calculées pour les quatre stations, après normalisation. La station C1 est retenue comme station de référence.

**Tableau 15 : Valeurs de l'indice composite benthique (ICB) dans les quatre stations**

Indices	Richesse taxonomique	EPT	Rapport EPT/Chironomes	IBGN	H'	Oligochètes	ICB
<b>Station C1</b>	0,88	1,00	1,00	0,62	0,77	0	4,27
<b>Station C2</b>	0,61	0,4	0,002	1,00	0,85	0	2,86
<b>Station C3</b>	0,83	1,00	0,05	0,66	0,71	0	3,25
<b>Station C4</b>	1,00	0,8	0,01	0,80	1,00	0	3,61

L'impact se répercute en amont, au niveau de la station C2 où l'ICB atteint son plus bas niveau avec 2,86 unités, suivie par la station C3 avec 3,25 unités.

La communauté benthique demeure affectée dans l'ensemble des stations. Le pourcentage des Oligochètes est nul, ce qui réduit considérablement les indices.

Le milieu récupéré est la station C4 où l'ICB atteint une valeur maximale de 3,61 unités, qui confère à cette station une intégrité biotique proche de celle obtenue dans la station C1 de référence qui affiche un ICB de 4,27.

La communauté benthique de la station C4 est plus diversifiée et amplement représentée par les organismes sensibles à la pollution.

En l'absence des valeurs de références de qualité du milieu, les valeurs de l'indice ICB des stations C1 et C4 auraient pu être considérées comme les valeurs cibles à atteindre en termes de récupération du cours d'eau, la première de par la qualité de son eau et la seconde pour la diversité de ses habitats. Malheureusement cette dernière a subi des aménagements considérables.

Le classement des stations selon l'ICB à savoir  $C1 > C4 > C3 > C2$ , se rapproche beaucoup plus de ceux établis à partir des descripteurs de la structure du peuplement précédemment étudiés, contrairement aux trois précédents indices biologiques.

### **3. 5. Corrélations entre les indicateurs**

Douze indicateurs ont été utilisés lors de cette étude dont sept sont des indicateurs de diversité et cinq des indicateurs biologiques. Les premiers tiennent compte de la richesse taxonomique globale et de l'abondance des taxons et les seconds donnent beaucoup plus d'importance aux taxons sensibles à la pollution.

Chacun des indicateurs nous a offert un classement des stations, ces classements étaient parfois similaires et dans d'autres complètement opposés. Afin de tenter de faire la part entre les indicateurs de diversité et les indices biologiques, nous les avons confrontés à travers une analyse de corrélation de Pearson, les résultats sont consignés dans le tableau 16, associée à une analyse ascendante hiérarchique de la matrice des indices estimés pour les quatre stations d'étude. Le dendrogramme issu de la CAH est illustré dans la figure 42.



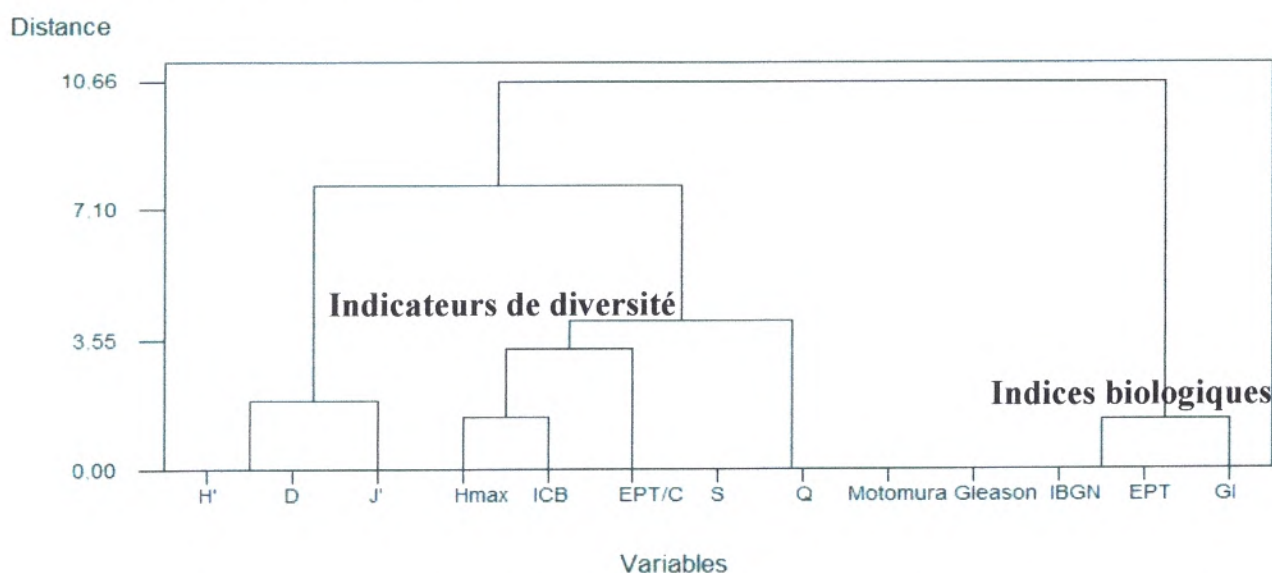
**Tableau 16 : Corrélations obtenues entre les indicateurs de diversité et les indices biologiques.**

	T	H'	Hmax	D	J'	Q	Motomura	Gleason	IBGN	EPT	EPT/C	
H'	0,4											Indicateurs de diversité
Hmax	0,8	0,8										
D	0,4	1	0,8									
J'	-0,2	0,8	0,4	0,8								
Q	1	0,4	0,8	0,4	-0,2							
Motomura	1	0,4	0,8	0,4	-0,2	1						
Gleason	1	0,4	0,8	0,4	-0,2	1	1					
IBGN	0	-0,89	-0,44	-0,89	-0,89	0	0	0				Indices biologiques
EPT	0	-0,89	-0,44	-0,89	-0,89	0	0	0	1			
EPT/C	0,4	-0,6	0	-0,6	-0,8	0,4	0,4	0,4	0,89	0,89		
ICB	0,6	0,4	0,8	0,4	0,2	0,6	0,6	0,6	0	0	0,4	

La richesse taxonomique (T) apparait significativement corrélée avec les trois indicateurs de diversité (l'indice de Gleason, l'indice de Motomura et l'indice de Qinghong).

La diversité H' de Shannon Wiener, corrélée positivement à l'indice de Simpson D et l'équitabilité J', s'avère négativement corrélée avec les indices biologiques IBGN et EPT.

Les indices Q, de motomura et de Gleason ne présentent pas de relations avec les indices biologiques à l'exception de l'indice ICB qui se rapproche de ces derniers avec un coefficient de corrélation de 0,6.



**Figure 42 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux indicateurs de diversité et aux indices biologiques estimés pour les quatre stations**

Le dendrogramme met en évidence quatre groupes d'indicateurs. Le premier groupe englobe les trois indices  $H'$ ,  $D$  de Simpson et  $L'$  l'équitabilité de Pielou  $J'$ , les plus utilisés lors de la description de la structure des peuplement mais qui semble offrir un même résultat.

Le deuxième groupe renferme la richesse taxonomique et les indicateurs de diversité  $Q$ , Motomura et Gleason. Ces indicateurs sont dépendants directement de la richesse taxonomique et traduisent un même résultat.

Les deux indices biologiques IBGN et EPT sont également significativement corrélés et forment un troisième groupe. Les trois indices restants sont la diversité maximale, l'indice ICB et l'indice EPT/C qui constitue un quatrième groupe mais avec quelques petites différences.

Ainsi, cette analyse de corrélation à plusieurs critères d'évaluations de la structure du peuplement de macroinvertébrés a permis de mettre en évidence que les indices utilisés ne donnent pas toujours un même résultat. Les indicateurs de diversité ont montré que les peuplements les mieux structurés se situés au niveau de la station C4 alors que les études des indicateurs biologiques ont clairement mis en évidence le peuplement de la station C1 comme le moins perturbé. C'est l'indice ICB, lui-même résultat d'intégration de ces indicateurs biologiques qui est le mieux corrélé aux indicateurs de diversité.

A ce stade d'étude, la richesse taxonomique, l'indice de diversité  $H'$ , l'indice  $Q$ , l'IBGN et l'ICB pourraient constituer les meilleurs indicateurs pour la description de la structure et l'organisation des peuplements macrobenthiques.

#### **4. Approche fonctionnelle du peuplement**

L'étude de l'organisation trophique des peuplements benthiques a pour but d'apporter des éléments supplémentaires à la structure fonctionnelle de l'écosystème étudié (CHAOUTI et al., 2001). Par leurs comportements trophiques, l'exclusion compétitive est probable, ainsi, certaines espèces peuvent exclure du milieu d'autres espèces (Barbault, 1992).



#### 4.1. Pyramide des nombres

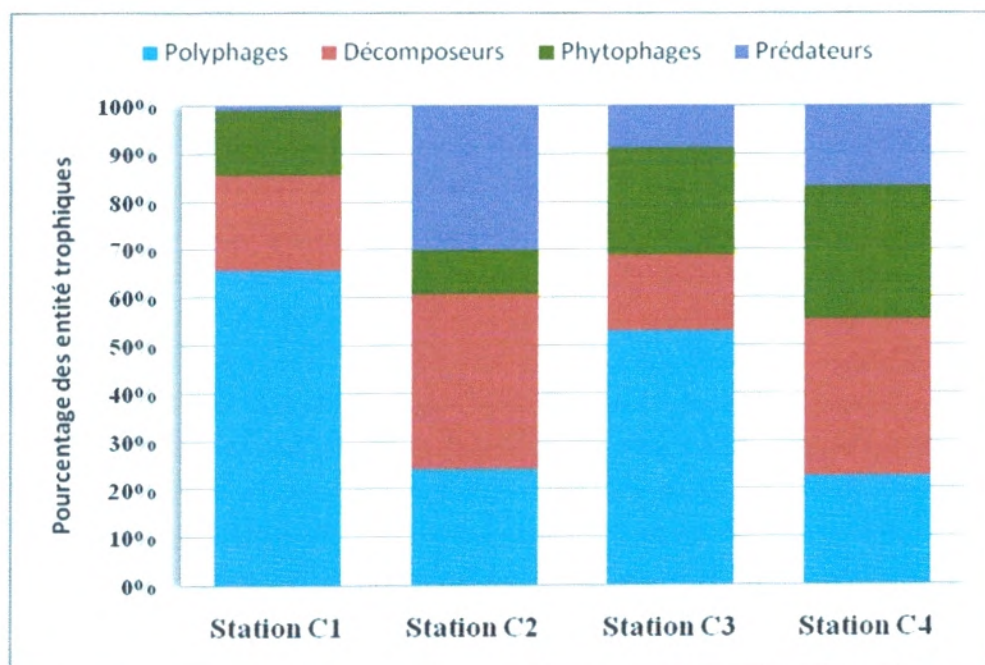
Elle constitue l'approche la plus simple pour étudier la structure trophique d'un peuplement. Le tableau 17 présente le nombre total d'individus pour chaque niveau trophique dans les quatre stations.

**Tableau 17 : Résultats des niveaux trophiques dans les quatre stations.**

	Station C1	Station C2	Station C3	Station C4	Chouly
<b>Carnivores</b>	59	220	191	396	866
<b>Polyphages</b>	3441	178	1123	535	5277
<b>Phytophages</b>	696	67	470	652	1885
<b>Détritivores</b>	1036	267	338	766	2407

La figure 43 est conçue pour mettre en évidence les proportions de chaque entité trophique dans chaque station.

Les quatre entités trophiques sont présentes dans les quatre stations d'étude mais avec des proportions différentes. Les décomposeurs englobent les détritivores et les nécrophages.



**Figure 43 : Importance des entités fonctionnelles dans les quatre stations.**

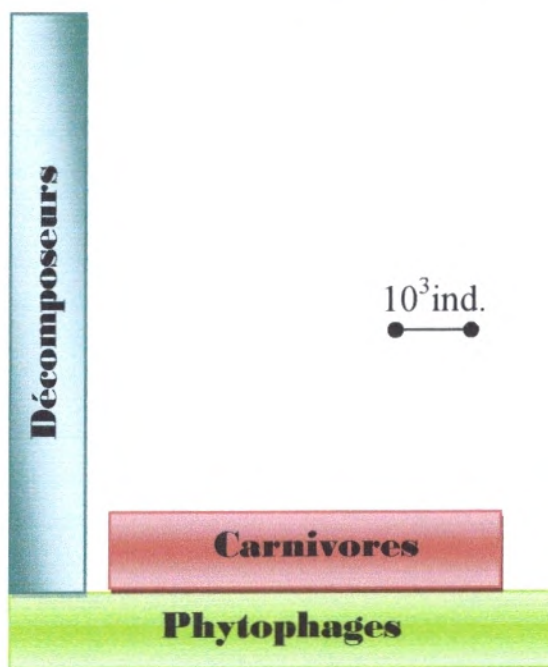
Dans la station C1, les polyphages dominent, suivis par les décomposeurs puis les phytophages, les carnivores affichent un faible pourcentage. Contrairement à la station C2, où ces derniers atteignent plus de 30%, se positionnant juste après les détritivores. Les phytophages semblent limités dans leur abondance.

Un autre scénario s'affiche pour la station C3, où nous notons la succession de l'abondance des polyphages, des phytophages, des décomposeurs puis des carnivores. Dans la station C4, les quatre entités apparaissent d'importances relativement équilibrées, les pourcentages sont compris entre un minimum de 16% pour les carnivores et un maximum de 32% pour les décomposeurs.

Pour l'ensemble des stations du Chouly, le classement suivant peut être : Polyphages > Décomposeurs > Phytophages > Carnivores.

Les polyphages et les détritivores constituent plus de 73% de la collection totale. Les phytophages sont présents avec 23%, suivis par les carnivores avec un peu plus de 18%.

Ces mêmes résultats sont traduits par la figure 44 qui présente les réseaux trophiques sous forme d'une pyramide des nombres. Cette schématisation des liens trophiques tient compte essentiellement de trois niveaux : phytophages, carnivores et décomposeurs, les polyphages sont comptabilisés dans ces trois principaux niveaux.



**Figure 44 : Pyramide des nombres des consommateurs pour les trois catégories générales du réseau trophique établie pour la collection du macrobenthos récoltée dans l'oued Chouly.**



Elle laisse apparaître une pyramide ascendante, dans laquelle les phytophages se caractérisent par la base la plus large comparativement à celle des carnivores.

#### **4.2. Structure trophique en fonction des microhabitats**

L'étude quantitative des réseaux trophiques a pour premier objet d'établir le nombre et le degré de relations existant entre les divers taxons qui les composent. On constate de façon générale que le réseau trophique d'un peuplement pris dans son ensemble est compartimenté, chacun des compartiments traduisant les relations entre les taxons propres à un habitat donné de l'écosystème étudié.

Il existe une relation directe entre le nombre de taxons constituant les réseaux trophiques d'un peuplement, l'intensité des relations trophiques reliant ces derniers et le degré de développement d'un écosystème (RAMADE, 2003).

Le réseau trophique propre à l'ensemble de la biocénose peut être figuré en réunissant dans un schéma théorique général les grands catégories de réseau trophiques spécialisés qu'elle comporte : ceux des consommateurs, ceux des détritivores et ceux des prédateurs.

La figure 45 présente la distribution des guildes trophiques des taxons récoltés dans l'ensemble des microhabitats pour les quatre stations.

Dans chaque guildes trophiques, nous avons les taxons qui sont présents dans tous les microhabitats jusqu'aux taxons qui sont présents dans un seul microhabitat.

Le classement des guildes trophiques selon le nombre de taxons qu'ils les constituent est : Polyphages > Prédateurs > Détritivores > Phytophages.

# CONCLUSION GENERALE



## CONCLUSION GÉNÉRALE

L'étude de la dynamique spatio-temporelle de la faune macrobenthique le long de l'oued Chouly a mis en évidence la qualité des milieux des stations étudiées. En effet, nous avons obtenu au cours de nos sorties qui s'étalent du mois de novembre 2007 au mois de juin 2008, un certain nombre de résultats.

La physico-chimie de l'eau révèle que dans les trois stations à hydrologie similaire, la faune a été récoltée à une température entre un minimum de 12°C dans C4 au cours du mois de novembre et un maximum de 25 °C enregistré dans la station C3 durant les mois d'avril, mai et juin.

Le pH sur l'ensemble de l'oued Chouly est en moyenne de  $7,31 \pm 0,70$  avec un écart variant entre un minimum de 6,13 et un maximum de 8,7 soit un coefficient de variabilité de 9% seulement.

Les eaux de oued Chouly sont peu conductrices. Les moyennes calculées montrent des conductivités de l'ordre de  $518\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Les valeurs extrêmes sont enregistrées dans la station C4, située en aval. Les trois stations plus en amont présentent une eau dont la conductivité ne dépasse pas les  $623\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . La salinité est faible et les valeurs mesurées ne dépassent pas 0,2 mg/l. La conductivité et la salinité, étroitement corrélées, augmentent de l'amont vers l'aval.

L'oxygène dissous augmente ainsi de l'amont vers l'aval mais reste très variable dans le temps, l'ANOVA1 réalisée a démontré des différences significatives entre les valeurs enregistrées ( $P < 0.05$ ). Suite à une production accrue (en particulier par la prolifération d'algues filamenteuses), la teneur atteint des valeurs importantes jusqu'à 12 mg/l en novembre, dans la station C4. C'est dans la station C1 qu'elle est la plus basse, valeurs enregistrées au cours des mois de décembre et janvier.

Les stations C1, C2 et C4 présentent des valeurs nettement plus faibles de la turbidité, comparées à la station C3, l'eau en amont reste donc très claire.

L'analyse en composantes principales (ACP) met en évidence une ségrégation entre les stations amont et aval vis-à-vis de deux principaux paramètres physico-chimiques clés (la conductivité et la turbidité).

La collection de la faune de macroinvertébrés, composée de 10435 individus, est représentée par quatre embranchements et un sous embranchement, cinq classes et quatre sous-classes, dix ordres et sept sous-ordres, vingt-sept familles et deux sous-familles soit 29 taxons.

La composition faunistique de l'oued Chouly est moyennement diversifiée dont les Arthropodes constituent plus de la moitié du peuplement, suivis des Mollusques avec 25% alors que les Némertiens et les Annélides ne dépassent pas le 1%. Les Insectes sont les plus dominants dans la collection dont les Epheméroptères constituent 35%, les Diptères 31% et les Trichoptères 24%.

Les groupes zoologiques prélevés durant notre période d'échantillonnage présentent une variabilité temporelle de la richesse taxonomique. La station C1, avec cinq groupes zoologiques et 16 taxons. Elle est précédée par la station C4 (17 taxons) où les Némertiens sont absents. La station C3 présente une collection composée de quatre groupes zoologiques et de 14 taxons, cependant, les Annélides sont absents. La station C2, avec un cycle hydrologique très écourté, est représentée avec une nette dominance des Arthropodes (Crustacés et insectes) suivis des Mollusques.

La répartition des groupes zoologiques par microhabitat montre que les microhabitats à courant rapide présentent la composition taxonomique la plus complexe (77% de la richesse taxonomique globale), suivie des microhabitats à courant lent (63%), puis des microhabitats à courant moyen (37%) et en dernier des microhabitats à eau stagnante (30%).

Une richesse moyenne de  $14,5 \pm 3,41$  taxons peut être retenue pour les quatre stations réunies, le gradient de la richesse taxonomique suivant est donc annoté **C4>C1>C3>C2**. La valeur de diversité  $H'$  est comprise entre un minimum de 2,26bits (station C3) et un maximum de 2,97bits (station C4), passant par la première station C1 (2,47bits) suivie par la station C2 avec 2,59bits. Pour cet indice de diversité, l'ordre décroissant à retenir pour les quatre stations est donc **C4 > C2 > C1 > C3**.

L'équitabilité spatiale (qui exprime également la régularité du peuplement) semble suivre un gradient différent de ceux de la richesse taxonomique et de la diversité, le classement est comme suit : **C2 > C4 > C1 > C3**. Les variations de l'indice de Simpson D sont assez comparables de celles de l'indice  $H'$ , un même gradient est noté



**C4 > C2 > C1 > C3.** L'équitabilité de Simpson varie de la même façon que celle de Piélou.

Le classement des quatre stations, selon un ordre décroissant de la fréquence des dates de prélèvements corrobore parfaitement avec les indicateurs de diversité  $H'$  de Shannon-Wiener et de Simpson, l'équitabilité de Piélou  $J'$ . Il place toujours la station C4 au premier plan avec un minimum de perturbations dans le milieu et la station C3 avec le maximum de perturbations. Bien que la sous-collection de la station C2 soit de petite taille, elle semble mieux structurée que celle de la station C1 où les perturbations sont plus accentuées.

Du point de vue diversité et régularité proposé par le modèle de Gleason, le classement suivant peut être retenu : **C4 > C1 > C3 > C2.** La distribution des abondances par taxons selon le modèle de distribution de Mac-Arthur dit des Bâtons brisés établie pour l'ensemble des stations montre que le peuplement est plus ou moins bien structuré dans l'ensemble. Huit grands taxons se partagent les ressources entre eux. Ils constituent la plus grande part de la biomasse du macrobenthos et jouent un grand rôle dans le fonctionnement du cours d'eau. Il s'agit donc des Gammaridae, des Physidae, des Simulidae, des Baetidae, des Daphniidae, des Ecnomidae et des Bithynidae et des Tanypodinae.

Le modèle de distribution de Motomura pour l'ensemble des stations laisse apparaître l'ordre décroissant suivant : **C4>C1>C3> C2.** En général, l'oued Chouly présente un peuplement relativement diversifié et bien structuré avec un bon partage des ressources entre taxons. Les résultats fournis par le modèle de Motomura corroborent parfaitement avec ceux obtenus par le modèle des bâtons brisés de Mac Arthur et les indices de diversité de Shannon-Wiener et de Simpson.

Les résultats de l'IBGN intègre les stations C2 et C4 dans la case d'une eau de qualité passable alors que les stations C1 et C3 d'une bonne qualité de l'eau. En terme de cette analyse, nous pouvons conclure que dans l'ensemble, l'oued Chouly présente une bonne qualité biologique.

L'indice EPT est le même dans les stations C1 et C3 et nettement plus bas dans la station C2. Le classement retenu est le suivant : **C1= C3 > C4 > C2**. En écartant la station C2, l'indice EPT augmente de l'aval en amont. Les résultats du rapport EPT/Chironomes corroborent parfaitement avec ceux de l'indice EPT et de l'IBGN ; le classement des stations reste conforme soit : **C1 > C3 > C4 > C2**.

Le classement des stations selon l'ICB à savoir **C1 > C4 > C3 > C2**, se rapproche beaucoup plus de ceux établis à partir des descripteurs de la structure du peuplement précédemment étudiés, contrairement aux trois précédents indices biologiques. En l'absence des valeurs de références de qualité du milieu, les valeurs de l'indice ICB des stations C1 et C4 auraient pu être considérées comme les valeurs cibles à atteindre en termes de récupération du cours d'eau, la première de par la qualité de son eau et la seconde pour la diversité de ses habitats. Malheureusement cette dernière a subi des aménagements considérables.

L'analyse factorielle fait ressortir la particularité de onze microhabitats due à l'abondance de treize taxons présentés par des Gammaridae, des Heptageniidae, des Gomphidae, des Ecnomidae, des Hirudidae, des Psychodidae, des Elmidae, des Erpobdelidae, les Baetidae, les Dytiscidae, des Simulidae, des Hydrochidae et des Tanypodinae.

A ce stade d'étude, la richesse taxonomique, l'indice de diversité H', l'indice Q, l'IBGN et l'ICB pourraient constituer les meilleurs indicateurs pour la description de la structure et l'organisation des peuplements macrobenthiques. Pour cela, une bonne connaissance de la faune des milieux d'eaux douces est indicatrice de la qualité de ces milieux et permet d'apporter une contribution sur la protection et la préservation des cours d'eaux.

Il faut donc pousser des études sur la structure et la dynamique des écosystèmes pour bien comprendre leurs fonctionnements et établir un indice biologique typique sur la faune des oueds de l'Algérie.



# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**A.F.N.O.R., 2004** - Essais des eaux, détermination de l'indice biologique globale (IBG). Thesaurus International Technique : 1-8.

**AIT MOULOUD (S.), 1987** – Essais de recherche sur la dérive des macroinvertébrés dans l'oued Aissi : Faunistique, Ecologiques et biogéographique. Thèse Magister. Univ des sciences et de la Technologie. Houari Boumedienne : 119p.

**AJAKANE (A.), 1988** – Etude hydrobiologique du bassin versant de l'oued N'fis (haute Atlas Marocain). Biotypologie dynamique saisonnière, impact de l'assèchement sur les communauté benthiques. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Merrakech (Maroc) : 192p.

**ALIANE, 1986** - Contribution à l'étude des Plécoptères des monts de Tlemcen. Mémoire de D.E.S. Univ. Tlemcen : 50p.

**AMANIEU (M.), GUELORGET (O.) et MICHEL (P.), 1977** – Richesse et diversité de la macrofaune benthique de la lagune littorale Méditerranéenne de Prévost. Vie Milieu, vol. XXVII. Facsc. Isec B : 85-109p.

**ANGELIER (E.), 2000** - Ecologie des eaux courantes. Edition. Tec. Et Doc. Et 2<sup>ème</sup> tirage. 199p.

**ANGELIER (E.), 2001** – Ecologie des eaux courantes. Edit. Tec et doc. 2<sup>ème</sup> tirage, 199p.

**ARAB (A.) et ZEBDI (A.), 1983** – Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau des oueds de la Mitidja. Mém.D.E.S. Univ. Des sciences et de la Technologie. Houari Boumedienne : 106p.

**ARAB (A.), 1989** – Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliqués à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa. Thèse Magister. Univ. Des sciences et de la Technologie. Houari Boumedienne : 142p.

**ARAB (A.), 2004** – Recherche faunistique et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin du Mazafran. Thèse Doctorat. F.S.B.Univ. des sciences et de la Technologie. Houari Boumedienne : 164p.

**ARMITAGE (P-D), PARDO (I.) et BROWN (A.), 1995** – Temporal constancy of faunal assemblage in mesohabitats-Application to management Archiv fur Hydrobiologie. 133 : 367-387.



**ARRIGNON (J.), 1976** - Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. 3<sup>ème</sup> édition, Bordas, Paris : 340p.

**AUTHIER (A.), 1981** - Rapport d'analyse des eaux de la région de Tlemcen : 1-26. I.N.E.S science exacte. Tlemcen.

**BABA HAMED (K.), 2001** - Contribution à l'étude hydrographique de trois sous-bassins de la Tafna (Sebdou, Mouileh, Isser). Thèse de Magistère. Univ. Oran : 195p.

**BACHELET (G.), 1979** – dynamique de la macrofaune benthique et production des Lamellibranches de l'estuaire de la Gironde. Thèse Doct 3<sup>ème</sup> cycle. Univ Pierre et Marrie Curie, Paris VI (France) : 163p.

**BAGNOULS (F.) et GAUSSEN (H.), 1953** - Saison sèche et indice xérothermique bull. soc. Hist. Nat.Thoulouse.88 (3-4).Pp.139-239.

**BAILEY (R-C.), NORIS (R-H.) and REYNOLDSON, 2001** - Taxonomic resolution of benthic macroinvertebrate communities in bioassessments. Journal of the North American Benthological Society 20 (2): 280-286.

**BARBAULT (R.), 1981** - Ecologie des populations et des peuplements. Des théories aux faits. Masson ed. Paris : 208p.

**BARBAULT (R.), 1992** – Ecologie des peuplements- Structure, dynamique et évolution. Ed. Masson, Paris : 273p.

**BARBAULT (R.), 1995** - Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2<sup>ème</sup> tirage. Masson. Paris Milan Barcelone (P.15-19).

**BARBOUR (M-T.), GERRITSEN (J.), SNYDER (B-D.) and STRIBLING (J-B.), 1999** - Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers : Periphyton, Benthic macroinvertebrates, and fish. Second Edition, EPA841-B-99-002. U.S. Environmental protection Agency. 11 chapters, 4 appendices.

**BAYED (A.) et EL AGHBANI (M-A.), 2002** – Les marais de Smir : un milieu fragile d'intérêt remarquable. In Scapini. F (eds.)- Baseline research for the integrated sustainable management of Méditerrananean sensitive coastel ecosystems. Istituto Agronomica per l'Oltremare : 98-106.

**BAZAIRI (H.), 1999** – La faune macrobenthique de la lagune de Moulay Bouselham : Structure et succession spatio-temporelle. Thèse Doct. Univ Mohammed V. Rabat (Maroc) : 199p.

**BEAUMONT (A.) et CASSIER (P.), 1983** - Biologie Animale des protozoaires, métazoaires épithélioneuriens. Tame 2 eddition DUNOD, Paris : 254p.

**BEKKALI (R.), 1987** – Les Ostracodes du lac Smir (Maroc nord-occidental). Thèse Doct 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Mohammed V. Fac Sci. Rabat (Maroc) : 165p.

**BEKKALI (R.), 1997** - Les Ostracodes du lac Smir (Maroc nord occidental). Thèse doctorat 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Mohammed V. Fac. Sci Rabat, 165p.

**BELAIDI-ALLIANE (N.), 1992** – Etude de la salinité dans le bassin versant de la Tafna et son influence sur quelques organismes benthiques. Thèse de Magister. Ecologie animale. Univ. Tlemcen : 64p.

**BENBEKHTI (N.), 1999** - Contribution à l'étude d'impacts des rejets urbains et industriels sur la qualité de l'eau de la région de Maghnia. Mémoire d'ingénieur d'état. Ecologie et Environnement. Univ. Tlemcen : 42p.

**BENDIOUIS (C.)-CHAOUI BOUDGHENE, 1991** - Contribution à l'étude de la faune hypogée de l'Afrique du Nord (milieu hyporhéique et phréatique). Thèse Magi. Ecologie Animale. Univ de Tlemcen : 109 p.

**BENNAS (N.), SAINZ CANTERO (C-E.) et OUAROOUR (A.), 2001** - Nouvelles données sur les Coléoptères aquatiques du Rif (Maroc). Univ Abdel Malek Essaadi. Faculté des sciences Tétouan (Maroc). Zool. Baetica, 12 : 135-168.

**BENOUAR (N.), 2005** - Contribution à l'étude du fonctionnement et de la qualité des eaux de l'oued Isser. Mémoire d'Ingénieur d'état. Ecologie et environnement. Université de Tlemcen. Pp.6-10.

**BERRAHOU (A.), CELLOT (B.) et RICHOUX (P.), 2001** - Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ces principaux affluents (Maroc). Univ. Mohammed premier. Faculté des Sciences. Ann Limnol. 37 (3) : 223-235.

**BERRAHOU (A.), CHAVANON (G.) et RICHOUX (P.), 2000** - Etude de la basse Moulouya (Maroc oriental) :6. Les Coléoptères aquatiques de l'oued Zegzel. Bull. mens. Soc. Linn.Lyon, 69 :44-50.

**BERRYMAN (D.), ST-ONGE (J.), GENDRON (A.) et BROCHU (C.), 2003** - Impacts d'anciens parcs à résidus miniers sur la qualité de l'eau et les communautés benthiques de la rivière Massawippi et des ruiseaux Eusties et Capel.

**BINET (D.), 1985** – Essai d'utilisation de la diversité spécifique dans l'analyse des communautés des Copépodes planctonique du nouvelle-Calidonie. Univ. Nantes (France). Marine biology, 88 : 85-99.

**BLONDEL (J.), 1979** - Biogéographie et écologie. Edition Masson. Paris : 173p.

**BONTOUX (J.), 1993** - Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. Ed CEBEDOC : 169p.



**BOUABDELLAH (H.), 1992** – Dégradation du couvert végétal steppique de la zone du sud-Ouest Oranais, cas de l'Aricha. Thèse Magister en géographie. Inst de Géog. Angt de Terrt. Univ. Oran : 222p.

**BOUANANI (A.), 2003** - Hydrologie, transport solide et modelisation : étude de quelques sous-bassins de la Tafna (NW-Algérie). Univ. Tlemcen : 250p.

**BOUAYAD ALLAM (S.), 2006** - Contribution à l'étude comparative de la faune du rhitron dans deux Oueds du bassin versant de la Tafna (Oued Sikkak, Oued Chouly) (Nord-ouest Algérie). Mémoire d'ingénieur d'état. Ecologie animal. Université Tlemcen.

**BOUGUETTAYA, 2000** – Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau interstitielle dans la basse Tafna. Mémoire d'ingénieur d'état. Ecologie et Environnement. Univ. Tlemcen.

**BOULAL (M.), 1988** – Recherche écologique sur la faune aquatique des puits de la région de Tizinit (Anti Atlas occidentale Maroc). Thèse 3<sup>ème</sup> cycle Eco. Gén. Sec. Merrakech : 228p.

**BOURNAUD (M.), COGERINO (L.), 1989** - Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau : approche faunistique. Ann. Limnol, 22 : 285-294.

**BOUROCHE (J-MJ.) et SAPORTA (G.), 1980** – L'analyse des données. Presses Universitaire de France, Paris Coll. < Que sais-je ?> n° 185 : 127p.

**BOUZIDI (A.), 1989**. Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eaux des massifs du haut Atlas (Maroc). Bio-écologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse, Univ. Aix-Marseille III : 185p.

**CELLOT (B.), BOURNAUD (M.) et TACHET (H.), 1984** - The movement of the larvae of Hydropsyche (Trichoptera) in a large river. Series Etomologica, 30 : 57-68.

**CHAOUI-BOUDGHENE (C.), 1984** – Contribution à l'étude bio-écologique de la faune retrouvée dans deux stations de Beni-Saf (Wilaya d'Ain Témouchent). Mémoire d'ingénieur d'état. Ecologie et Environnement. Univ. Tlemcen : 120p.

**CHAOUTI (A.) et BAYED (A.), 2001** – Caractérisation physico-chimiques des eaux de la lagune de Smir en été. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 36 : 356p.

**CHAOUTI (A.) et BAYED (A.), 2005** - Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des substrats meubles de la lagune de Smir. Univ. Mohammed V, faculté des sciences, Rabat (Maroc). Série générale n°4, 33-42.

**CHAOUTI (A.), BAYED (A.) et BENZAZZOU (T.), 2001** – Données préliminaires sur la diversité spécifique et fonctionnelle du zoobenthos de la lagune de Smir (Maroc). Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 36 : 372p.

**CHARDY (P.) et GLEMAREC (M.), 1977** – Evolution dans le temps des peuplements des sables envasés en baie de Cancarneau (Bretagne); in KEEGAN B.F.P.O.CEDIGH et P.J.S. BOADEN (eds). *Biology of benthic organisms*. Pergamon Press et New-York : 165-172.

**CHERGUI (H.), CHAVANON (G.), BERRAHOU (A.) and MELAHOUI (M.), 1990** - A propos des Plécoptères du Maroc oriental. *Bull. Inst. Sci. Rabat*, 14 :51-53.

**CHERGUI (H.), CHAVANON (G.), BERRAHOU (A.) et MELAOUI (M.), 1999** - A propos des Plecoptères du Maroc oriental. *Bull. Inst. Sci. Rabat*, 14 : 51-53.

**CHERKAOUI (M.), 2006** – Structure et organisation des peuplements macrobenthiques de l'estuaire de Bou Regreg après la construction de barrage. Thèse. Doct. Univ. Mohammed V. Rabat (Maroc) : 305p.

**CLANZIG (S.), 1991** – Le benthos de la lagune de Biguglia (Corse). Tendances évolutives du milieu. Document. CIEL : 12-53.

**COGERINO (L.), CELLOT (B.) et BOURNAUD (M.), 1995** - Microhabitat diversity and associated macroinvertebrates in aquatic banks of a large European river. *Hydrobiologia*, 304: 103-115.

**DAGET (J.), 1976** – Les modèles mathématiques en Ecologie. Masson ed. Paris : 172p.

**DAGET (J.), 1979** – Les modèles mathématiques en Ecologie. Masson ed. P. U. L. Paris-Québec : 194p.

**DAJOZ (R.), 1976** – Précis d'Ecologie. Ecologie fondamentale et appliquée. Ed. Dunod, Paris : 195p.

**DAJOZ (R.), 1982** – Précis d'Ecologie. Ecologie Fondamentale et appliquée. Quatrième édition. Gauthier Villard : 503p.

**DAJOZ (R.), 1985** – Précis d'Ecologie. Ed. DUNOD 5ème édition : 505p.

**DAJOZ (R.), 1996** -Précis d'écologie édition. DUNOD 5<sup>ème</sup> édition : 396p.

**DAKKI (M.), 1983** – Sur le choix des données en biotypologie des eaux courantes par l'analyse factorielle des correspondances. *Bull. Ecol*, 16(4) : 285-296.

**DAKKI (M.), 1986 a** - Recherches hydrobiologiques sur le haut Sebou (Moyen Atlas) ; une contribution à la connaissance faunistique, écologique et historique des eaux courantes sud-méditerranéennes. Thèse Etat, Univ. Rabat. 214p.

**DAKKI (M.), 1986 b** - Biotypologie et gradient thermique spatio-temporel, étude sur un cours d'eau du moyen Atlas (Maroc). *Bull. Ecol.*, 17 :79-85.



**DEBRACH (J.), 1953** - Note sur les climats du Maroc occidental. Maroc méridional, 32 : 1122-34.

**DECAMP (H.), 1971**. La vie dans les cours d'eaux. Presse Universitaire de France. Que sais-je ? N° 1452-128p.

**-DECAMPS (H.), 1976** - Ecologie des Trichoptères de la Vallée d'Aures (Hautes Pyrénées). Ann. Limnol. 3 : 399-577.

**DELETTRE (Y-R.), 2001** - An annotated checklist of Chironomidae (Diptera) trapped in Brittany (France) since 1975. Ann Limnol. 37(2): 143-149.

**DEMOULIN (G.), 1970** - Ephemeroptera des faunes éthiopiennes et malgache. South African Animal Life 14 : 24-170p.

**DERVIN (A.), 1988** – Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales ? ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourrages). Manuel STAT-ITCF : 63p.

**DETHIER (M.), DOPAGNE (C.) and CUPPEN (J.), 2008** - Qualité biologique des ruisseaux du domaine universitaire du Sart Tilman (Belgique)- Hétéroptères et Coléoptères aquatiques. Univ. Liège. Faculté des sciences. Entomologie faunistique 61(1-2) : 59-73.

**DEVIN (S.), BAISEL (J-N.), BACHMANN (V.) and MORETEAU (J-C.), 2000** - *Dikerogammarus villosus* (Amphipoda: Gammaridae): another invasive species newly established in the Moselle river and french hydrosystems. Ann Limnol. 37(1): 21-27.

**DIA (A.), 1983** - Recherches sur l'écologie et la biogéographie des cours d'eaux du Liban méridional. Thèse Doct., Univ. Marseille : 302p.

**DJEBAILI (S.), 1978** – Recherche phytosociologique et écologique sur la végétation des hauts plaines steppiques et de l'Atlas Sahariens. Thèse Doct. Univ. Sci et Tech. Langue doc Montpellier : 229p + Annexes.

**DJEBAILI (S.), 1984** - Steppe Algérienne, phytosociologie et écologie. O.P.U. Alger. 139p + Annexes.

**DUSSART, 1996** - Limnologie. L'étude des eaux continentales- 2<sup>ème</sup> édition ; Boubée, Paris.

**EL AGBANI (M-A.), DAKKI (M.) et BOURNAUD (M.), 1992** - Etude typologique du Bou Regreg (Maroc) : les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. Bull. Ecol., 23 :103-113.

**EMBERGER (L.), 1955** - Classification biogéographique des climats. Recueil trav.

**FEKHAOUI (M.), 1993** – Faune benthique d'une rivière polluée : l'oued Sebou à l'aval de la ville de Fès (Maroc). Bull. Inst. Sci, Rabat n°17 : 21-38.

**FERRINGTON (L-C.), 1987** – Microhabitats preferences of larvae of three Orthoclaadiine species (Diptera: Chironomidae) in big spring, a sand botton spring in the high plains of western Kansas. Entomologica Scandinavia supplement, 29: 361-368.

**FICHEFET (V.), 2006** - Compte-rendu des observations d'espèces prioritaires d'Odonates en Wallonie durant les saisons 2003, 2004 et 2005, dans le cadre du programme d'Inventaire et Surveillance de la Biodiversité (ISB). Gomphus, 19 (2): 55-63.

**FRONTIER (S.), 2008** – Ecosystème- Structure, Fonctionnement, Evolution. Edition Dunod 3<sup>ème</sup> édition : 549p.

**FRONTIER (S.), PICHOD-VIALE (D.), 1992** – Ecosystème-Structure-Fonctionnement. Evolution. Edition Dunod. 2<sup>ème</sup> édition : 292p.

**GAGNEUR (J.) et YADI (B.), 2000** - Intérêt faunistique du peuplement des sources en Algérie et plus généralement en Afrique du Nord. Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 136, 33-42.

**GAGNEUR (J.), 1976** – Etude des Diptères du lot et étude de la retenues de Gajars. Thèse Doct. Univ. Paul Sabatier. Toulouse : 195p.

**GAGNEUR (J.), 1987** - Sur la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques en Algérie. T.S.M. L'eau. Mai 87 : 209-212.

**GARCIA de Jalon (D.), 1981** – Estudio de les comunidades de macroinvertebrado especialmente del orden Trichoptera del Riolozoya-ph. D. Thesis. Univ. Polytecnica. Madrid.

**GATTOLIAT (J-L.), 2002** - Etude systématique, cladistique et biogéographique des Baetidae (Ephemeroptera) de Madagascar. Thèse de Doctorat. Univ Lausanne, faculté des sciences.279p.

**GAUJOUX (D.), 1995** - La pollution des milieux aquatiques –Aide mémoire- Technique et documentation : 220p.

**GENIN (B.), CHAUVIN (C.) et MENARD (F.), 1987** – Cours d'eaux et indices biologiques, pollution- méthodes- IBGN, Dijon, ENESAD-CENERTA : 204p.

**GENTIL (L.), 1903** - Esquisse stratigraphique et pétrographique du bassin de la Tafna (Algérie). Serv. Carte géol. France. Et Carte géol. Algérie : 521p. 121 Fig. 5.pl. 2 cartes géol.



**GIANI (N.), 1984** - Contribution à l'étude de la faune d'eau douce et plus particulièrement des Oligochètes : 1-travaux, 2-les Oligochètes aquatiques : taxonomie et écologie. Thèse Doct. Sc. Nat. Univ. Paul Sabatier : 220p.

**GIBSON, JUNORY in CHAOUTI (A.), 2003** – Biotypologie du macrobenthos de la lagune Méditerranéenne de Smir. Analyse spatiale et spatio-temporelle. Thèse Doct. Univ. Mohammed V. Fac des sciences, Rabat (Maroc) : 302p.

**GIRARD (Y.), 2004** – les communautés ichtyologiques du bassin de la rivière l'Assomption et l'intégrité biotique des écosystèmes fluviaux. Québec : 153p.

**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.), et DAKKI (M.), 1984** - Les sources du moyen Atlas et du Rif (Maroc) : faunistique (description de deux nouvelles espèces de Trichoptères), écologique, intérêt biogéographique. Bijdr. Dierk., 54 :83-100.

**GLEMAREC (M.) et HILLY (C.), 1981** – Perturbation apportées à la macrofaune de la baie de Can carneau par les effluents urbains et portuaires. Acta Ecologica. Applic, vol n° 2 : 139-150.

**GOFFART (P.) & FICHEFET (V.), 2002** - Compte-rendu des observations d'espèces prioritaires d'Odonates en Wallonie durant la saison 2002, dans le cadre du programme d'Inventaire et Surveillance de la Biodiversité (ISB). Gomphus, 19 (2): 55-63.

**GRALL (J.) et GLEMAREC (M.), 1997** – Biodiversité des fonds des mearl en Bretagne : Approche fonctionnelle et impacts anthropiques. Vie Milieu, 47 (4) : 339-349.

**GRANDJEAN (F.), MOMON (J.), BRAMARD (M.), 2004** - Biological water quality assessment of the white clawed grayfish habitat based on macroinvertebrate communities : Usefulness for its conservation. Univ. Poitiers. France. Bull Fr.Pêche Piscis 370-371: 115-125.

**GRAY (R-D.) et KENNEDY (M.), 1994** - Perceptual constraints on optimal foraging; a reason for departures from the ideal free distribution? Animal Behaviour 47: 469-471.

**GRECO (J.), 1966** – L'érosion, la défense et la restauration des sols, et le reboisement en Algérie. Min. Agri. Ref. Agr. Alger : 303p.

**GROSS (F.), 1976** - Les communautés d'Oligochètes d'un ruisseau de plaine, leur utilisation comme indicateurs de la pollution organique. Ann. Limnol. 12(1) : 75-87.

**HADJEL (M.), 2003** – Elaboration d'une méthodologie d'évaluation de la qualité de l'eau superficielles. Cas du Bassin Versant de la Tafna. Ouest Algériens. Fac des sciences. Oran (Alger) : 258p.

**HILY (C.), 1984** – Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hyperthropiques de la rade de Brest. Thèse Doct. Univ. Bretagne Occidentale, Brest (France) : 696p.

**HOU (Z-E.) et LI (S.) et ZHENG (M-Q.), 2002** – A new Gammarus species of freshwater Amphipoda from China. Acta Zootaxonomica Sinica, 27 (3) : 450-465.

**HOU (Z-E.) et LI (S.), 2002 a** – Description of two news species of the genus Gammarus (Crustacea :Amphipoda) from Ganna, China. The raffles bulletin of zoology, 50 (1) : 37-52.

**HOU (Z-E.) et LI (S.), 2002 b** – Description of two news species of the genus Gammarus (Crustacea :Amphipoda) Acta Zootaxonomic, Sinica, 27 (1) : 65-732.

**HOU (Z-E.) et LI (S.), 2003** – A news cave Amphipoda from Guizhou, China. The Gammaridae Crustacea, 76 (4) : 433-442.

**HOU (Z-E.) et LI (S.), 2004** – Gammarus species from Tibet plateau, China (Crustacea : Amphipoda). The raffles bulletin of zoology, 52 (1) : 147-170.

**HOU (Z-E.) et LI (S.), 2005** – Gammarus species from Rivers jumche, China (Crustacea : Amphipoda). Revue Suisse de Zoologie, Swiss journal of Zoology, Tome 112, fascicule2.

**HUBBARD (M-D.) et PETERS (W-L.), 1978** – The number of genera and species of mayflies (Ephemeroptera). Entomological News 87 : 245p.

**ILLES (W.), 1999** – Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau de l'oued Tafna. Hydrochimie de l'eau avant la mise en eau du barrage de Hammam Boughrara. Ouest Algérien. Mém d'ingénieur d'état. Ecologie et Environnement. Univ. Tlemcen.

**IRBAT, 2002-** Statistique de la Wilaya de Tlemcen. PP 50 – 75.

**IVONT (R.), et GIROUX (I.), 2004** - Impact de l'agriculture sur les communautés benthiques et piscicoles du ruisseau Saint-George (Québec-Canada). Envirodoq : ENV/2004/0226. QE/148.

**KARR (J-R.), 1987** - Biological monitoring and environmental assessment: a conceptual framework. Environmental Management. 11 (2) : 249-256.

**KETTANI (K.), EL OUAZZANI (T.), CALLE MARTINEZ (D.), 2001** - Mise à jour de l'inventaire des Chironomidés (Diptera) connus du Maroc. Univ. Abdel Malek



Essaadi, fac Sci Tetouan (Maroc). Ann Limnol.37 (4) :323-333.Labo Bot. Geol. Zool. Service. Montpellier. 3-43.

**Krebs (C-J), 1989** - Ecological methodology. New York: Harper Collins Publishers, Inc : 654.

**LE BRIS (H.), 1988** – Fontionnement des ecosytemes benthiques cotiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine. Thèse Doct 3<sup>ème</sup> cycle. Univ. Bretagne occidentale. Brest (France) : 311p.

**LEGENDRE (J.), 1973** – Phytoplankton organization in Baie des Chaleurs (Gulf of St Lawrence). J. Ecol, 61 : 135-149.

**LEGENDRE (L.) et LEGENDRE (P.), 1979** - Ecologie numérique I. Le traitement multiple des données écologiques : II. La structure des données écologiques. Masson ed. Paris : 197p et 247p.

**LEVEQUE (C.), 1996** - Ecosystème aquatique. Edition Hachette. Livre. 43, quai de Gnelle, 75905. Paris cedex 15.

**LOUNACI (A.), 1987** - Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'Oued Aissi (Grande Kabylie). Thèse de magister. Univ. Des sciences et de la technologie. Houri Boumediène.

**LOUNACI (A.), BROSSE (S.), THOMAS (A.) and LEK (S.), 2000** - Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the Sébaou wadi. Ann. Limnol., 36:123-133.

**MAAMRI (A.), CHERGUI (H.) and PATTEE (E.), 1994** - Allochthonous input of coarse particulate organic matter to a Moroccan mountain stream. Acta OEcologica, 15: 495-508.

**MAC ISAAC (H-J.), 1999** - Biological invasion in lake Erie: past, present and future:305-322. In: M. Munawar, T. Edsall et I.F.Munawar (eds), the state of lake Erie (SOLE)-past, present and future-Attribute to Drs. Joe leach and Henry. Backhuys publishers, the Netherlands: 533p.

**MAC NEIL (C.), DICK (J-T.) and ELWOOD (R-W.), 1997** - The trophic ecology of freshwater Gammarus (Crustacea: Amphipoda): problems and perspectives concerning the functional feeding group concept. Boil.rev.,72:349-364. Mémoire de D.E.S. Univ Tlemcen : 44p.

**MAGHRAOUI (M.), 2009** – Contribution à l'aménagement durable d'une zone de montagne par télédétection : Cas de la commune de oued Lakhdar. Thèse Doct. Univ. Tlemcen : 133p.

**Magurran (A-E.), 1988** - Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, Princeton, N. J. Ecology 72, 1512-1513.

**MARGALEF in LAIR (N.), AMANIEU (M.), LAM HORI (T.), LASSERE (G.), 1985** – Application des modèles de distribution d'abondance aux communautés zooplanctoniques. II. Structure du peuplement d'un lac subantarctique. Vie Milieu, 35 : 69-78.

**MARQUES (J-C.), MARANHÃO (P.) et PARDAL (M-A.), 1993** – Human impact assessment on the subtidal macrobenthic community structure in the Mondego estuary (western Portugal). Estuarine Coastal and Shelf Science. 37 : 403-419.

**MAY (R-M.), 1975** – Time delay versus stability in population models with two and three levels trophic. Ecology, 54 : 315-325.

**MICHA (J-C.), 1982** – Les bases scientifiques d'une politique de contrôle de la pollution des eaux de surface. Trib. Celedeau, 465-466, 35: 341-356.

**MISTRI (M.), ROSSI (R.) and FANO (A.), 2001** – Structure and secondary production of a soft bottom macrobenthic community in a brackish lagoon (Sacca di Goro, north-east in Italy). Estuar. Coastal Shelf Sci. 52 : 605-616.

**MOISAN (J.), 2006** - Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce au Québec. Surveillance volontaire des cours d'eaux peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement et des parcs : 82p.

**MOOG (O.), 1995** - Fauna Aquatica Austriaca. Katalog zur autokologischen Einstufung Aquatischer Organismen Osterreichs. Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft.

**MORINO (H.) and WITMAN (N.), 1995** – A new species of the genus Gammarus (Crustacea : Amphipoda) from freshwaters of Russian Far East. Publication of Itako hydrobiological station, 8 : 27-36.

**MOUBAYED (J.), LANGTON (P-H.) and MORELLO (E.), 1999** - On some Chironomid population from permanent and temporary Springs, streams and pools in southern France: Distribution and biogeographical significance. In Hoffrichter. Late 20<sup>th</sup> century research on Chironomidae: an anthology from the 13<sup>th</sup> Int. Symp. Chir., Freiburg, Germany : 571-577.

**MULLER-LIEBEAU (I.), 1969** – Ephemeroptera (Insecta) Von Den Kanarischen, 50-51 : 7-40.

**MULLER-LIEBENAU (I.), 1985** – Baetidae and Sudfrankreich, Spanien und Portugal (Insecta, Ephemeroptera), 53-54 : 7-42.

**MUSKO (I-B.), 1992** - Amphipoda Species found in lake Balaton since 1987. Miscnea. Zool. Hung., 7: 59-64.



**NISBET (M.) et VERNAUX (J.), 1970** – Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classe entant que bases d'interprétations des analyses chimiques. *Ann. Limnol.*6 :161-190.

**OLSEN (I-H.), SUNSSEN (J.) et PEDEREN, 2000** - Les petits animaux de lacs et des rivières. Delo chaud et Niestlé S-A, lansan (Switzerland). Paris, 224p.

**OUZZANI (T.) et MARTINEZ (D.), 2001** – Mise à jours de l'inventaire des Chironomidae (Diptera) connus du Maroc. *Ann. Limnol.* 37(4) : 323-333.

**PAULIANE (R.), 1963** – Réflexion sur la zoogéographie de Madagascar. In W.R. Lourenço (Ed). *Biogéographie de Madagascar*. Orstom (Paris) : 219-230.

**PDAU (Plan de développement et Aménagement urbain), 2002** - Plan d'Aménagement urbain de la commune de Oued Lakhdar.92p.

**PEARSON (T-H.) et ROSENBERG (R.), 1978** – Macrobenthic successions in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and marine biology*.

**PETER HAZELTON, 2003** - Analysis of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) richness and diversity of Guilford Creek, Guilford, NY.

**PIELOU (E-C.), 1975** – Shannon's formula as a mesure of specific diversity. Its use and mesure. *America, Naturalist*, 100 : 463-465.

**PIHAN (J-A.) et MOHATI (A.), 1984** – Les peuplements benthiques du réseau permanent de l'oued Ourika (haut Atlas de Merrakech). *Qualité des eaux Verh. Internat. Limnol.*22 : 2110-2113.

**PLAFKIN (J-L.), BARBOUR (M-T.), GROSS (S-K.) and HUCHES (R-M.), 1989** -Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers. Benthic macroinvertebrate and fish. Wachigton, D.C.U.S. Environmental protection Agency. EPA, 444(4): 89-001.

**QUINGHONG (L.), 1995** – A model for species diversity monotoring at community level an dits applications. *Environmental monitoring and assessment*. 34 : 271-284.

**RAMADE (F.), 1982** - Elément d'écologie : Ecologie Appliquée. Mac. GRAWHILL / 452p.

**RAMADE (F.), 2003** - Element d'écologie. Ecologie fondamentale. Edition Dunod. 3<sup>ème</sup> édition.

**RICCIARDI (A.), RASMUSSEN (J-B.), 1998** - Predicting the identity and impact of future biological invaders : a priority for aquatic resource management. *Can. J. Fish.Aquat. Sci.* 55:1759-1765.

**RODIER (J.), 1996** - L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod. Paris : 365p.

**RODIER (J.), 2005** - L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduelles. Eaux de mer. Edition Dunod. 8<sup>ème</sup> édition. Paris.

**ROMDHANE (M-S.) et MISSAOUI (H.), 2001** - Diagnostic hydrobiologique et étude des peuplements. Univ. Tunisie. Faculté des sciences : 38p.

**ROTHROCK (J-A.), BARTEN (P-K.) and INGMAN (G-L.), 1998** - Land use and aquatic biointegrity in the blackfoot river watershed, Montana, Journal of the American water. Resources Association 34 (3): 565-581.

**SEGUY (E.), 1951** - Contribution à l'étude des Diptères. Mémoire. Sc. Nat. Maroc.

**STATZNER (B.) and HIGLER (B.), 1986** - Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. Freshwat. Biol., 16, 127-139.

**STOCK, ARROUAYS (D.), FELLER (C.), JOLIVET(C.), SABY(N.), ANDREUX(F.), BERNOUX(M.) et CERRI (C.)** - Estimation de stocks de carbone organique des sols à différentes échelles d'espace et de temps. Volume 10, 347 – 355.

**ST-ONGE (J.) et RICHARD (Y.), 1994** - Les communautés benthiques du bassin de la rivière l'Assomption et l'intégrité biotique des écosystèmes fluviaux, Québec, ministère de l'Environnement et de la Faune. Direction des écosystèmes aquatiques, envirodoq n° EN940241, rapport n°QEN/QE-88/1, 13 Annexes : 105p.

**TACHET (H.), BOURNAUD (M.) et RICHOUX (P.), 1980** - Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. Systématique élémentaire et aperçu écologique. Univ Lyon.Ass. Française de limnologie : 1-153.

**TAHRI (H.), 2002** - Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau de l'oued Tafna (Moyenne et basse) par l'utilisation de la méthode biologique I.B.G. Mémoire d'ingénieur d'état. Ecologie et environnement. Univ Tlemcen : 33-37.

**TAILLY (M.), 2006** - Les libellules (Odonata) de Belgique : répartition, tendances et habitats". Publication du Groupe de Travail Libellules Gomphus et du Centre de Recherche de la Nature, des Forêts et du Bois (MRW/DGRNE), série "Faune-Flore-Habitats" n°1, Gembloux, 398 pp.

**TALEB (A.), 1991** – Etude expérimentale des effets des matières en suspension sur quelques organismes benthique. Thèse Magister. Hydrobiologique. Univ. Tlemcen : 85p.

**TALEB (A.), 2004** - Water quality before and after dam building on a heavily polluted river in semi-arid Algeria. River Res. Applic.20 :943-956.



**THOMAS (A.), 1969** - Sur l'importance des Diptères dans l'environnement de quelques cours d'eau des Pyrénées. *Annal. Limnol.*, 5(1):61-76.

**THOULOUSE (J.) et CHASSEL (D.), 1997** - ADE-4- a multivariate analysis and graphical display software. *Static's Comput.* 7(1):75-83.

**TINTHOIN (R.), 1948** – Les aspects physiques du l'Oranais. *Essais de Morphologie du pays semi-aride de Fougue* ed.Oran : 618p.

**TOUABAY (M.), AOUAD (N.) et MATHIEU (J.), 2002** - Etude hydrologique d'un cours d'eau du Moyen-Atlas : l'oued Tizguit (Maroc). *Ann. Limnol.* 38 (1) : 65-80.

**UNESCO, 1963** – Carte bioclimatique de la région Méditerranéenne. Recherche sur les zones arides XXINS. Publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, Paris-7<sup>ème</sup> et par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Viale dell Terme di Caracalla, Rome Imprimé par Firmin- Didot, Mesnil-sur- l'Estrée (Eure) : 59p.

**VAN DER VELDE (G.), RAJAGOPAL (S.), KELLEHER (B.), MUSKO (I-B.) and BIJ DE VAATE (A.), 2000** - Ecological impacts of Crustacean invaders : general considerations and examples from the Rhine river. *Crustacean Issues*, 12:3-33.

**VERNAUX (J.), 1980** – Fondement biologique et écologique de l'étude de la qualité des eaux continentals. Principales methods biologique-in: la pollution des eaux continentals, Ed. GAUTHIER-VIKKARS.

**WILLIAMS (G-P.), 1989** - Towards a biological and chemical definition of the hyporheic zone in two Canadian rivers, *fresh water biology.* 22: 189-208.

**YACOUBI KHBIZA (M.), 1987** – L'étude de la faune hyporheique de l'oued N'fis et ses affluents au voisinage du barrage Lala Taberboust. *Mem. C.E.A.Fes. Sc. Merrakech* : 1-27.

**YADI (B.), 1985** - Ecologie comparée de trois sources de la région de Tlemcen.

**YADI (B.), 1991**- Nature et évolution de la matière minérale et organique dans le bassin de la Tafna (N.W.Algérien).

**ZAOUALI (J.) et BAETTENS (S.), 1985** – Etude des peuplements animaux macrobenthiques de la zone centrale et du bassin oriental de la mer des Bibans (Tunisie Méridionale) par la méthode de l'analyse factorielle des correspondances. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*29 (4) : 193-203.

**ZOUAKH (D-E.), 1995** – Etude des macroinvertébrés et des poissons de l'oued El Harrach et de ses affluents appliqués à l'évaluation de la qualité des eaux. Thèse Magister. Univ des sciences et de la Technologie. Houari Boumedienne : 65p.

# ANNEXES



## ANNEXE I

**Tableau : Valeurs de l'IBG selon la nature et la variété taxonomique des macro benthos.**

Classe de Variété	Vt	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
<b>Taxons indicateurs</b>	<b>St</b>	>	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
	<b>Gi</b>	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
<b>Chloroperlidae</b> <b>Perlidae</b> <b>Perlodidae</b> <b>Taeniopterygidae</b>	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
<b>Capniidae</b> <b>Brachycentridae</b> <b>Odontocéridae</b> <b>Philopotamidae</b>	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
<b>Leuctridae</b> <b>Glossosomatidae</b> <b>Beraeidae</b> <b>Goeridae</b> <b>Leptophlébiidae</b>	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
<b>Nemouridae</b> <b>Lepidostomatidae</b> <b>Sericostomatidae</b> <b>Ephemeridae</b>	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
<b>Hydroptilidae</b> <b>Heptageniidae</b> <b>Polymitarcidae</b> <b>Potamanthidae</b>	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
<b>Leptoceridae</b> <b>Polycentropodidae</b> <b>Psychomyidae</b> <b>Rhyacophilidae</b>	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
<b>Limnephilidae (1)</b> <b>Ephemerellidae (1)</b> <b>Hydropsychidae</b> <b>Aphelocheiridae</b>	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
<b>Baetidae (1)</b> <b>Caenidae (1)</b> <b>Elmidae (1)</b> <b>Gammaridae (1)</b> <b>Mollusques</b>	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
<b>Chironomidae (1)</b> <b>Asellidae (1)</b> <b>Achètes</b> <b>Oligochètes</b>	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

(1) Taxons représentés par au moins 10 individus. Les autres par au moins 3 individus.

Annexe II : Résultats des mesures des paramètres physicochimiques

Prélèvement	Température (°C)	pH	Conductivité (µS/cm)	Salinité (g/l)	O2 (mg/l)	Vitesse (m/s)	Profondeur (cm)	Turbidité (FTU)
C1NOV	17,1	7,29	608	0	5,23	0,41	8,5	0,2
C1DEC	17	7,2	610	0	3,9	0,35	7	0,08
C1JAN	16,9	7,01	490	0	4,2	0,42	12	1,3
C1FEV	20	8,04	497	0	5,45	0,38	10	0,24
C1MAR	17,3	7,33	623	0	6,17	0,5	15	0,58
C1AVR	25	6,52	496	0	8,7	0,45	13	0,82
C1MAI	23	6,59	404	0	7,55	0,36	10	2,69
C1JUN	22	6,78	480	0	6,8	0,3	7	1,61
C2NOV	10,6	8,04	515	0	6,3	0,24	13	4,39
C2DEC	13,3	7,5	435	0	5,4	0,21	8	1,29
C2JAN	14,9	6,83	345	0	7,75	0,24	15	2,98
C3NOV	12,7	7,84	577	0	9,3	0,31	12	11,2
C3DEC	14,4	7,63	588	0	5,08	0,37	18	3,69
C3JAN	14,2	6,88	406	0	7,9	0,39	24	8,12
C3FEV	18	8,5	460	0	5,2	0,3	15	0,5
C3MAR	24	8,05	612	0	5,54	0,21	20	51
C3AVR	25	8,08	437	0	6,7	0,34	25	52
C3MAI	25	6,13	387	0	7,05	0,33	27	4,09
C3JUN	22	6,37	372	0	7,5	0,29	24	12,99
C4NOV	16,3	7,71	887	0,2	12,2	0,58	20	3,26
C4DEC	14	6,46	806	0,2	7,26	0,62	22	1,38
C4JAN	13,9	6,53	423	0	7,9	0,65	23	9,78
C4FEV	15	8,04	425	0	8,75	0,59	24	0,48
C4MAR	25	8,11	720	0,1	6,72	0,5	20	8,5
C4AVR	25	8,15	432	0	8,88	0,67	26	14
C4MAI	25	6,47	438	0	9,75	0,57	14	7,27





## ملخص

لقد سمحت الديناميكية المكانية الزمانية للحيوانات الصغيرة القاعية لأربع محطات مختلفة على طول واد شولي من الوصف الدقيق للهيكلة من خلال استعمال ثمانية مؤشرات للتنوع، تحليلات إحصائية مدمجة مع أربعة مؤشرات بيولوجية. إن عملية الجمع التي تمت خلال المدة ما بين نوفمبر 2007 إلى جوان 2008، المكونة من تسعة و عشرين صنف، تهيمن عليها المفصليات أعظمها الحشرات بنسبة (75 %). لقد بينت مؤشرات التنوع بأن معمرات محطة المصب هي الأكثر تنوعا و الأحسن هيكلية في الوقت التي تعطي فيه المؤشرات البيولوجية الأهمية للأصناف الحساسة التي تظهر في المحطة العليا كونها الأقل اضطرابا. إن ICB المدمج مع المؤشر H لشانون فينر، المؤشر Q لكينغونغ و الثراء المحدد قد يشكلون أحسن مؤشرات لهيكلة و تنظيم المعمرات القاعية.

الكلمات الرئيسية: واد شولي، المفصليات القاعية ، دقيقة المأوى، هيكلية، مؤشرات التنوع، المؤشرات البيولوجية.

## Résumé

La dynamique spatio-temporelle de la macrofaune benthique dans quatre stations le long de l'oued Chouly a permis une description fine de la structure par l'utilisation de huit indicateurs de diversité, des analyses statistiques combinés à quatre indices biologiques.

La collection récoltée durant la période de novembre 2007 à juin 2008, composée de vingt-neuf taxons, est dominée par les Arthropodes dont les Insectes sont les plus dominants (75%).

Les indicateurs de diversité ont montrés que le peuplement de la station aval est le plus diversifié et le mieux structuré alors que les indices biologiques donnent de l'importance aux taxons sensibles qui semblent présentés dans la station amont comme la moins perturbée.

L'ICB associé à l'indice H' de Shannon-Weiner, l'indice Q de Qinghong et la richesse spécifique pourraient constitués les meilleurs indicateurs de la structure et de l'organisation des peuplements benthiques.

**Mots clés :** Oued Chouly, macrofaune benthique, microhabitats, Structure, indices de diversité, indices biologiques.

## Abstract

Spatiotemporal dynamics of benthic macrofauna in four stations throughout Oued Chouly has allowed to describe in detail the structure by using eight diversity indicators, an analysis combined with four biological indices. The Collection made during the period of November 2007 to June 2008 that consists of twenty-nine taxons, is dominated by the arthropods, insects in majority (75 %).

The diversity indicators showed that the communities of the downstream station is the most diversified and the best structured while biological indices give importance to the sensitive taxons that appear in the upper station presented as the least disturbed.

ICB index associated with index "H" of Shannon Weiner, the indice "Q" of Qinghong and species richness could be the best indicators of the structure and organization of benthic communities.

**Keywords :** Oued Chouly, Benthic macrofauna, microhabitats, structure, diversity indices, biological indices.