

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

UNIVERSITE ABOU-BAKR BELKAID TLEMCCEN
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

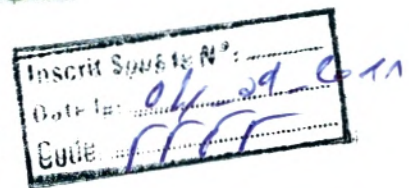
CHERIGUENE ILHEM

En vue de l'obtention du

Diplôme de Magister

En Ecologie et Biologie des populations

Thème



*Recherche d'une microdistribution des Coléoptères
dans différents habitats de l'amont de la Tafna*

Soutenu le 07 juillet 2011, devant le jury composé de :

Mr. KHELIL Mohamed Anouar	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mme ABDELLAOUI Karima	M.C.A	Université de Tlemcen	Promotrice
Mlle DAMERDJI Amina	M.C.A	Université de Tlemcen	Examinatrice
Mr. LOUNACI Abdelkader	M.C.A	Université de Tizi Ouzou	Examinateur

Année Universitaire 2010 - 2011

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissance, de respect et de dévouement avec un cœur plein d'humanité :

A ceux qui ont su prendre soin de moi depuis ma naissance jusqu'à faire de moi une personne pleine d'amour pour la science et le savoir ;

A mes très chers parents qui ont su me donner le bonheur et m'ont préservé de tout mal, qui ont su guider mes pas vers un avenir sûr, qui n'ont jamais cessé de m'encourager pour entreprendre ces études et atteindre cet objectif ;

A la mémoire de ma très chère grand-mère (que Allah l'accueille dans son vaste paradis) ;

A mon fiancé Fethi pour sa compréhension et ses encouragements pour ce travail ;

A mon très cher frère Amine ;

A ma très chère sœur Meriem ;

A tous les membres de ma famille qui se reconnaitront, ainsi que mes amies ;

A tous mes camarades de la promotion 2010 – 2011 ;

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

Sommaire

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE	
1. Les ressources hydriques en Algérie.....	4
2. Caractéristique de la zone d'étude.....	5
2.1. Situation géographique de la Wilaya de Tlemcen.....	5
2.2. Réseau hydrographique de la Tafna.....	7
2.2.1. Le bassin versant de la Tafna.....	7
2.2.2. Les ressources en eaux superficielles et souterraines.....	13
2.3. Géologie.....	14
2.4. Sol et végétation.....	15
2.5. Les actions humaines et leurs influences.....	17
2.6. Aperçu bioclimatologie du bassin versant de la Tafna.....	18
2.6.1. Précipitations.....	19
2.6.2. Température.....	20
2.6.3. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953).....	21
2.6.4. Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	22
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	
1. Présentation des stations d'étude.....	25
1.1. Localisation géographique des stations d'étude.....	25
1.2. Description des stations d'étude.....	26
1.2.1. Station Ghar Boumaâza.....	26
1.2.2. Station Hounche.....	27
1.2.3. Station Tafna - Sabra.....	29
1.2.4. Station Tafna – Hammam Boughrara.....	30
1.2.5. Station Tafna – Remchi ;.....	31
1.2.6. Station Tafna – Pierre de chat.....	33
1.2.7. Station Isser amont.....	34
1.2.8. Station Isser -Remchi.....	36
1.2.9. Station Khemis.....	37
1.2.10. Station Chouly.....	38

2. Méthodes d'étude.....	40
2.1. Choix des microhabitats.....	40
2.2. Périodicité des sorties sur terrain.....	40
2.3. Echantillonnage de la faune.....	41
2.3.1. Techniques de prélèvements.....	41
2.3.2. Tri et identification des espèces.....	42
2.4. Mesures des paramètres physico-chimiques.....	43
• La température.....	43
• Le pH.....	43
• La conductivité.....	43
• La salinité.....	44
• L'oxygène dissous.....	44
3. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements.....	44
3.1. Etude indicielle.....	44
3.2. Traitement statistique des données.....	50
3.2.1. Test statistique simple : corrélation de Pearson.....	50
3.2.2. Méthodes statistiques multivariées.....	50

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. Etude des caractéristiques physiques et physico-chimiques.....	52
1.1. Caractéristiques physiques et individualisation des microhabitats.....	52
1.2. Caractéristiques physico-chimiques.....	59
1.2.1. Analyse des paramètres mesurés.....	59
1.2.2. Analyse en composantes principales des paramètres physico-chimiques.....	66
1.2.2.1. Les tests hiérarchiques.....	66
1.2.2.2. Analyses multivariées.....	67
2. Etude de la faune.....	70
2.1. Etude de la structure de la faune.....	70
2.1.1. Structure taxonomique.....	70
2.2. Evolution spatiale des abondances des espèces.....	78
2.2.1. Comparaison des peuplements des dix stations d'étude.....	78
2.2.1.1. Etude indicielle de la diversité spécifique.....	78
2.2.1.2. Corrélation entre les indices et l'hétérogénéité des habitats.....	89
2.2.1.3. Fréquence d'occurrence ou constance des espèces.....	92

2.2.1.4. Indice de dispersion et type de répartition des espèces par station.....	95
2.2.1.5. Indice de Similitude de Jaccard.....	96
2.2.1.6. Traitement statistique des données.....	98
2.2.1.6.1. Tests hiérarchiques et détermination des unités coenotiques par station.....	98
2.2.1.6.2. Analyse de la matrice de répartition spatiale des abondances dans les dix stations.....	102
2.2.2. Répartition des abondances par microhabitat.....	104
2.2.2.1. Les tests hiérarchiques et détermination des entités coenotiques.....	104
2.2.2.2. Analyse de la matrice de répartition spatiale des abondances des espèces dans les vingt neuf microhabitats prolifères.....	109
2.3. Evolution temporelle des abondances des espèces.....	111
2.3.1. Etude indiciaire de la diversité spécifique.....	111
2.3.2. Corrélations entre les indices.....	119
2.3.3. Traitement statistique des données.....	119
2.3.3.1. Les tests hiérarchiques et détermination des entités coenotiques dans le temps.....	119
2.3.3.2. Analyse de la matrice de répartition temporelle des abondances.....	122
DISCUSSION	124
CONCLUSION GENERALE	129
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	133
ANNEXES	

Liste des figures

Figure 1 : Carte de la situation géographique de Tlemcen (Source Chambre de Commerce et d'Industrie Tafna, 2010).....	6
Figure 2 : Situation du bassin versant de la Tafna (Agence de Bassin Hydrographique, 2007).....	7
Figure 3 : Présentation du bassin versant de la Tafna (YEBDRI et al, 2007).....	8
Figure 4 : Représentation de de la nouvelle structuration du bassin de la Tafna (Source PFN cadre du SEMIDE, 2010).....	8
Figure 5 : Réseau hydrographique de la Tafna (Source BOUANANI, 2004).....	10
Figure 6 : Ressource superficielles et les Barrages de la Tafna (Agence de Bassin Hydrographique, 2007).....	13
Figure 7 : Ressources souterraines de la Tafna (Agence de Bassin Hydrographique, 2007).....	14
Figure 8 : Variations des moyennes mensuelles des précipitations.....	20
Figure 9 : Variation des moyennes mensuelles des températures.....	21
Figure 10 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliqué à la station de Zenata (données de la période 1998 – 2008).....	22
Figure 11 : Position de la station de Zenata sur le climagramme pluviométrique d'EMBERGER (1955).....	24
Figure 12 : Carte de localisation des dix stations d'étude sur le bassin versant de la Tafna (ORIGINAL).....	25
Figure 13 : Schématisation de la linéarité des stations	25
Figure 14 : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice des caractéristiques physiques des 154 microhabitats prospectées lors des huit mois d'étude dans dix stations.....	53
Figure 15 : Importance relative des types de courants en fonction des classes de vitesse de l'eau.....	58

Figure 16 : Variations spatio-temporelle de la température d'eau.....	60
Figure 17 : Variations spatio-temporelles du pH	61
Figure 18 : Variations spatio-temporelle de la conductivité.....	62
Figure 19 : Variations spatio-temporelles de la salinité.....	64
Figure 20 : Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous.....	65
Figure 21 : Dendrogramme issu de la même matrice de quatre paramètres physicochimiques mesurés dans les dix stations.....	66
Figure 22 : Plan 1x2 de l'ACP de la matrice de quatre paramètres physicochimiques mesurés dans les dix stations.....	68
Figure 23 : Plan 1x3 de l'ACP de la matrice de quatre paramètres physicochimiques mesurés dans les dix stations.....	68
Figure 24 : Représentation des familles de Coléoptères des dix stations d'étude exprimée en pourcentage relatif de la richesse spécifique et de l'abondance.....	71
Figure 25 : Importance relative des espèces des sous familles.....	72
Figure 26 : Importance relative des genres de la collection totale.....	74
Figure 27 : Variation spatiale du nombre d'individus de la faune récoltée dans les différentes stations.....	80
Figure 28 : Variation spatiale de l'abondance relative dans les stations étudiées.....	80
Figure 29 : Variation spatiale de la richesse spécifique totale de la faune de Coléoptères récoltée dans les différentes stations.....	81
Figure 30 : Variation spatiale de la richesse moyenne dans les différentes stations étudiées.....	82
Figure 31 : Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon-Weiner selon les différentes stations étudiées.....	83
Figure 32 : Variation spatiale de la diversité maximale Hmax dans les différentes stations étudiées.....	84

Figure 33 : Variation spatiale de l'équitabilité de Pielou dans les différentes stations étudiées.....	85
Figure 34 : Variation spatiale de l'indice de Simpson dans les différentes stations étudiées.....	86
Figure 35 : Variation spatiale de l'équitabilité de Simpson Es dans les différentes stations étudiées.....	86
Figure 36 : Variation spatiale de l'indice de Hill dans les différentes stations étudiées.....	87
Figure 37 : Variation spatiale de l'indice de Q dans les différentes stations étudiées.....	88
Figure 38 : Positionnement des stations d'étude en fonction de la richesse spécifique $\text{Log}_2 S$ et la diversité H' sur le modèle DIMO (Qinghong, 1995).....	89
Figure 39 : Régression linéaire simple entre taille de la collection (N) et la richesse spécifique totale S et la richesse moyenne des peuplements des dix stations.....	91
Figure 40 : Régression linéaire entre le nombre de microhabitats et les indices de diversité des peuplements des sept stations.....	91
Figure 41 : Importance des types d'espèces selon leurs occurrences dans les dix stations d'étude.....	93
Figure 42 : Importance des types d'espèces selon leurs occurrences dans les microhabitats individualisés.....	95
Figure 43 : Dendrogramme obtenu à partir de la CAH appliquée sur 10 stations étudiées dans le bassin versant de la Tafna.....	99
Figure 44 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces récoltées par station.....	99
Figure 45 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel $F1 \times F2$ appliquée à la matrice des abondances des espèces par station.....	103
Figure 46 : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice de répartition des abondances d'espèces par microhabitats Points colonnes ou microhabitats.....	104

Figure 47 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces récoltées par microhabitat.....	107
Figure 48 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel F1xF2 appliquée à la matrice des abondances des espèces par microhabitat.....	110
Figure 49 : Variation saisonnière du nombre d'individus.....	112
Figure 50 : Variation temporelle de la richesse totale de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	113
Figure 51 : Variation temporelle de la richesse moyenne de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	113
Figure 52 : Variation temporelle de l'indice de diversité de Shannon-Weiner de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	114
Figure 53 : Variation temporelle de la diversité maximale Hmax de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	115
Figure 54 : Variation temporelle de l'équitabilité de Pielou de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	115
Figure 55 : Variation temporelle de l'indice de Simpson de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	116
Figure 56 : Variation temporelle de l'équitabilité de Simpson Es de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	117
Figure 57 : Variation temporelle de l'indice de Hill de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	117
Figure 58 : Variation temporelle de l'indice de Qinghong Q de la faune récoltée dans les quatre saisons.....	118
Figure 59 : Positionnement des saisons d'étude en fonction de la richesse spécifique $\text{Log}_2 S$ et la diversité H' sur le modèle DIMO (Qinghong, 1995).....	118
Figure 60 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux especes récoltées par saison.....	121

Figure 61 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel F1xF2 appliquée à la matrice des abondances des espèces par saisons.....123

Introduction

L'ordre des Coléoptères, avec plus de cinq cent mille espèces décrites, est le plus riche du monde animal. Un tel chiffre est presque équivalent à celui de toutes les espèces végétales connues à ce jour (DU CHATENET, 2005). Les Coléoptères sont en fait le plus grand ordre d'organisme vivant, ils vivent dans une grande variété d'habitats terrestres et aquatiques et exploitent un ensemble diversifié de ressources alimentaires. De trois millions à dix millions espèces d'insectes habitent la planète, dont 30% à 40% sont des Coléoptères.

Les Coléoptères ont une très grande importance économique, puisqu'ils incluent plusieurs espèces d'insectes les plus nuisibles que l'on connaisse. D'autres espèces ravagent les produits domestiques ou entreposés. Les espèces phytophages ravagent les plantes cultivées, et il en existe qui s'attaquent à toutes les cultures. D'autres espèces sont des vecteurs de maladies et certaines espèces sont bénéfiques (CAMPBELL et CAMPBELL, 2009).

Les Coléoptères sont partout, nombreux, diversifiés et faciles à trouver et à capturer. Ils occupent des habitats très précis et souvent restreints, comparativement à des animaux comme les originaux, par exemple. Ils réagissent donc beaucoup plus rapidement aux modifications de leur environnement. Les Coléoptères pourraient donc être utilisés comme bioindicateurs de changement dans les écosystèmes forestiers. Ils aideraient à prévoir les impacts de ces changements et les adaptations nécessaires avant qu'ils deviennent trop importants ou irréversibles (KLILASZEWSKI, 2009).

Les espèces de l'ordre des Coléoptères sont terrestres, semi-aquatiques ou bien aquatiques (HANSEN, 1987 et NILSON et HOLMEN, 1995). La faune des eaux courantes est très diverse, en particulier les Coléoptères aquatiques pris dans leur globalité sont capables de vivre dans des milieux aquatiques très variés (douces à saumâtres, acides à alcalins, profonds ou temporaires, ect.) et ont tous des exigences et tolérances écologiques différentes, conférant ainsi aux cortèges d'espèces une valeur indicatrice des types de milieux et de leur état de conservation, notamment sur le plan fonctionnel (REAUDIN, 2009).

L'écologie de système lotique est l'étude des interactions biotiques et abiotiques dans les flux d'eaux courantes continentales (ANGELLIER, 2003). Avec l'écologie des systèmes lentiques, qui impliquent des eaux continentales moins dynamiques comme des lacs et des étangs. Ces domaines forment le champ d'étude plus générale de l'eau douce de l'écologie aquatique.

Les milieux aquatiques prennent des formes très diverses, allant du ruisseau peu large au grand fleuve de plusieurs kilomètres de large (ALLAN, 1995), mais présentent des invariances (GILLER et MALMQVIST, 1998) qui justifient leur étude commune. On observe donc quelques caractéristiques communes rendant l'écologie des eaux courantes uniques par rapport aux autres habitats aquatiques : les flots sont unidirectionnels, ces systèmes sont dans un état de changement physique continu, il y a un haut degré d'hétérogénéité spatiale et temporelle à toutes échelles (microhabitats), la variabilité entre les systèmes lotiques est haute, la « biota » est spécialisée pour vivre dans les conditions des flots.

Les écosystèmes lotiques de la méditerranée occidentale, d'Afrique du Nord et plus particulièrement ceux d'Algérie sont caractérisés par une faune ayant pu s'adapter aux conditions des milieux très particulières, en perpétuel changement.

Dans le souhait d'enrichir les connaissances sur cette faune, la présente étude a pour but de dégager la microrépartition des espèces de Coléoptères dans les cours d'eau du bassin versant de la Tafna. Une microdistribution qui tient compte des microhabitats individualisés à partir de plusieurs caractéristiques physiques.

De point de vue recherche, de multiples travaux ont été réalisés dans le domaine de l'hydrobiologie sur la faune coléoptérique aquatique dans le monde, nous pouvons citer quelques-uns (BERTRAND et LEGROS, 1960 ; EL ALAOUI, 1983 ; LUQUE, 1997 ; CHAVANON *et al*, 2004 ; GONZÁLEZ *et al*, 2007 ; KARAMAN *et al*, 2008 ; VAFAEI *et al*, 2009 et TOUAYLIA *et al*, 2010b).

La bioécologie des Coléoptères aquatiques d'Algérie reste mal connue et encore moins celle des milieux d'eau douce. Peu de travaux ont été réalisés spécifiquement sur ce groupe à l'exception des travaux de BOUKLI HACENE (1995, 2009 et 2010) portant sur les Coléoptères des milieux salés de l'Ouest algérien. La plupart des travaux porte sur la faune de macroinvertébrés en général (LOUNACI, 1987 ; AIT MOULOUD, 1987 ; LOUNACI *et al*, 2000 ; et ARAB *et al*, 2004). Comme la plupart des grands bassins versants exoréiques du Nord de l'Algérie, la faune de macro invertébrés du bassin versant de la Tafna a suscité l'intérêt de nombreux chercheurs, (ALIANE, 1986 ; TALEB, 1991 ; BENDIOUIS CHAOUI BOUDGHANE, 1991 et GAGNEUR et YADI, 2000).

traverse les Sbaâ Chioukh par une cluse à Hadjrat El Guet (Pierre de chat), et un ensemble des cours d'eau coulent parallèlement à ces reliefs (AINAD TABET, 1996).

Le cours de l'oued se subdivise en plusieurs ramifications creusées dans les terrains Jurassiques principalement carbonatées qui peuvent atteindre des sommets de plus de 1400 m d'altitude. Ces ramifications se réunissent au niveau de la plaine de Sebdou située à 900 m d'altitude et constituées des alluvions Plio-Quaternaire (MEGNOUNIF et al, 2003b).

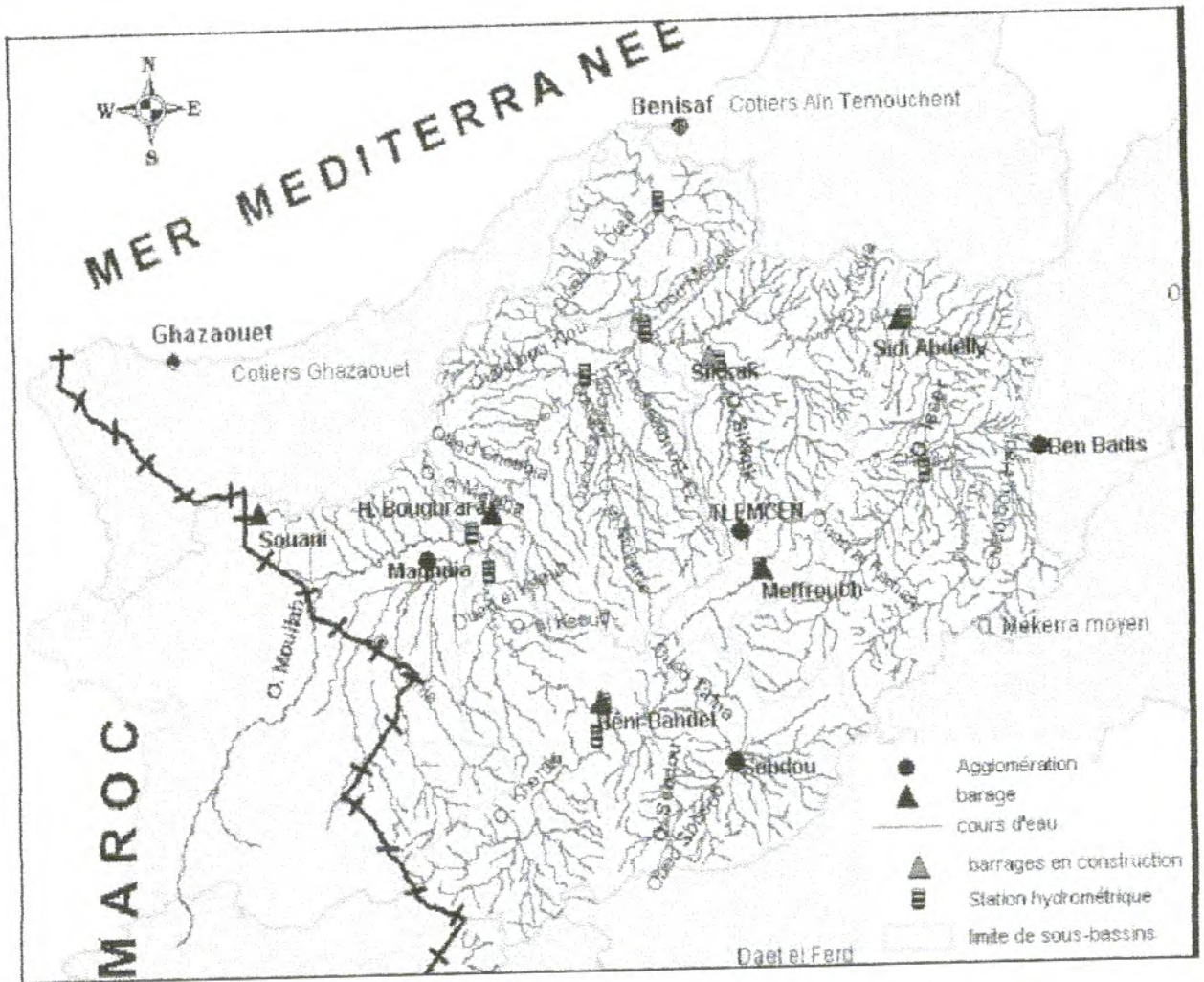


Figure 5 : Réseau hydrographique de la Tafna (BOUANANI, 2004)

(Cette carte est retenue car elle offre une bonne illustration du réseau hydrographique de la Tafna.

Bien que l'échelle de cartographie n'est pas indiquée).

L'oued entaille ensuite une vallée encaissée (le fossé de la Tafna), constituée des roches carbonatées (marno-calcaires, calcaires et dolomies du Jurassique) (BENEST, 1972 et BENEST et

al, 1999), jusqu'au barrage de Beni Bahdel. Dans cette région montagneuse, l'oued Tafna reçoit l'oued Khemis (rive droite) et l'oued Sebdou (rive gauche) (BOUANANI, 2004).

Le bassin versant de la haute Tafna, quoi qu'il reçoive annuellement la plus petite quantité de sédiments, présente le plus fort taux d'érosion (1198,8 t/km²/an). De point de vue apport liquide, la haute Tafna reçoit annuellement 29,63 Hm³ (BENAMAR et al, 2002).

Le versant Sud des Monts de Tlemcen se caractérise par des formations végétales regroupant en majorité des formations végétales clairsemées de chênes (*Quercus ilex* et *Quercus suber*), de genévrier (*Juniperus*) ainsi que des garrigues, imbriquées à des zones de cultures vivrières et maraîchères.

- **La moyenne Tafna**

Une fois les gorges franchies, la Tafna débouche dans la plaine de Maghnia. A ce niveau la partie Ouest est principalement alimentée par l'Oued Mouilah et les Oueds du versant Nord des Monts de Tlemcen où existe le barrage de Hammam Boughrara d'une capacité de 177Hm³ (YADI, 1991 ; BELAIDI-ALIANE, 1992).

L'oued pénètre dans le bassin tertiaire et coule dans une vallée peu profonde dans les terrains plus ou moins argileux. Cette partie du bassin tertiaire est sillonnée par de nombreux affluents parmi lesquels certains sont importants :

Sur la rive gauche: les affluents sont moins importants que sur la rive droite, seul l'oued Mouilah qui prend naissance au Maroc est remarquable par son parcours et son débit. L'oued Boukiou, moins important, prend naissance dans les monts des Traras pour rejoindre le cours de la Tafna dans la plaine des Ghossel.

Sur la rive droite, la Tafna reçoit l'oued Boumessaoud, l'oued Zitoun et enfin l'oued Isser, affluent le plus important par son long parcours que par son fort débit. L'oued Isser prend naissance dans les terrains jurassiques, des monts de Tlemcen et s'étend ainsi vers l'Est de la région de la haute Tafna. A son entrée dans le bassin tertiaire, Il est grossi au Nord d'Ouled Mimoun par l'oued Lakhdar (Ex : Chouly) (rive gauche) et l'oued Aïn Tellout (rive droite).

Au Nord de la plaine d'Ouled Mimoun, il traverse la petite plaine d'El Fehoul. A l'extrémité occidentale de cette plaine, il reçoit sur la gauche un cours d'eau assez important, l'oued Sikkak, descendu du plateau de Terni (BOUANANI, 2004).

- **La basse Tafna**

Le cours de la Tafna traverse ensuite la plaine de Remchi, où il reçoit son principal affluent oued Isser. (DAHMANI et al, 2002). Son cours inférieur s'étant depuis les gorges de Tahouaret vers le

village de Pierre de chat jusqu'à où il termine son parcours par un estuaire au niveau de la plage de Rechgoune en mer Méditerranée, sur une distance de 20 km (BOUANANI, 2004) où il a une prise d'eau de $11340 \text{ m}^3/\text{h}$ qui sera traité par la station de traitement des eaux de Dziuoua (wilaya d'Ain Temouchent) qui a un caractère de stockage d'eau de 13 Hm^3 (YADI, 1991 ; BELAIDI-ALIANE, 1992).

La Tafna a deux affluents importants, l'Oued Isser et l'Oued Mouilah, plusieurs affluents forment un réseau hydrographique discontinu dans le temps et dans l'espace. Certains sont permanents et ne tarissent jamais en amont (DAHMANI et al, 2002), ils sont représentés par l'oued Khemis, Mouilah, Isser, Sikkak et Chouly. D'autres sont temporaires, car ne sont pas alimentés par des sources et dépendent donc des précipitations. Toutefois, ces cours d'eau ont des rapports considérables quand ils sont en crues.

Les principaux affluents de l'Oued Tafna sont :

- Sur sa rive droite, l'Oued Isser avec une superficie de sous-bassin de 1860 km^2 est le plus important (YADI, 1991). Il prend sa source à Ain Isser dans les vallées de Beni Smiel, il a une longueur d'environ 140 km, situé à l'Est de la Tafna (MERZOUK, 2010). Sa confluence avec Oued Tafna a lieu dans la plaine de Remchi à 80 m d'altitude et son débit liquide moyen annuel est de $3,67 \text{ m}^3/\text{s}$ (YADI, 1991).
- L'oued Sikkak est un affluent de la rive gauche de l'Oued Isser qui à son tour est tributaire de la rive droite de la Tafna (GHENIM et al, 2005). Il draine un sous bassin de 442 km^2 (YADI, 1991), sa confluence avec Oued Tafna a lieu dans la plaine de Remchi à 81 m d'altitude et son débit liquide moyen annuel est de $1,47 \text{ m}^3/\text{s}$ (SELKA et KERDAL, 2005).
- Sur la rive gauche, Oued Khemis avec une superficie de 340 km^2 draine une vallée des Monts de Tlemcen et rejoint la Tafna au niveau du Barrage de Beni Bahdel.
- Oued Mouilah : présente une superficie de sous-bassin de 1680 km^2 (YADI, 1991), pour un périmètre de 230 km (TERFOUS et al, 2001). Une bonne partie de cette surface se trouve dans le territoire Marocain. Son cours d'eau, long de 124 km, prend naissance dans la région d'El Abed en Algérie à 1250 m d'altitude. Il pénètre au Maroc pour s'appeler tantôt Oued Sly tantôt Oued Bounaïm, puis revient en Algérie aux environs de Maghnia sous l'appellation d'Oued Mouilah (GHENIM et al, 2007). Il reçoit sur sa rive droite Oued Ourdeffou qui forme la réunion des Oueds Abbes et Mehaguin (TERFOUS et al, 2001). Il draine un bassin constitué de zones très hétérogènes formées de montagnes (les Monts des Trara au Nord-Ouest et ceux de Tlemcen au Sud), de plaines et de vallées (GHENIM et al, 2007). La confluence de

l'Oued Mouilah avec la Tafna se situe à 285 m d'altitude dans les plaines de Maghnia, son débit moyen annuel est de $2,05 \text{ m}^3/\text{S}$ et alimente le Barrage de Hammam Boughrara de capacité de 177 Hm^3 (YADI, 1991).

2-2-2. Les ressources en eaux superficielles et souterraines

Jusqu'à l'année 1980, les deux grands barrages Beni Bahdel et Meffrouche arrivaient à subvenir aux besoins de la population locale, ainsi qu'à celle de la ville d'Oran. L'accroissement de la population, la diminution non négligeable de la pluviométrie ainsi que le développement socio-économique de la région a poussé les autorités locales à chercher à mobiliser encore plus de ressources en eau (BENSAOULA et ADJIM, 2008).

Ainsi, d'autres grands ouvrages ont été réalisés, ils sont positionnés sur la carte du réseau hydrographique de la figure 6.

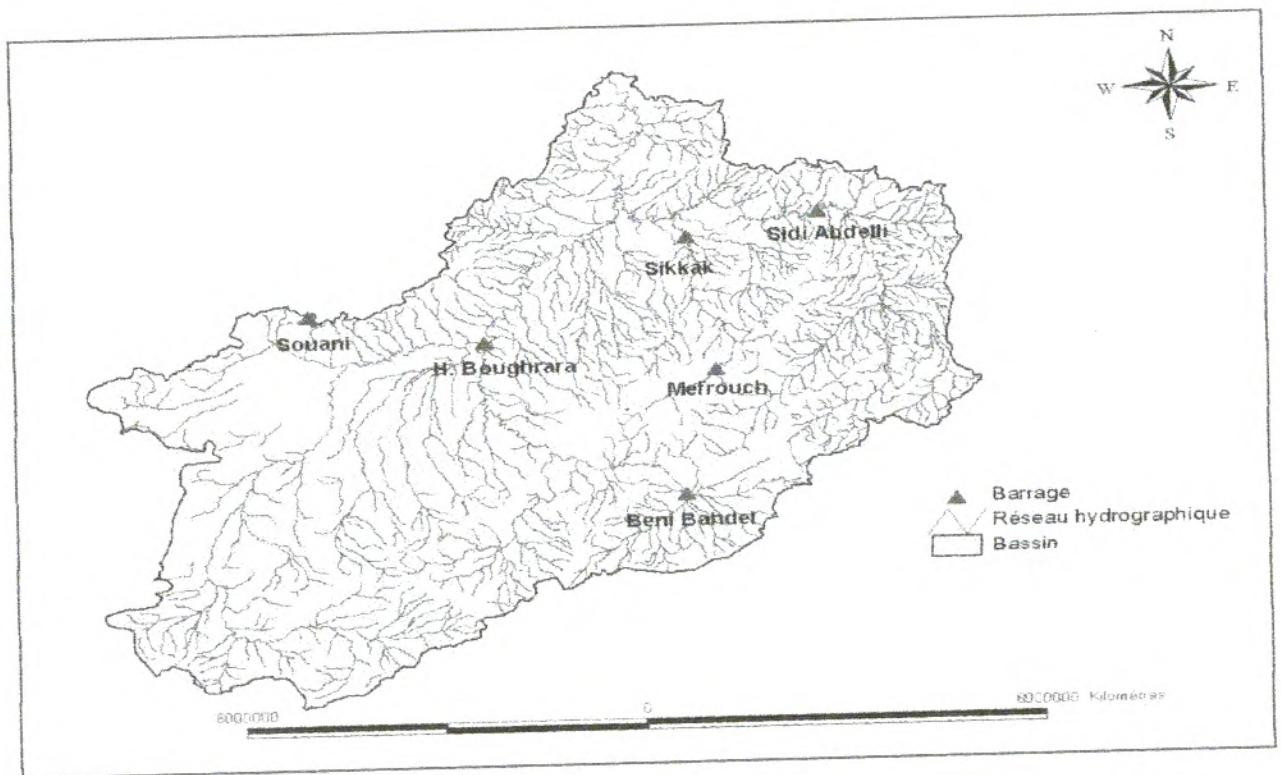


Figure 6 : Ressource superficielles et les Barrages de la Tafna (Agence de Bassin Hydrographique, 2007)

Ces grands ouvrages ont été accompagnés par la réalisation d'un grand nombre de petits ouvrages (retenues collinaires) mais de conséquence peu positive, puisque nombreux sont ceux qui se sont envasés et sont devenus non fonctionnels.

Les eaux superficielles sont largement mobilisées. Les volumes d'eaux captés sont importants mais toujours insuffisants pour subvenir aux besoins de développement socio-économique de la région. Les autorités locales essayent de palier à ce déficit en réalisant des ouvrages de captages des eaux souterraines, particulièrement les forages (BENSAOULA et ADJIM, 2008).

Les principales ressources en eaux souterraines de la wilaya de Tlemcen se résument comme illustrées dans la figure 7 (BENSAOULA et COLLIGNON, 1986) :

- des nappes alluviales
- des grands aquifères contenus dans les formations détritiques du Néogène telle que les nappes de Maghnia, d'Hennaya, du plateau de Sidi Senouci, etc.....
- des grands aquifères karstiques des monts de Tlemcen.

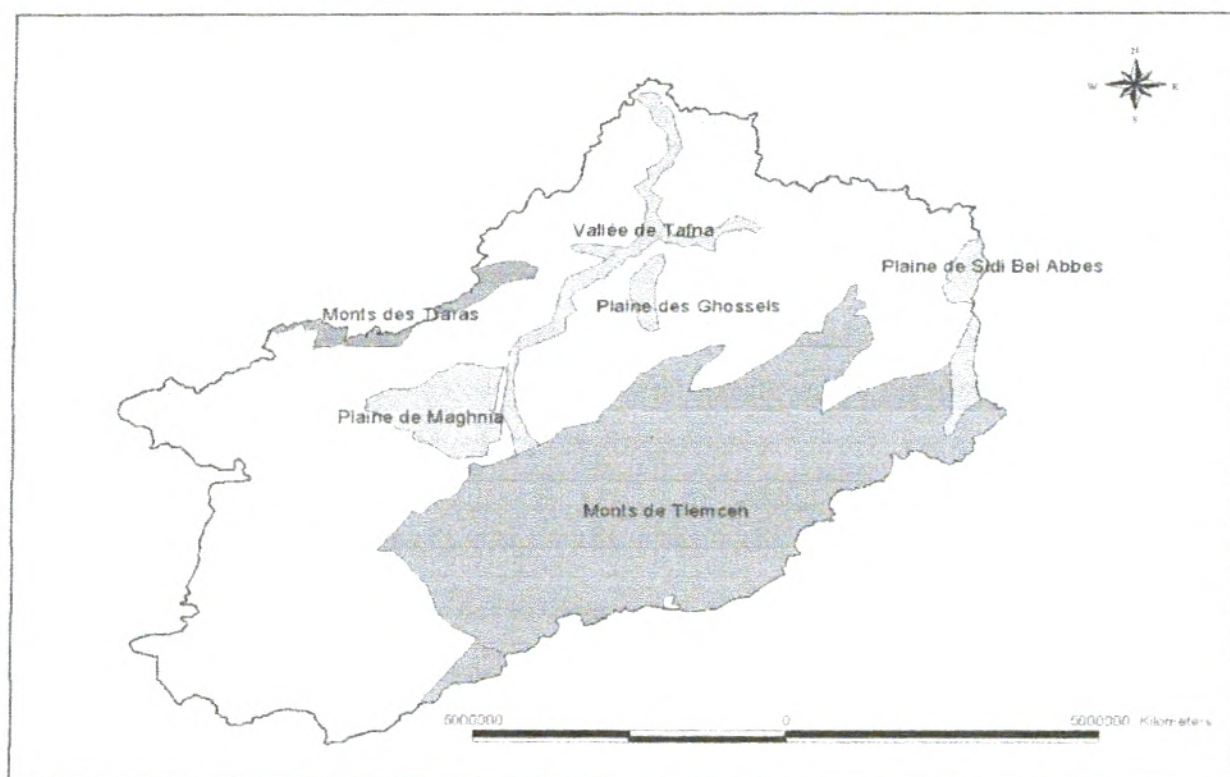


Figure 7 : Ressources souterraines de la Tafna (Agence de Bassin Hydrographique, 2007)

2-3. Géologie

Le type de formations géologiques qui affleurent dans les bassins versants a une influence sur la répartition des écoulements superficiels. En effet, un bassin formé de matériaux très perméables avec une couverture végétale continue aura en général une densité de drainage faible assurant une meilleure infiltration des eaux superficielles. Par ailleurs, un bassin formé de roches imperméables

f- Prairies et terrains de pacage : représentés par les surfaces qui sont utilisées pour la plupart en pâturage direct des animaux, les terres occupées par l'alfa et la lavande (BOUANANI, 2004).

2-5. Les actions humaines et leurs influences

Elles se situent essentiellement dans la mobilisation des eaux de surfaces. Les ouvrages hydrauliques influencent considérablement les débits des cours. Pour ne citer que le Barrage de Beni Bahdel comme exemple, construit en 1941, il a une contenance initiale d'environ 61 millions de m³ (ARRUS, 1985). En plus de la distribution en eau potable, il était à vocation hydro-électrique délaissée d'ailleurs depuis plusieurs années. Ce réservoir recueille les eaux de l'oued Khemis et de la Haute Tafna sur le versant Sud des Monts de Tlemcen.

Beaucoup de facteurs ont contribué à la déstabilisation de nos écosystèmes aquatiques continentaux. Les observations faites par GAGNEUR (1987) sur le bassin versant de la Tafna révèlent des perturbations profondes causées par des atteintes dues à l'homme.

La forte démographie, la révolution agro-industrielle, l'extension urbaine, les difficultés d'un contrôle et des techniques culturales souvent mal comprises, sont autant de facteurs déstabilisateurs de ces milieux naturels (GAGNEUR, 1987).

Les usines de traitement de Maïs (région de Maghnia) et les conserveries (Tlemcen, Saf Saf, village agricole Emir-Abdelkader) ont contribué, et contribuent encore, par leurs rejets fréquents, à l'augmentation de la pollution organique des eaux déjà polluées par les rejets domestiques.

Les industries électroniques (Tlemcen), les détergents et les colorants (Sebdou) ont aussi pollué les eaux par les acides et les métaux lourds. Les gravières, de plus en plus nombreuses le long des cours d'eau, déstabilisent le lit en modifiant sa morphologie (CLAVEL et *al*, 1977 ; GAGNEUR, 1987) et peuvent avoir des effets néfastes sur la faune.

L'occupation d'une grande proportion des rives par des cultures maraichères et des vergers d'arbres fruitiers est responsable de la présence dans les eaux de produits pesticides et de composés azotés et phosphatés. Les nombreux pompages et les dérivations tout au long des oueds réduisent considérablement les débits, accélérant ainsi leur assèchement en aval. Les pompes sont vidangées dans les cours d'eau rejetant ainsi des hydrocarbures néfastes pour le biotope (YADI, 1991).

Toutes ces actions contribuent à la modification des hydrosystèmes de la Tafna aussi bien sur le plan morphologique, hydrologique, physicochimique que biologique.

2-6. Aperçu bioclimatique du bassin versant de la Tafna

Par sa position en Afrique du Nord, l'Algérie correspond à la zone de contact entre les masses d'air d'origine ou d'affinités polaires et arctiques d'une part et les masses tropicales d'autre part (SELTZER, 1946).

Le climat de la Méditerranée eurafricaine est étroitement bloqué entre un domaine tempéré plus frais au Nord et le désert au Sud. Excepté en bordure même de la mer où l'on n'observe pas un véritable climat maritime, mais plutôt un climat contrasté traduisant plus d'influences continentales qu'océaniques et reflétant avant tout leur double appartenance aux franges de la zone tempérée et de la zone tropicale (BOUANANI, 2004).

Selon SELTZER (1946), le climat de l'Algérie est de type méditerranéen caractérisé par une période pluvieuse allant en moyenne de septembre à mai et un été sec et ensoleillé.

Les précipitations sont irrégulières, 25 à 30 % des pluies peuvent tomber en quelques jours et provoquer ainsi des crues violentes fortement érosives.

L'Oranie est caractérisé également par une aridité singulière car les perturbations climatiques abordent le Maghreb par l'ouest lorsque l'anticyclone des Açores occupe une position méridionale (BENABDELLI, 1996). La wilaya de Tlemcen présente du Nord au Sud différents étages bioclimatiques, semi-aride frais, sub-humide inférieur, semi-aride froid et l'aride (BENDIOUIS-CHAOUI BOUDGHANE, 1991).

Le but de notre étude bioclimatique est de donner une description sommaire du climat de la région d'étude. Cette description repose sur la détermination de la période de sécheresse par le biais du diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) et la détermination de l'étage bioclimatique de la zone étudiée à partir du climagramme pluviométrique d'EMBERGER (1963).

Seules les données météorologiques de la période 1998-2008, recueillies au niveau de la station météorologique de Zenata ont été utilisées dans la présente étude. Il est vrai que les données météorologiques d'autres stations (Béni Bahdel et Saf-Saf) auraient apporté plus de précision, mais il nous a été difficile de les obtenir en absence de convention entre ONM et l'université. La station de Zenata reste tout de même représentative de notre aire d'étude et ses données sont relativement suffisantes pour donner le caractère général du climat local. Elle présente les coordonnées géographiques suivantes : 01°27'25'' longitude Ouest, 35°00'50'' latitude Nord, 248,5m d'altitude et une exposition Nord.

Les deux principaux paramètres climatiques sont pris en considération les précipitations et les températures d'une manière analytique puis synthétique.

2-6-1. Précipitations

La pluviométrie est un facteur primordial dans le fonctionnement des écosystèmes en général. L'origine des pluies en Algérie est double ; d'une part, les pluies dues aux vents des secteurs Ouest et Nord qui bordent le Maghreb par le littoral, durant la saison froide (SELTZER, 1946), d'autre part, les précipitations orageuses dues aux perturbations atmosphériques engendrées par les dépressions en provenance des régions sahariennes, surtout à la fin du printemps (DUBIEF, 1959).

Les précipitations représentent une source considérable d'apport d'eau dans le bassin versant de la Tafna. La pluviométrie varie en fonction de l'altitude, l'éloignement de la mer et l'exposition des versants aux vents humides (DJEBAÏLI, 1984). Les variations de la pluviométrie de la station de Zenata est à la fois interannuelles que intra-annuelles (Tab. 1).

Tableau 1 : Variation des précipitations moyennes mensuelles exprimées en mm de la station de Zenata durant la période 1998 – 2008.

Année /mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
1998	29	35	35	26	65	1	2	5	44	29	42	45	358,00
1999	76	74	74	0	0	3	0	0	9	2	48	5	291,00
2000	0	0	0	22	24	0	0	0	14	17	60	75	212,00
2001	70	55	55	5	2	0	0	1	5	70	69	26	358,00
2002	3	4	4	72	39	0	0	45	15	18	139	25	364,00
2003	78	79	79	19,5	17	2,4	1,7	0	8,8	64	48	100,6	498,00
2004	53,7	28,8	28,8	27,3	53,5	8,8	0,7	0,4	8,6	33,3	48	76	367,90
2005	22,4	57,4	57,4	11,5	0,6	1	0	0	24,3	10,4	23,2	14,5	222,70
2006	52,4	47,4	47,4	8	45	0,5	0,5	3	18	13	8,4	33	276,10
2007	16,7	33,8	33,8	89	3	0	0	0,8	12	48	57	8	302,10
2008	19	27	16	11	35	0,7	0	0	33	112,2	75	103	431,20
Moyenne	38,2	40,12	39,12	26,46	25,82	1,58	0,43	5,01	17,42	37,9	56,14	46,45	334,64

La double irrégularité des précipitations d'une année à une autre et d'une saison à une autre (climat à saisons contrastées) est une des caractéristiques du climat méditerranéen. La station de Zenata répond parfaitement à ce profil. Les années 2003 et 2008 sont relativement plus pluvieuses avec respectivement 498mm et 431,20mm, par contre, un déficit hydrique est remarqué pour les années 2000 et 2005 où les hauteurs pluviométriques respectives sont de 212 et 222,70mm.

La moyenne durant la décennie 1998-2008 est de 334,64mm/an. Six années ont des tranches pluviométriques supérieures à cette valeur. La variabilité statistique est importante avec un écart-type de 85,45 et un coefficient de variabilité supérieure à 21%.

La pluviométrie varie aussi d'un mois à un autre au sein d'une même année avec des écarts considérables. Les valeurs de précipitations moyennes mensuelles de la station de Zenata (Tab. 1), montrent clairement que le mois de novembre est le plus arrosé avec 56,14mm et alors que le mois le plus sec est le mois de juillet avec un minimum de 0,43.

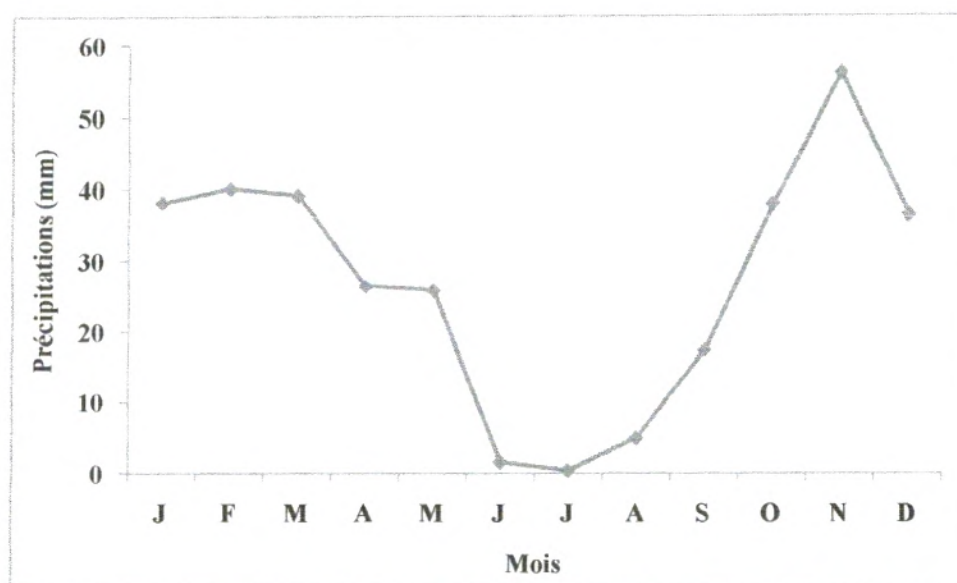


Figure 8 : Variations des moyennes mensuelles des précipitations.

La plus grande concentration des pluies est généralement notée entre les mois d'octobre et mars (Fig. 8). Nous relevons également que certains mois au cours de cette période pluvieuse accusent un déficit hydrique très important. Les mois de janvier, février et mars des années 2000 et 2002 affichent des hauteurs de moins de 4mm. A l'inverse d'autres mois, où la proportion pluviométrique est notable. En 2003, le mois de décembre à lui seul couvre plus d'un quart des précipitations annuelles avec un peu plus de 100mm. En 2008, les mois d'octobre et décembre couvrent plus de la moitié du total pluviométrique annuel.

2-6-2. Température

La température est un facteur écologique du milieu (GAUJOUS, 1995), elle est considérée en tant que facteur climatique vital et déterminant dans la vie des végétaux et des animaux. Elle conditionne en effet le cycle de développement et la croissance des espèces ainsi que leur répartition géographique.

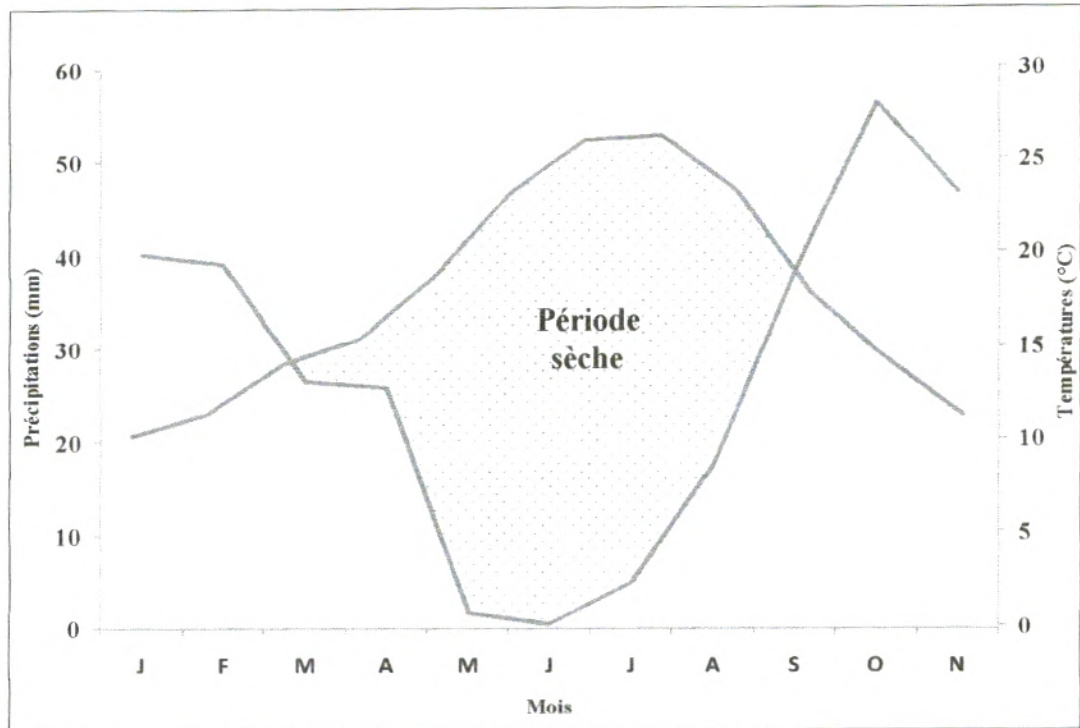


Figure 10 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliqué à la station de Zenata (données de la période 1998 – 2008).

Le diagramme ombrothermique établi à partir des données de la station météorologique révèle une saison sèche qui s'étend sur six mois, de mai à octobre, qui coïncide avec la période estivale durant laquelle la sécheresse s'accroît atteignant son maximum (Fig. 10).

Par ailleurs pour KOPPEN (1981), un mois est sec ou du moins bioclimatiquement sec s'il reçoit des précipitations dont le total est inférieur à 30 mm. Ce seuil n'est nullement arbitraire puisque TURC (1969) a montré qu'un sol qui a été porté à sa capacité de rétention au champ à la suite d'une période pluvieuse, est capable d'évaporer 1 mm /j pendant un mois.

De son côté, MITRAKOS (1982) suppose qu'une pluviométrie de 500 mm satisfait pleinement les besoins de la végétation méditerranéenne.

LETREUCH (1991) plus prudent quant à lui, considère qu'un mois sec est celui qui reçoit moins de 55 mm mais ce seuil est beaucoup plus appliqué à une sylviculture de feuillus.

2-6-4. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

EMBERGER (1955) s'intéressant aux extrêmes thermiques M et m entre lesquelles se déroule la période végétative et qui peuvent constituer des seuils écologiques pour les différentes espèces végétales.

1. Présentation des stations d'étude

1-1. Localisation géographique des stations d'étude

Suite à trois jours de prospections sur terrain, les stations ont été choisies de manière non arbitraire mais selon deux critères principaux : l'hétérogénéité spatiale et l'accessibilité aux sites.

Dix stations ont été retenues pour mener à bien cette étude dont six se répartissent le long du cours d'eau principal oued Tafna de l'amont à l'aval (Fig. 12), les autres stations sont positionnées sur les affluents de la Tafna, une au niveau de oued Khemis et deux sur oued Isser. La dernière station est localisée sur un affluent d'ordre 3 : oued Chouly. La représentation schématique (Fig. 13) est établie pour donner un aperçu sur la position linéaire des stations.

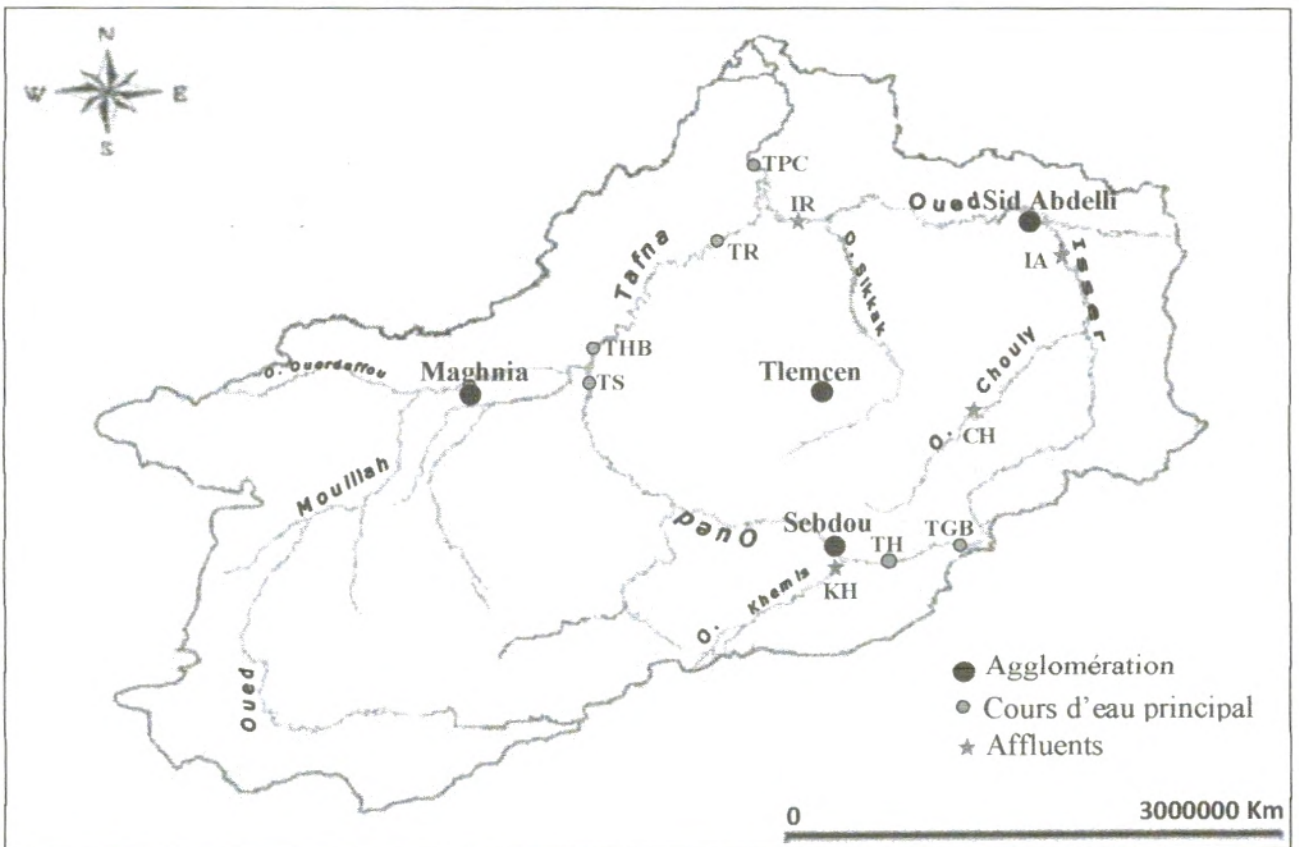


Figure 12 : Carte de localisation des dix stations d'étude sur le bassin versant de la Tafna (ORIGINAL).

(TGB= Station Tafna-Ghar Boumaâza, TH = Station Tafna-Houche, THB= Station Tafna-Hamma Bouhrara, TS= Station Tafna-Sabra, TR= Station Tafna-Remchi, TPC= Station Tafna-Pierre du chat, KH= Station Khemis, CH= Station Chouly, IA = Station Isser-amont et IR = Station Isser-Remchi).

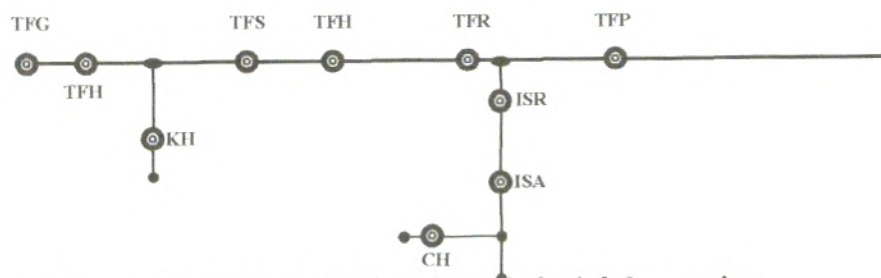


Figure 13 : Schématisation de la linéarité des stations.

Bien que la station de Azail ait été prospectée, elle n'a pas été retenue en raison de l'absence totale des Coléoptères durant toute la période d'étude.

1-2. Description des stations d'étude

1-2-1. Station Ghar Boumâaza (Photo 1)

Ghar Boumâaza, zone karstique par excellence, se situe sur une colline couverte d'une végétation clairsemée. Du côté gauche de la route nationale 22, reliant Tlemcen à Sebdu, l'on peut observer son entrée, un énorme trou creusé dans la roche qui donne, vers l'extérieur, sur un oued et, vers l'intérieur, sur une rivière souterraine appelée la Tafna. Celle-ci dont une partie est souterraine est assez régulière en dimensions et en pente, cependant ses rives ne sont pas parallèles comme celles d'un hydrosystème fluvial.

Ghar Boumâaza est limité au Nord par le mont Echebreg haut de 1.351m et l'Oued Essafssaf, à l'Ouest par la forêt de Daher El Berhal, à l'Est par la forêt de Merchiche et au Sud par El Habalet et Sebdu (BOUMEZBEUR et *al*, 2003). Ses coordonnées géographiques sont :

Latitude : 32° 42' 00"

Longitude : 1° 18' 30"

Altitude : 1070 mètres

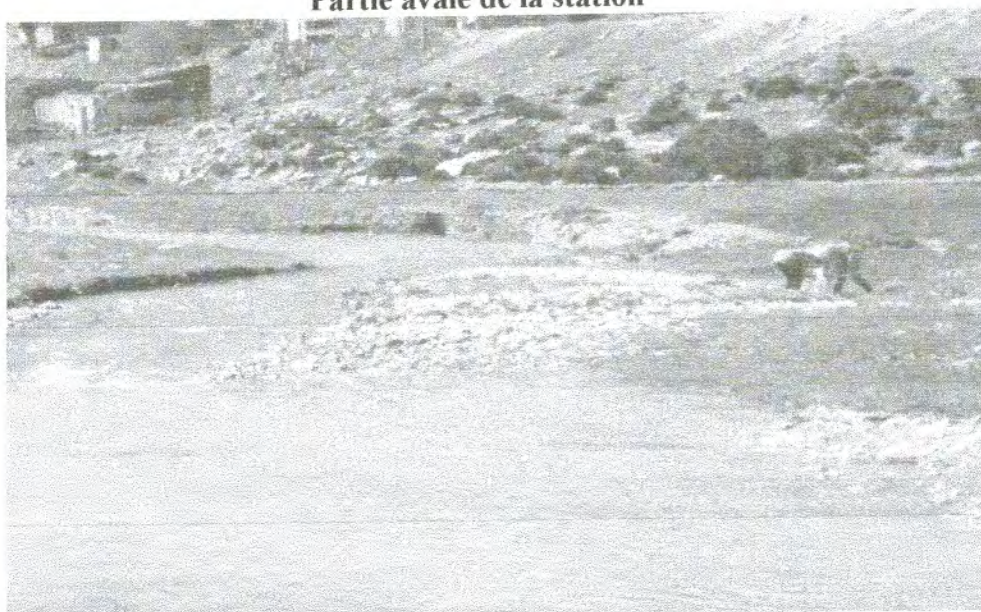
Orientation : N-S

Dans cette station, le substrat est caillouteux avec dépôts hétérométriques. Le débit est en général faible à nul sauf en période de crue où la rivière souterraine et le cours d'eau superficiel sont en continuité.

L'eau de cette station, située dans une zone de faible pente et très élargie, d'une profondeur maximale d'environ 60cm, est généralement claire et le fond est tapissé de galets souvent nus. La végétation aquatique est représentée par des algues vertes, d'un herbier assez important dominé par *Veronica* sp.

Les rives droite et gauche du lit sont naturelles et plates. La ripisylve est nulle et la végétation riveraine éparse est représentée par une seule strate herbacée, on trouve du *Chamaerops humilis*, des *Plantago*, de la Mauve sauvage, des Convolvulacées, et un important tapis de graminées.

L'environnement de cette station est agropastoral, aux alentours, les riverains qui habitent à proximité de cette station, cultivent de l'avoine à courte paille et des plantes maraichères et font de l'élevage des moutons. Trois actions humaines sont relevés dans cette station et qui peuvent être à l'origine de modifications de la qualité de l'eau : le rouissage de l'Alfa, le rinçage des légumes et le pompage de l'eau pour l'irrigation des terres cultivées.

Partie amont de la station**Partie aval de la station****Photo 1 : Station Ghar Boumâaza (ORIGINAL).****1-2-2. Station Hounche (Photo 2)**

Cette station se localise non loin du village de Hounche. Le substrat y est formé de sédiments, sables, vase avec des graviers, des pierres et des blocs dispersés sur le long de l'oued offrant ainsi différents microhabitats.

L'eau s'écoule avec une vitesse rapide, elle a une profondeur variable pouvant atteindre plus de 1m. Nous notons aussi la présence quelque fois de poissons d'eau douce.

La végétation riveraine est très dense sur la rive gauche ce qui donne un ombrage relativement important contrairement à la rive droite où elle reste éparse, représentée par les différentes strates.

La strate arborée est dominée essentiellement par des peupliers blancs (*Populus alba*), la strate arbustive par le laurier rose (*Nerium oleander*) et la strate herbacée par du *Chamaerops humilis* et quelques graminées. Pour la végétation aquatique, nous signalons la présence des algues et des bryophytes.

Les berges sont naturelles avec une rive droite plate à légèrement inclinée et une rive gauche complètement verticale. L'environnement immédiat de cette station est à caractère agricole laissant apparaître une mosaïque de cultures vivrières et de vergers.

Au niveau de la rive droite, peut être signalée la présence marquante d'un bassin alimenté par des eaux d'infiltration, contenant une eau douce très limpide et purifiée naturellement par une végétation aquatique.

Partie amont de la station



Partie aval de la station

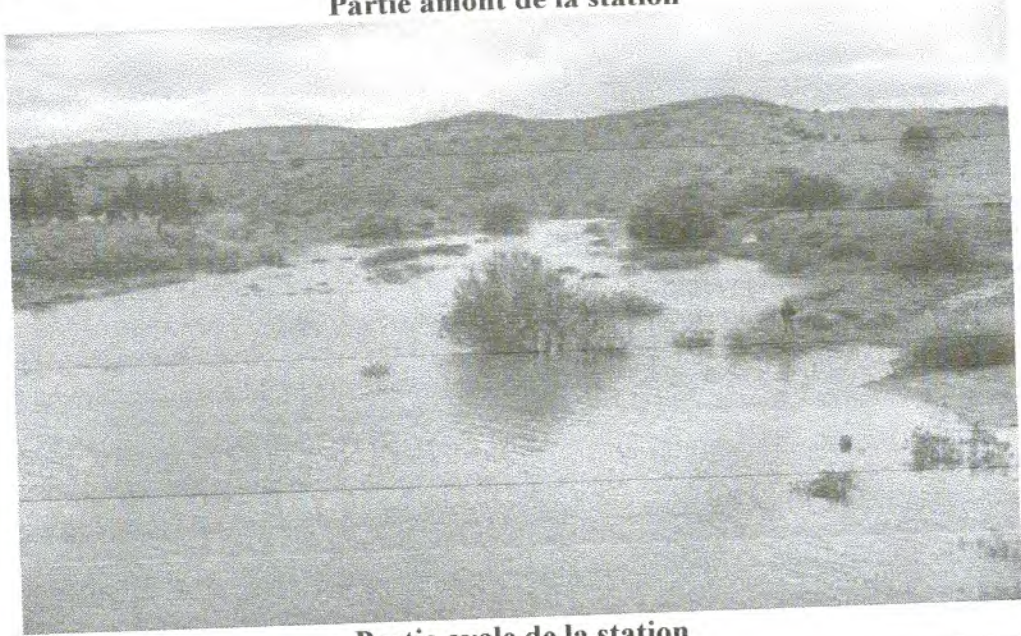
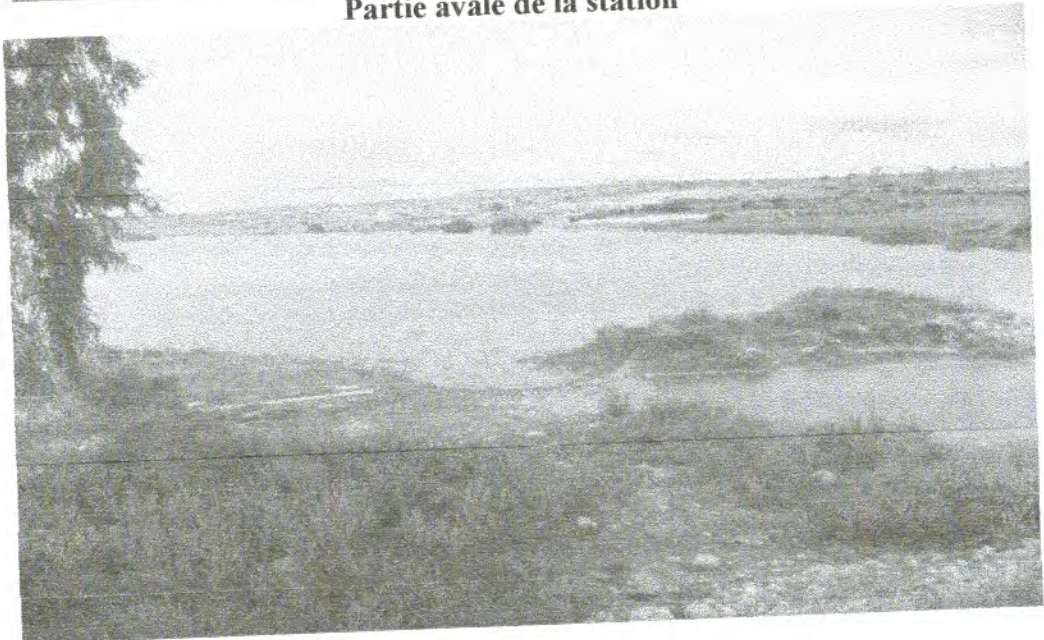


Photo 2 : Station Hounche (ORIGINAL)

1-2-3. Station Tafna – Sabra (Photo 3)

Cette station se trouve en amont du barrage de Hammam Boughrara, là où l'oued s'étend sur une largeur de plus de 50m. Le substrat est formé essentiellement d'un fond de vase, de sables et de limons, avec très peu de galets érodés déposés au fond du lit. La vase est de couleur noire, réductrice et dégage une odeur putride et désagréable dès qu'elle est remuée.

L'eau est turbide et trouble, elle est profonde, le courant est lent presque nul tout le long du tronçon de l'oued, favorisé par un terrain plat.

Partie amont de la station**Partie aval de la station****Photo 3 : Tafna – Sabra (ORIGINAL)**

Partie aval de la station

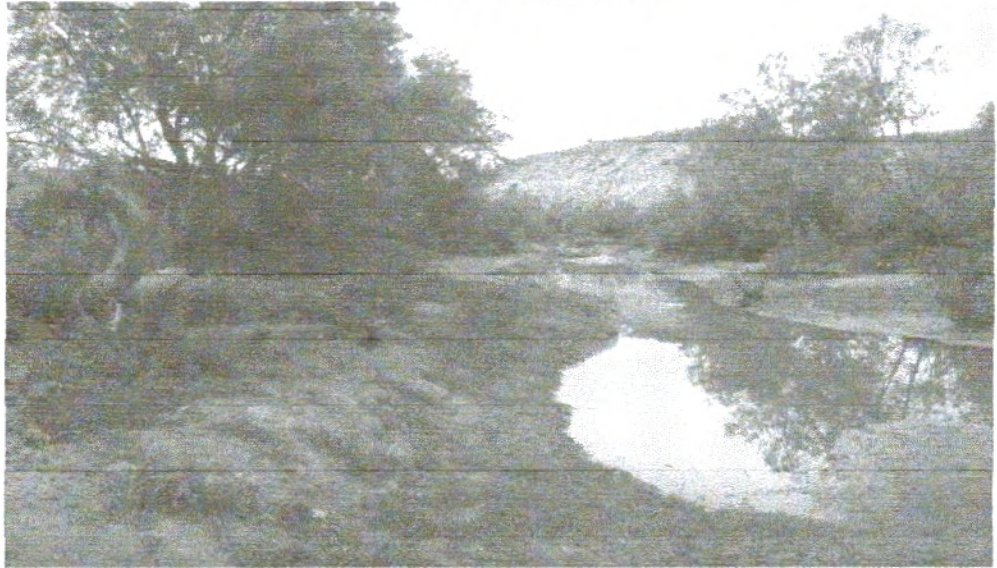


Photo 4 : Tafna – Hammam Boughrara (ORIGINAL)

1-2-5. Station Tafna – Remchi (Photo 5)

La station se trouve sur la route de Remchi en allant vers la route nationale 35.

Le substrat de l'oued est constitué de limons et d'argiles (de la vase), avec présence de pierres et de blocs, la plateforme du substrat n'est plus naturelle, elle est artificielle suite aux rejets de l'usine qui est une cause sérieuse de la perturbation de l'oued. Nous avons également relevé la présence d'un terrassement assez important dans l'oued.

L'oued est large, avec un lit mineur d'environ 20 m et un lit majeur de plus de 50 m. La végétation riveraine est réduite, avec la présence des arbres d'*Eucalyptus* et des *Tamarix gallica*.

Pour la végétation aquatique, nous avons des algues vertes filamenteuses et des bryophytes.

Partie amont de la station



Les deux rives sont naturelles : la gauche est inclinée à plate avec une végétation arborée éparses (les arbres d'*Eucalyptus*), et la rive droite est verticale avec une végétation éparses mais cette fois arbustive qui se voit dans les *Tamarix gallica* existantes et les terres agricoles, donc nous pouvons qualifier l'entourage de la station comme un environnement agricole.

Partie amont de la station



Partie aval de la station



Photo 5 : Station Tafna – Remchi (ORIGINAL)

L'eau est claire, mais parfois elle devient turbide et de couleur foncée (marron), elle est peu profonde en général. Le courant est plus ou moins fort, surtout avec le substrat artificiel qui s'est formé par les rejets de l'usine, nous remarquons qu'il y a des petites chutes d'eau ou des petites

cascales. La station est très perturbée, par les rejets des sacs de farines, de ciment ce qui indique la présence de l'activité anthropique.

1-2-6. Station Tafna – Pierre du chat (Photo 6)

La station est située au niveau des alluvions fluviales de la basse Tafna, à proximité du village de Pierre de chat (Hadjeret el Gatt). A ce niveau, le lit de la Tafna s'élargit et constitue l'hyporithal. A noter aussi qu'à cet endroit, la Tafna reçoit, sur sa rive gauche, les apports de l'oued Ed-Diab, un oued salé qui prend sa source dans les monts de Traras, au niveau de Souk El-Khemis (BENDIOUIS CHAOUI BOUDGHANE, 1991).

Latitude : 35° 10' 03"

Longitude : 1° 26' 29"

Altitude : 45m

Orientation : SW – NE

L'oued a un substrat formé essentiellement d'argile et de limons avec la présence de graviers et des pierres. Le lit de l'oued est large et présente un grand terrassement, la largeur du lit mineur est d'environ 20 m, et elle atteint les 50 m pour le lit majeur. Une végétation riveraine très réduite caractérise cette station.

L'eau y est rarement claire et présente bien souvent une teinte boueuse et même défit une mousse. La profondeur de l'eau est faible.

La station est fortement ensoleillée, la végétation est réduite et éparse, ce qui lui a donne une ambiance découverte.

Les berges sont naturelles, la rive gauche est verticale, tandis que la droite est plate, elles contiennent une végétation éparse, arbustive telle le laurier rose (*Nerium oleander*) et le *Tamarix gallica* qui est une plante halophile. Nous notons la présence des algues vertes filamenteuses dans l'eau. L'action anthropique se manifeste par le pompage de l'eau pour l'utiliser dans l'irrigation.

Partie amont de la station**Partie aval de la station**

Photo 6 : Station Tafna – Pierre du chat (ORIGINAL).

1-2-7. Station Isser amont (Photo 7)

Les principaux affluents de l'oued Isser sont les oueds Sikkak et Chouly (rive gauche) et l'oued Bou-Hadi (rive droite).

L'Isser long de 118 km, prend sa source sur le versant Nord des monts de Tlemcen à 870 m d'altitude. Il présente des eaux de qualité médiocre avant sa confluence avec la Tafna. Sa position définie à partir des coordonnées géographiques est comme suit :

Les berges des deux rives sont naturelles et verticales avec une pente importante, la végétation est dense sur la rive gauche, par contre, elle est éparse sur la droite.

La station est bien ombragée dans son ensemble, elle est entourée d'arbres et d'arbustes. L'olivier (*Olea europaea*) avoisine des arbres fruitiers tels que le figuier (*Ficus carica*) et les amandiers. La végétation naturelle de strate arbustive englobe le laurier rose (*Nerium oleander*), le jonc (*Juncus acutus*), *Typha latifolia*, des rosiers (*Rosa canina*) et du palmier nain (*Chamaerops humilis*). Diverses graminées et des menthes sauvages (*Mentha rotundifolia*) envahissent la strate herbacée.

L'environnement immédiat de la station est caractérisé par l'agriculture des arbres fruitiers et d'autres cultures. La station se situe donc dans une région agricole où l'élevage des ovins et des bovins est également pratiqué. L'action humaine directe se traduit par le pompage de l'eau pour l'agriculture. L'ensemble de ces actions viennent perturber l'oued en raison d'un apport important en matière organique et de la diminution du débit des eaux.

1-2-8. Station Isser – Remchi (Photo 8)

La station se trouve sur la route en allant vers Remchi. Son substrat est formé de dépôts hétérométriques formés de pierres et de blocs, sur un fond vaseux. Cette station peut s'assécher complètement durant la période d'été.



Photo 8 : Station Isser - Remchi (ORIGINAL)

Les berges des deux rives sont naturelles et inclinées, avec une végétation d'arbustes dense et plus ou moins homogène sur la gauche et une végétation beaucoup plus clairsemée et de différentes

Durant toute la période d'étude, oued Khemis était en hautes eaux (photo9), le lit majeur de plus de 40 mètres était complètement inondé. La profondeur de l'eau supérieure à 2m, permettait à certains pêcheurs à la canne de prendre des poissons.

Le substrat est composé d'argile et de limon (vase) sur lequel sont déposés des blocs.

La station est bien ensoleillée en raison de l'absence de strate arborée, la végétation riveraine est éparse, elle est représentée par la strate arbustive composée par le laurier rose (*Nerium oleander*), *Typha latifolia*, *Rosa canina*, *Ampelodesma mauritanica*, *Chamaerops humilis* et *Ziziphus sp*, et herbacée par la menthe sauvage (*Mentha rotundifolia*) et quelques graminées.

Les berges sont naturelles et plates, l'environnement de la station est agricole. Des cultures sont pratiquées sur les terrasses surplanchant l'oued en plus de nombreux vergers le long des berges.

L'eau y est toujours à peu près claire mais avec une charge de débris organique considérable, des zones à herbier et d'autres avec algues vertes et bryophytes sont notées.

Le pompage de l'eau pour l'irrigation et pour l'élevage est l'action humaine qui se manifeste le plus souvent dans cette station.

1-2-10. Station Chouly (Photo10)

Affluent rive gauche de l'Isser, Oued Chouly prend sa source dans les monts de Tlemcen à environ 900 m d'altitude. Il draine le versant Nord-Est des monts de Tlemcen. Sa vallée est assez fortement boisée et riche en vergers. Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

Latitude : 34° 49' 15"

Longitude : 1° 10' 55"

Altitude : 850 m

Orientation : S – N

Dans cette station d'étude, le substrat a un fond où des blocs, des cailloux, des pierres, des graviers et la vase sont emmêlés, présentant de nombreux rock-pools (petites marmites creusées dans la roche). La station a une pente assez importante entre 40% à 50%, avec un terrain formé de dolomies et de karsts. Le courant est plus ou moins rapide au niveau du lit mineur de l'oued, l'eau est limpide et fraîche.

Les berges sont naturelles, les rives sont légèrement inclinées avec la présence de vergers mais également une végétation naturelle éparse avec différentes strates : herbacée, arbustive et arborée. La rive gauche est dominée par la strate herbacée clairsemée de quelques pieds de chêne vert (*Quercus ilex*), donnant ainsi un aspect général prairial. Cependant, la rive droite un peu plus inclinée, présente une végétation éparse et diverse, composée essentiellement d'oliviers (*Olea europaea*) et d'arbres fruitiers (des pêchers).

2. Méthodes d'études

2-1. Choix des microhabitats

La détermination visuelle des faciès des cours d'eau lors d'une visite de terrain est toujours délicate. Elle peut donner lieu à des appellations et des interprétations différentes de la part de plusieurs observations (ARMITAGE *et al*, 1987).

La méthode des microhabitats permet de modéliser la capacité d'accueil physique d'un cours d'eau pour un peuplement de macroinvertébrés à partir des conditions d'habitats pour un débit donné, hauteur d'eau, vitesse et substrat (HEROIN, 2004).

Une observation de l'ensemble des sites, du bord des berges et du cours d'eau est réalisée pour définir le plan d'échantillonnage. Cette opération permet de caractériser les sites et les différents supports (pierres, sable, végétation aquatique, ... etc) qui le composent.

Les différents supports (ou microhabitats) des sites observés sont séparés, opération préalable indispensable pour effectuer l'échantillonnage suivant un protocole standardisé.

Le choix des microhabitats devrait s'effectuer à la fois en fonction de leur aptitude biogène (c'est-à-dire favorable à la vie aquatique), de leur représentativité au sein de la station et des différentes classes de vitesse du courant sur le site (DIREN, 2009).

Partant de là, nous avons retenu quatre critères pour définir un microhabitat : la vitesse du courant qui est l'élément majeur en plus de la nature du substrat, la présence ou l'absence la végétation dans l'eau qu'elle soit aquatique, semi-aquatique ou alguale et la présence ou l'absence d'ombrage.

Les microhabitats sont repérés sur une distance analogue d'environ 50m. Le choix des lieux de prélèvements est fait de manière à donner une image représentative des principaux microhabitats de chaque station.

2-2. Périodicité des sorties sur terrain

Les prélèvements ont été réalisés au niveau de dix stations situées sur la haute, la moyenne et la basse Tafna qui ont été préalablement choisies en fonction de la morphologie générale du cours d'eau.

Les communautés d'invertébrés aquatiques évoluent au cours de l'année du fait des cycles saisonniers des espèces et de l'évolution des conditions du milieu (hydrologie, température de l'eau, développement de la végétation aquatique). Aussi pour avoir une bonne image de l'ensemble du peuplement de Coléoptères selon différentes conditions, les campagnes de prélèvements ont été effectuées sur plusieurs périodes. La durée des prélèvements s'est étalée sur huit mois dont quatre

avec un pinceau fin puis étalé sur des étaloirs en émailène en attendant de les coller sur des paillettes entomologiques, Chaque individu collé est étiqueté avant d'être épinglé et rangé dans des boîtes de collection avec le nom de l'espèce, le nom de la station et la date de la récolte.

2-4. Mesures des paramètres physico-chimiques

Nous avons réalisé les mesures de cinq paramètres (Température, pH, conductivité, salinité, turbidité et oxygène dissous) et ceci pour mieux cerner les conditions physicochimiques de l'eau où se développe la faune de Coléoptères. Les mesures ont été faites à l'aide d'un appareil multiligne P4 type « WTW ».

- **La température**

C'est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (DAJOZ, 1996). Elle représente un facteur limitant de toute première importance, car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003).

La température de l'eau est un facteur important dans la vie d'un cours d'eau. Elle peut être modifiée d'une part, par les conditions locales et d'autre part par les rejets, comme elle est influencée par la température de l'air. Les résultats sont exprimés en degrés Celsius (°C).

- **Le pH**

Le potentiel hydrogène, plus connu sous le nom de « pH » permet de mesurer l'acidité ou l'alcalinité d'une solution (LOPES, 2008). C'est une mesure du degré de caractère acide (prédominance des ions H^+ sur les ions OH^-) ou basique (prédominance inverse) d'une solution aqueuse (FRONTIER et PICHOD-VIAL, 1998).

Il conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique. Ses variations n'affectent les eaux naturelles que dans des cas extrêmes (CHERKAOUI, 2006). Il joue un rôle important dans les processus biologiques.

- **La conductivité**

Elle est liée à la teneur en sels minéraux dissous dans l'eau, elle varie selon la concentration ionique de l'eau et avec la modalité des ions, donc avec la température (ARRIGNON, 1976).

L'unité de mesure communément utilisée est le Siemens (S/cm), exprimé souvent en microsiemens/cm ($\mu S/cm$) ou millisiemens (mS/cm). La conductivité est directement proportionnelle à la quantité de solide (les sels minéraux) dissous dans l'eau (AQUA

TECHNIQUE, 1999). La conductivité d'une eau est sa concentration en électrolytes, c'est-à-dire la somme des anions (ions chargés négativement) et les cations (ions chargés positivement) dissous dans l'eau (LEVEQUE, 1996). Elle permet donc 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.

- **La salinité**

La Salinité totale des eaux varie d'une quasi-déminéralisation dans le cas des lacs et des cours d'eau situés sur des terrains granitiques jusqu'à une concentration en sel atteignant plus de 200 g/l (RAMADE, 2003). Fortement liée à la conductivité, la salinité traduit le taux de NaCl présent dans l'eau. Son unité est exprimée en g /l.

- **L'oxygène dissous**

C'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 (CHERKAOUI, 2006).

L'oxygène dissous est peu soluble dans l'eau et ce gaz peut jouer un rôle de facteur limitant dans le milieu aquatique (DAJOZ, 1996). L'oxygène est un facteur écologique essentiel, il constitue normalement 35 % de volume des gaz dissous dans l'eau (ARRIGNON, 1976).

Les résultats des mesures sont exprimés soit en mg/l soit en pourcentage de saturation.

3. Méthodes d'analyse de la structure des peuplements

3-1. Etude indicielle

Les différents indices de diversité actuellement utilisés permettent d'étudier la structure des peuplements en faisant référence ou non à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité du peuplement. Toutefois, leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il manque une grande partie de l'information (GRALL et HILY, 2003).

La première étape consiste à évaluer la structure générale des peuplements à partir des deux variables que sont la richesse spécifique et l'abondance (GRALL et HILY, 2003). Ces paramètres permettent la description de la structure des peuplements à partir de :

- **L'abondance ou densité** qui est un paramètre important pour la description de la structure d'un peuplement. La densité d'une population ou nombre d'individus présents par unité de surface ou de volume (RAMADE, 2003) est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.
- **La richesse spécifique totale S**, étape de base dans l'étude des communautés, consiste à obtenir (BOULUNIER et *al*, 1998), le nombre total des espèces que comporte le peuplement considéré (RAMADE, 2003). Elle est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'état d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité ainsi que dans l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la biodiversité (NICHOLAS et *al*, 1998).
- **La richesse spécifique moyenne \bar{S}** correspond au nombre moyen des espèces présentes dans un échantillonnage du biotope (RAMADE, 1984).

$$\bar{S} = \sum S_p / P$$

S_p : Richesse spécifique d'un prélèvement de rang p

P : Nombre total des prélèvements.

- **La dominance** est nécessaire quand on s'intéresse à la structure taxonomique du peuplement (abondance relative des différents groupes taxonomiques), mais également aux rangs respectifs des principales espèces qui le constituent, et ce par l'intermédiaire du paramètre présence-dominance (GLEMAREC, 1964).
- **L'indice de diversité de Shannon-Wiener H'** (DAGET, 1976, BLONDEL, 1979, LEGENDRE et LEGENDRE, 1979, BARBAULT, 1981) présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (CHARDY et GLEMAREC, 1977).

L'indice de Shannon-Wiener H' (SHANNON et WEAVER, 1963), convient bien à l'étude comparative des peuplements parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon (RAMADE, 1984). Il prend en compte à la fois la richesse spécifique et l'abondance relative de chaque espèce, permettant de caractériser l'équilibre écologique du

en France par GRALL et GLEMAREC (1997) sur les peuplements des fonds de Merl. HILY et BOUTEILLE (1999) l'ont utilisé dans l'étude des changements de la diversité spécifique et trophique. Au Maroc, ce modèle a été utilisé par BAZAÏRI (1999) pour caractériser la structure et la diversité de peuplements de la lagune de Merja Zerga et ceux de la lagune méditerranéenne de Smir (CHAOUTI, 2003).

Ce modèle correspond à une représentation graphique simple, dans un plan à deux dimensions, où sont confrontés l'indice de diversité H' de Shannon-Wiener en axes des ordonnées et la richesse spécifique exprimée en $\log_2(S)$ ou diversité maximale en abscisses, alors que la diagonale exprime l'équitabilité

Chaque communauté ou site est représentée sur le diagramme par un point suivant les deux axes, c'est-à-dire, les valeurs de H' et de $\log_2(S)$ (CHERKAOUI, 2006).

➤ **La fréquence d'occurrence ou constance des espèces**

Appelée aussi indice de constance au sens de DAJOZ (1976), la fréquence d'occurrence est le rapport exprimé sous la forme d'un pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce prise en considération sur le nombre total de relevé (DAJOZ, 1971).

Elle est calculée par la formule :

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

P_i : Le nombre de prélèvement où l'espèce est présente

P : Le nombre total des prélèvements

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

C = 100 % espèce omniprésente

C =] 100 – 75] espèce constante

C =] 75 – 50] espèce fréquente

C =] 50 – 25] espèce commune

C =] 25 – 5] espèce accessoire

C < 5 % espèce rare.

➤ **L'indice de dispersion et le type de répartition des espèces par station**

L'étude de la distribution spatiale des populations est une démarche essentielle pour la compréhension des processus démo-écologiques. L'analyse statistique des effectifs propres aux différents échantillons prélevés permet de déterminer cette distribution dans l'espace RAMADE, 2003).

Cet indice est calculé comme suit :

$$\delta^2 = \sum (x_i - m)^2 / n-1$$

xi : Le nombre d'individus de l'espèce du rang *i*

m : La moyenne du nombre d'individus de tous les prélèvements de l'espèce du rang *i*

n : Le nombre de prélèvements total.

On se trouve avec quatre types de répartition :

$\delta^2 = 0$: Répartition uniforme

$\delta^2 = m$: Répartition aléatoire ou en agrégat

$\delta^2 < m$: Répartition régulière

$\delta^2 > m$: Répartition contagieuse.

➤ **L'indice de similitude de Jaccard**

Les indices de similitude 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 (RAMADE, 2003).

L'indice de Jaccard est un coefficient d'association connu pour étudier la similarité entre les échantillons pour des données binaires, il est calculé par l'expression qui suit :

$$J = c / (a+b+c)$$

a : nombre d'espèces présentes uniquement dans relevé a

b : nombre d'espèces présentes dans relevé b uniquement

c : nombre espèces communes

Cet indice varie de 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives (YOUNESS et SAPORTA, 2004).

- **Indice FDM** Deux paramètres sont réunis la fréquence d'occurrence *F* et la dominance moyenne. *F* appelé aussi constance au sens de DAJOZ (1975), désigne le rapport entre le nombre de prélèvements où l'on trouve l'espèce (*i*) et le nombre total de prélèvements réalisés au sein d'une même station exprimée en pourcentage. *DM* est calculée à partir de la moyenne de l'abondance relative de chaque espèce de la totalité des prélèvements.

D'après GLEMAREC (1964), le produit Fréquence x Dominance Moyenne (FDM) caractérise mieux les entités du peuplement. Il permet, en effet, de déterminer la place relative de chaque espèce à l'intérieur de l'entité considérée et de visualiser les affinités entre les différents peuplements. Ce facteur FDM a été repris par de nombreux auteurs (LE BRIS, 1988; MORA et al, 1989; BAYED, 1991; AFLI, 1999; AFLI et GLEMAREC, 2000; CHAOUTI, 2003; BAZAÏRI et al, 2003; CHERKAOUI et al, 2003).

3-2. Traitements statistiques des données

3-2-1. Test statistique simple : corrélation de Pearson

Le test de PEARSON calcule et élabore des matrices de coefficients de corrélation r ainsi que des covariances pour toutes les paires de variables d'une liste (option de matrice carrée) ou pour chaque paire de variables formée en prenant une variable de chacune de deux listes de variables (option de matrice rectangulaire) (ANONYME, 2008).

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre les deux séries de données (HELD, 2010), il peut prendre les valeurs (-1) à (1). Une valeur de (+1) montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante ; une valeur de (-1) montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissante, et une valeur de 0 montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles. Il est considéré comme une forte corrélation si le coefficient de corrélation est supérieur à 0,8 et une faible corrélation si le coefficient de corrélation est inférieur à 0,5 (BOLBAOCĂ et JÄNTSCHI, 2006).

3-2-2. Méthodes statistiques multivariées

Les méthodes utilisées dans ce travail s'appuient sur l'analyse factorielle des correspondances (AFC), l'analyse en composantes principales (ACP) et la classification ascendante hiérarchique (CAH) (BENZACRI, 1973).

- a. L'AFC est une méthode d'ordination couramment utilisée en études biologiques (CHARDY *et al*, 1976 ; DESPREZ, 1981 ; DAUVIN, 1984 ; HILY, 1984 ; LE BRIS, 1988). Son utilisation est partiellement adaptée aux tableaux observations / variables qui présentent un grand nombre de zéro. Son but est de donner la meilleure représentation simultanée des groupements d'observations et des groupements de variables, permettant d'obtenir une correspondance entre groupes d'espèces et groupes de stations (MENESGUEN, 1980). L'AFC permet d'ordonner les valeurs d'un tableau suivant un certain nombre d'axes correspondant à des facteurs de distribution (THIOULOUSE et CHESSEL, 1997). Elle consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique (GRALL et HILY, 2003). Selon HILL (1974), l'AFC réalisée à partir des abondances des espèces aide à déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupe.
- b. L'Analyse en Composante Principale (ACP) fait partie des analyses descriptives multivariées. Le but de l'utilisation de cette analyse est de résumer le maximum d'informations possibles en perdant le moins possible pour faciliter l'interprétation d'un grand nombre de données initiales ou bien de donner plus de sens aux données réduites (LE MOAL, 2002).

Cette analyse consiste à transformer les « p » variables quantitatives initiales inter-corrélées en « p » variables quantitatives corrélées ou non appelées « composantes principales » (DERVIN, 1988). L'ACP traite les données numériques contrairement à l'AFC qui peut traiter les données qualitatives (BOUROCHE et SAPORTA, 1980).

Elle vise à mettre en évidence, sous forme graphique, le maximum de l'information continue dans un tableau de données d'un grand nombre de descripteurs, 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 cette 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 ; LEGENDRE et LEGENDRE, 1979).

L'ACP permet donc de réduire des tableaux de grandes tailles en un petit nombre de variables (2 ou 3 généralement) tout en conservant un maximum d'information. Les variables de départ sont dites 'métriques' (LE MOAL, 2002).

- c. La classification hiérarchique ascendante (CAH) consiste à agréger progressivement les individus selon leur ressemblance, mesurée à l'aide d'un indice de similarité ou de dissimilitude (DUCHEZ et LOY, 2005).

Cette méthode de classification est destinée à produire des groupements décrits par un certain nombre de variables ou caractères (LEBART et *al*, 1982). Elle procède en fait à la construction des classes (paquets) par agglomération successive des objets deux à deux, qui fournissent une hiérarchie de partition des objets. Il existe plusieurs méthodes de CAH et plusieurs choix de calcul de la distance entre deux objets, deux classes ou un objet et une classe (BENZECRI, 1973). C'est l'indice de Bray-Curtis qui a été retenu, avec la technique de regroupement agglomératif moyen, comme le recommandent LEGENDRE et LEGENDRE (1984).

Chapitre III
Résultats et interprétations

1. Etude des caractéristiques physiques et physico-chimiques

1-1. Caractéristiques physiques et individualisation des microhabitats

Lors de la présente étude, quatre paramètres physiques ont été pris en compte : le type de courant qui est un paramètre clé, la nature du substrat, la végétation aquatique et semi-aquatique existante, l'ombrage ou l'ensoleillement. Les paramètres choisis ont pour but de mettre au point une typologie des habitats à une micro-échelle. Pour chaque relevé effectué, les quatre paramètres sont notés.

Durant les huit mois d'étude et dans les dix stations étudiées, 154 relevés ont été réalisés correspondant ainsi à 154 microhabitats prospectés. La Classification Hiérarchique Ascendante (CAH) de similarité est alors utilisée pour le regroupement des relevés les plus ressemblants physiquement. L'analyse est donc réalisée à partir de la matrice composée de 154 relevés (lignes) et de 19 caractéristiques physiques (colonnes) portée en annexe 2, réparties entre cinq types de courant, six types de substrat, quatre types de végétation, deux types d'éclairement et deux positions (au centre ou aux bords du cours d'eau).

Le dendrogramme issu de cette CAH de similarité (Fig. 14) a fait apparaître 42 groupes, où chaque groupe englobe entre 1 à 10 relevés effectués caractérisés par des paramètres physiques homogènes. Pour mieux résumer les résultats du dendrogramme, le tableau 2 est établi montrant clairement les caractéristiques physiques propres à chaque microhabitat individualisé.

Le nombre de microhabitats reflète l'hétérogénéité spatiale et la diversité des habitats aquatiques à l'échelle des organismes. Les microhabitats se répartissent inégalement entre les dix stations étudiées (Tab. 3). Ainsi, la station de Chouly est la plus diversifiée avec 20 microhabitats individualisés, par contre, les stations de Khemis et de Tafna-Sabra sont les moins diversifiées, avec seulement quatre microhabitats. En dehors de ces valeurs extrêmes, les sept stations restantes ont un nombre de microhabitats qui varie entre 9 et 14.

Nous remarquons également qu'aucune station n'est similaire à une autre station. Les stations sont très diverses de par leur composition en microhabitats (Tab. 3). Les microhabitats les plus fréquents sont MH28, MH27, MH22 et MH41. Le microhabitat MH28, caractérisé par un courant nul, un substrat avec de la vase, sable et limon, des granulats grossiers, des sédiments minéraux de grande taille ainsi que des éléments organiques grossiers et une végétation aquatique algale a été relevée dans sept stations. Alors que les autres microhabitats ont été repérés dans six stations. Les caractéristiques du microhabitat MH27 sont un courant lent, un substrat constitué de la vase, du sable et limon, des granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille, et de même des algues pour la végétation aquatique. Le courant moyen, le substrat composé de sable et limon, de la vase, des granulats grossiers, des sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers, et la végétation aquatique représentée par des algues caractérisent le microhabitat MH22.

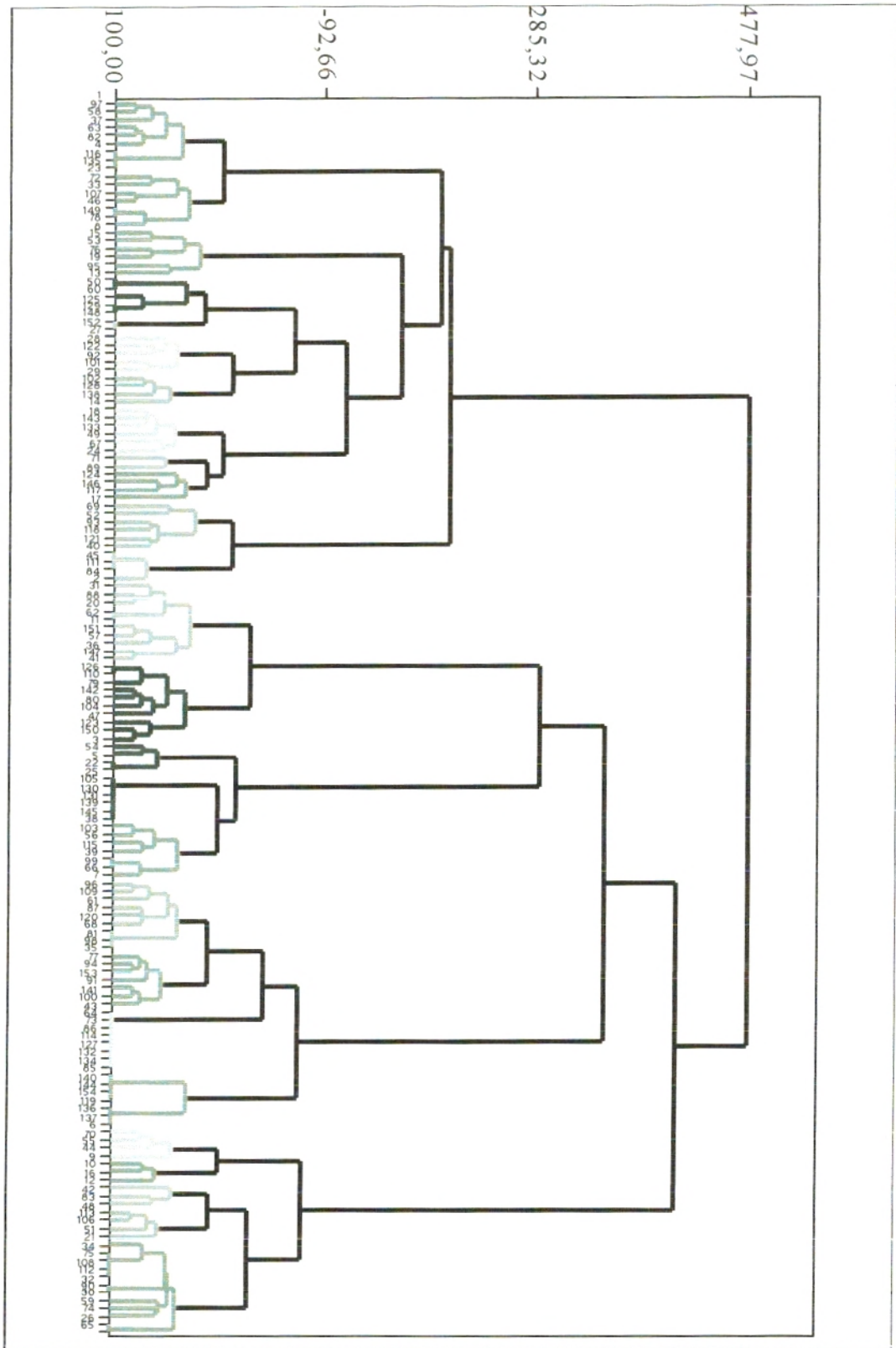


Figure 14 : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice des caractéristiques physiques des 154 microhabitats prospectés lors des huit mois d'étude dans dix stations.

Tableau 2: Caractéristiques des microhabitats individualisés.

	Courant	Type de substrat	Végétation aquatique	Végétation rives	Eclaircement	Nbre	F
H1	rapide	sable et limon, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille, éléments organiques grossiers	algues	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	6	0,039
H2	rapide	granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	/	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	3	0,019
H3	rapide	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	spermaphytes émergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	7	0,045
H4	nul	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille, éléments organiques grossiers	Bryophytes, algues, spermaphytes immergées et émergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	5	0,032
H5	rapide	granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	bryophytes	arbustive, arborée	ensoleillé	1	0,006
H6	nul	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	algues	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	5	0,032
H7	nul	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	spermaphytes émergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	2	0,013
H8	moyen	surface artificielle	algues	arbustive, arborée	ensoleillé	1	0,006
H9	nul	vase	algues, spermaphytes émergées	arbustive, arborée	ensoleillé	3	0,019
H10	moyen	surface artificielle	algues	arbustive, arborée	ensoleillé	1	0,006
H11	rapide	granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille, éléments organiques grossiers	algues	arbustive, arborée	ensoleillé	3	0,019
H12	nul	surface artificielle	/	arbustive, arborée	ensoleillé	1	0,006
H13	nul	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille, éléments organiques grossiers	algues, spermaphytes immergées et émergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	5	0,032
H14	lent	sable et limon, vase	spermaphytes immergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	1	0,006
H15	très rapide	sable et limon, vase, sédiments minéraux de grande taille	spermaphytes immergées	herbacée, arbustive	ensoleillé	2	0,013
H16	lent	granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	spermaphytes immergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	1	0,006
H17	rapide	sable et limon	spermaphytes immergées et émergées	herbacée, arbustive, arborée	ombragé	1	0,006
H18	très rapide	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	algues, spermaphytes immergées et émergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	2	0,013
H19	rapide	éléments organiques grossiers	algues, spermaphytes émergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	6	0,039
H20	très rapide	granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	algues	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	4	0,026
H21	moyen	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille, éléments organiques grossiers	algues, spermaphytes émergées	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	10	0,065
H22	moyen	sable et limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille, éléments organiques grossiers	algues	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	10	0,065
H23	rapide	sable et limon, vase, granulats grossiers	algues	herbacée, arbustive, arborée	ensoleillé	3	0,019
H24	lent	sable et limon, vase, granulats grossiers	algues	arbustive, arborée	ensoleillé	1	0,006

H26	lent	sable et limon,vase	/	hebacés,arbustive	ensoleillé	3	0,019
H27	lent	sable et limon,vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	algues	herbacée, arbustive,arborée	ensoleillé	7	0,045
H28	nul	sable et limon,vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille,éléments organiques grossiers	algues	herbacée, arbustive,arborée	ensoleillé	9	0,058
H29	nul	sable et limon,vase,sédiments minéraux de grande taille	algues, spermaphytes émergées	herbacée, arbustive,arborée	ensoleillé	7	0,045
H30	nul	vase,sable et limon	/	herbacée,arbustive	ensoleillé	8	0,052
H31	nul	granulats grossiers,vase,sable et limon	spermaphyte émergées	herbacée, arbustive,arborée	ensoleillé	4	0,026
H32	rapide	sable et limon,granulats grossiers	spermaphyte émergées	arbustive,arborée	ensoleillé	1	0,006
H33	nul	granulats grossiers,sable et limon	spermaphyte émergées	arbustive,arborée	ensoleillé	2	0,013
H34	nul	sable et limon,vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille,éléments organiques grossiers	algues, spermaphytes émergées	herbacée, arbustive,arborée	ombragé	4	0,026
H35	nul	vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille,éléments organiques grossiers	/	herbacée, arbustive,arborée	ensoleillé	1	0,006
H36	lent	vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille,éléments organiques grossiers	algues, spermaphytes émergées	herbacée, arbustive,arborée	ensoleillé	2	0,013
H37	rapide	granulats grossiers	/	herbacée, arbustive,arborée	ombragé	1	0,006
H38	rapide	granulats grossiers	/	arbustive	ombragé	1	0,006
H39	lent	sable et limon,vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille	algues, spermaphytes émergées	herbacée, arbustive,arborée	ombragé	4	0,026
H40	nul	granulats grossiers	algues	arbustive	ombragé	1	0,006
H41	nul	sable et limon,vase, sédiments minéraux de grande taille, granulats grossiers	algues, spermaphytes immergées et émergées	herbacée, arbustive,arborée	ombragé	11	0,071
H42	moyen	sable, limon et vase	/	arbustive,arborée	ombragé	1	0,006

Tableau 3 : Répartition des microhabitats par station

	Ghar Boumaâza	Hounche	Khemis	Chouly	Isser-amont	Isser-Remchi	Pierre du chat	Tafna-Remchi	Tafna-Bougrara	TafnaS abra
MH1	X	X				X	X			
MH2		X		X		X				
MH3	X			X			X		X	
MH4			X		X	X				X
MH5						X				
MH6				X		X	X	X		
MH7	X			X						
MH8								X		
MH9						X		X		
MH10					X					
MH11								X		
MH12								X		
MH13				X	X			X		
MH14										X
MH15							X		X	
MH16				X						
MH17				X						
MH18	X					X				
MH19				X	X			X		
MH20		X		X						
MH21	X			X		X	X		X	
MH22	X	X		X		X	X		X	
MH23	X	X			X					
MH24						X				
MH25					X			X	X	
MH26	X						X		X	
MH27	X	X		X		X	X	X		
MH28	X	X		X	X	X	X	X		
MH29				X	X			X		X
MH30	X		X				X		X	
MH31			X	X	X					
MH32					X					
MH33						X	X			
MH34		X	X		X			X		
MH35				X						
MH36				X	X					
MH37				X						
MH38		X								
MH39		X		X					X	
MH40		X								
MH41		X		X		X	X		X	X
MH42								X		
Nombre	11	12	4	20	12	14	12	13	9	4

Cependant, le MH41 présente un courant nul, un fond vaseux constitué essentiellement de sable et limon, où reposent des sédiments minéraux de grande taille et des granulats grossiers, la végétation aquatique y est représentée par des algues et des spermaphytes immergées et émergées.

Parmi les 42 microhabitats individualisés, 15 ont été relevés dans une seule station (Tab. 3). Ces microhabitats se répartissent entre six stations, 4 dans la station de Chouly (MH16, MH17, MH35, MH37), de même que dans la station Isser-Remchi (MH8, MH11, MH12, MH42), 2 dans la Station Hounche (MH38 et MH40), 2 dans la station Isser-amont (MH10, MH32) et 2 également dans la station Isser-Remchi (MH5, MH24) et enfin la station Tafna-Sabra avec un seul microhabitat.

Il est bien établi que la vitesse de l'eau est le facteur clé qui a permis de déterminer le microhabitat. Nous l'avons mesuré dans les 154 relevés effectués et nous l'avons exprimé en cinq types de courant. Cette typologie résulte au fait de l'établissement de cinq classes de vitesse de l'eau, ces classes ont été définies en tenant compte des données du dictionnaire de normalisation de données biologiques établis par un groupe d'expert en hydrobiologie (SANDRE, 2008) que nous avons légèrement ajustées aux données obtenues directement sur le terrain d'étude.

Il nous semble assez important de montrer l'importance de chaque classe de vitesse par rapport au total de relevés (154) mais également des 42 microhabitats individualisés puis des 29 microhabitats hospitaliers accueillants des Coléoptères. Les résultats sont regroupés dans une même figure (Fig. 15) montrant l'évolution des proportions des classes de vitesses.

Les microhabitats à courant nul sont les plus dominants (37,7%) donnant aux cours d'eau de la Tafna un faciès de milieu stagnant. Les microhabitats à courant très rapide sont les moins observés, les courants très rapides et rapides constituent presque 26% des microhabitats offrant ainsi un faciès lotique hébergeant essentiellement des taxons rhéophiles. Les microhabitats à courant plus lent sont relativement importants, le courant moyen représente 24% des microhabitats prospectés contre 12,3% à courant lent soit un total de 36,3% de microhabitats à faciès lentique. Il est assez clair que le faciès lentique l'emporte largement sur le faciès lotique.

Dans les microhabitats individualisés par classification ascendante hiérarchisée les proportions semblent quelque peu modifiées pour les courants de type moyens et lents. Par ailleurs, les faciès ne semblent pas être modifiés. Les microhabitats d'eau stagnante reste les plus importants et les microhabitats à courant rapide et très rapide sont les moins réguliers.

Sur les 42 microhabitats individualisés, 13 microhabitats se sont avérés inhospitaliers aux Coléoptères. Ce sont les 29 microhabitats abritant au moins 2 individus qui vont servir à mieux comprendre la répartition et l'inféodation des espèces en fonction des caractéristiques principalement physiques de chaque microhabitat.

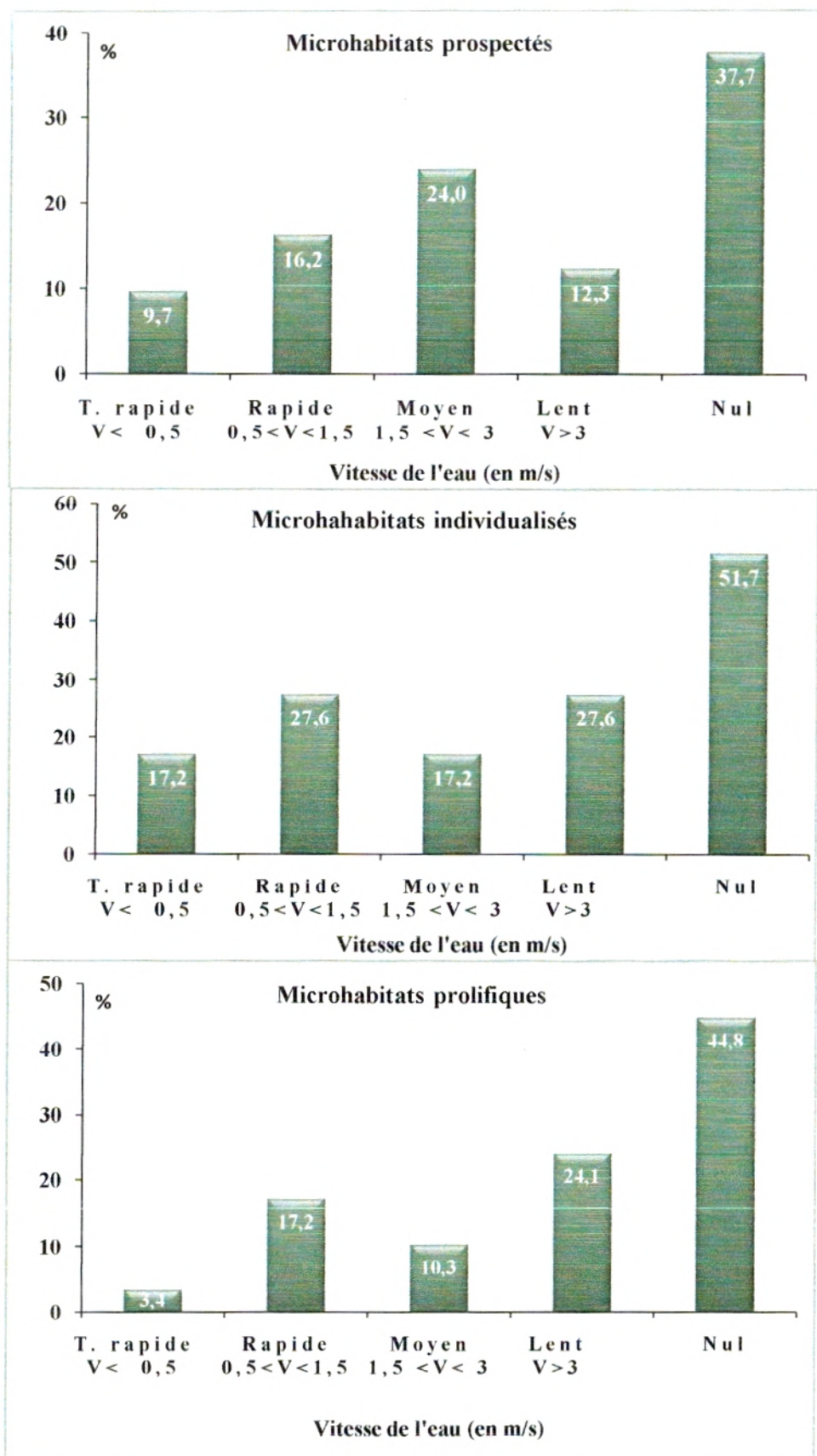


Figure 15 : Importance relative des types de courants en fonction des classes de vitesses de l'eau

Pour pouvoir les distinguer des précédents, nous qualifierons microhabitats prolifiques. Les proportions ne diffèrent pas les faciès lentiques l'emportent avec presque 70% contre les faciès lotiques nettement moins importants.

1-2. Caractéristiques physico-chimiques

1-2-1. Analyse des paramètres mesurés

Les paramètres physico-chimiques procurent des indications sur la qualité de l'eau et les conditions écologiques où vivent les Coléoptères, mais souvent elles sont sujettes à des changements liées soit à des activités anthropiques ou des variations climatiques qui modifient les caractéristiques d'une eau. Les résultats des paramètres physicochimiques -placés en annexe-enregistrés au cours de la période d'étude sont analysés chacun isolément au moyen de représentations graphiques puis synthétisés à travers une analyse en composantes principales. Les résultats de chaque paramètre mesuré dans chaque station sont exprimés par la moyenne et l'écart-type (Tab. 4).

Tableau 4 : Les moyennes calculées des paramètres physico-chimiques mesurés

	Température de l'eau (°C)	pH	Conductivité (µs/cm)	Salinité (mg/l)	Oxygène dissous (mg/l)
Ghar Boumaâza	16,76 ± 1,10	7,78 ± 0,51	507,2 ± 271,87	0,06 ± 0,05	14,16 ± 12,41
Houche	18,84 ± 2,11	8,22 ± 0,13	1562,25 ± 959,17	0,3	9,05 ± 2,53
Khemis	20,85 ± 3,08	8,32 ± 0,08	566,50 ± 38,33	0	8,27 ± 3,91
Chouly	20,16 ± 5,05	8,52 ± 0,35	497,60 ± 20,81	0	5,62 ± 3,94
Isser amont	18,16 ± 1,47	8,13 ± 0,44	802,60 ± 15,53	0,16 ± 0,05	7,19 ± 1,72
Isser-Remchi	20,65 ± 4,16	8,17 ± 0,22	3435 ± 1273,85	1,65 ± 0,64	7,47 ± 2,02
Pierre de chat	21 ± 3,76	8,49 ± 0,12	2135 ± 271,60	0,95 ± 0,17	10,30 ± 3,27
Tafna-Remchi	21,77 ± 4,33	8,42 ± 0,21	3388 ± 3124,56	1,70 ± 1,87	7,56 ± 2,11
Tafna-Bouhrara	19,20 ± 2,23	8,06 ± 0,12	2167 ± 1742,56	0,95 ± 1,03	10,23 ± 0,54
Tafna - Sabra	22,6 ± 6,08	8,23 ± 0,36	1034,75 ± 315,25	0,3 ± 0,21	5,97 ± 1,09

➤ Température de l'eau

La température est un facteur important du milieu (DAJOZ, 1996) et selon ANGELIER (1962), elle est considérée comme « un régulateur de la biomasse ».

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, plus cette dernière se réchauffe plus la température de l'eau augmente, comme elle est directement liée à la

durée d'exposition à l'ensoleillement, la faible profondeur de l'eau et l'heure de prélèvement. L'heure des mesures lors de cette étude se situe entre 9h et 16h.

Les températures moyennes varient peu d'une station à une autre. Le coefficient de variation tenant compte du rapport de l'écart-type et de la moyenne est de 15%, ceci prouve une faible variabilité inter-station. La valeur minimale (16,76°C) est affichée dans la station de Ghar Boumaâza et la valeur maximale (22,6°C) dans la station de Tafna-Sabra. Les moyennes thermiques sont inférieures à 20°C dans les stations de Ghar Boumaâza, de Hounche, d'Isser-amont et de la Tafna-Boughrara. Elles sont autour de 20°C pour les stations Khemis, Chouly et Isser-Remchi. Alors que les trois stations de Pierre du chat, Tafna-Remchi et Tafna-Sabra affichent des températures légèrement plus élevées de l'ordre de 21°C.

Les écarts de températures les plus importants sont notés au niveau des stations de Chouly, et Tafna-Sabra. Le coefficient de variation, inférieur à 21, témoigne de la faible variabilité intra-station pour la majorité des stations (8/10).

Pour mieux illustrer les variations des températures enregistrées dans l'espace et dans le temps, nous avons construit la figure suivante

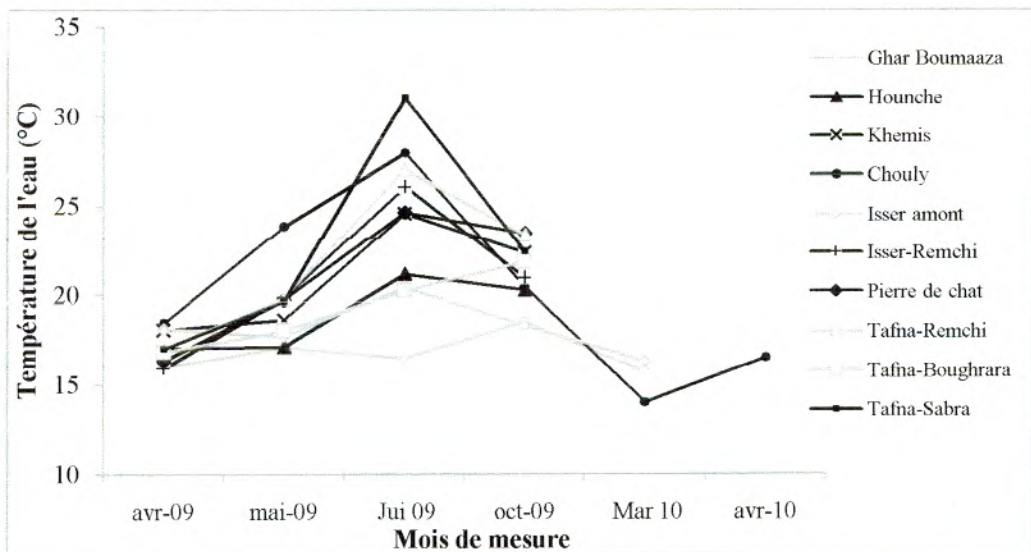


Figure 16 : Variation spatio-temporelle de la température d'eau.

Dans nos dix stations, la faune a été récoltée entre un minimum de 14°C à Chouly pendant le mois de mars 2010 et un maximum de 31°C à la station de Tafna-Sabra durant le mois de juin 2009.

➤ Le pH

Le pH des eaux naturelles dépend de l'origine des eaux et il est lié à la nature des terrains traversés (CHERKAOUI, 2006). Ce paramètre est important pour définir le caractère agressif ou incrustant d'une eau.

Le pH ne varie pas beaucoup durant toute la période d'étude dans toutes les stations d'étude. A l'exception de la station de Ghar Boumaâza qui affiche la moyenne la moins élevée de 7,78, toutes les autres stations sont marquées par des valeurs entre 8,06 et 8,52. Les eaux sont neutres à légèrement alcalines.

La variabilité temporelle du pH (Fig. 17) est illustrée afin de mettre en évidence les écarts entre les valeurs enregistrées au cours de la période d'étude.

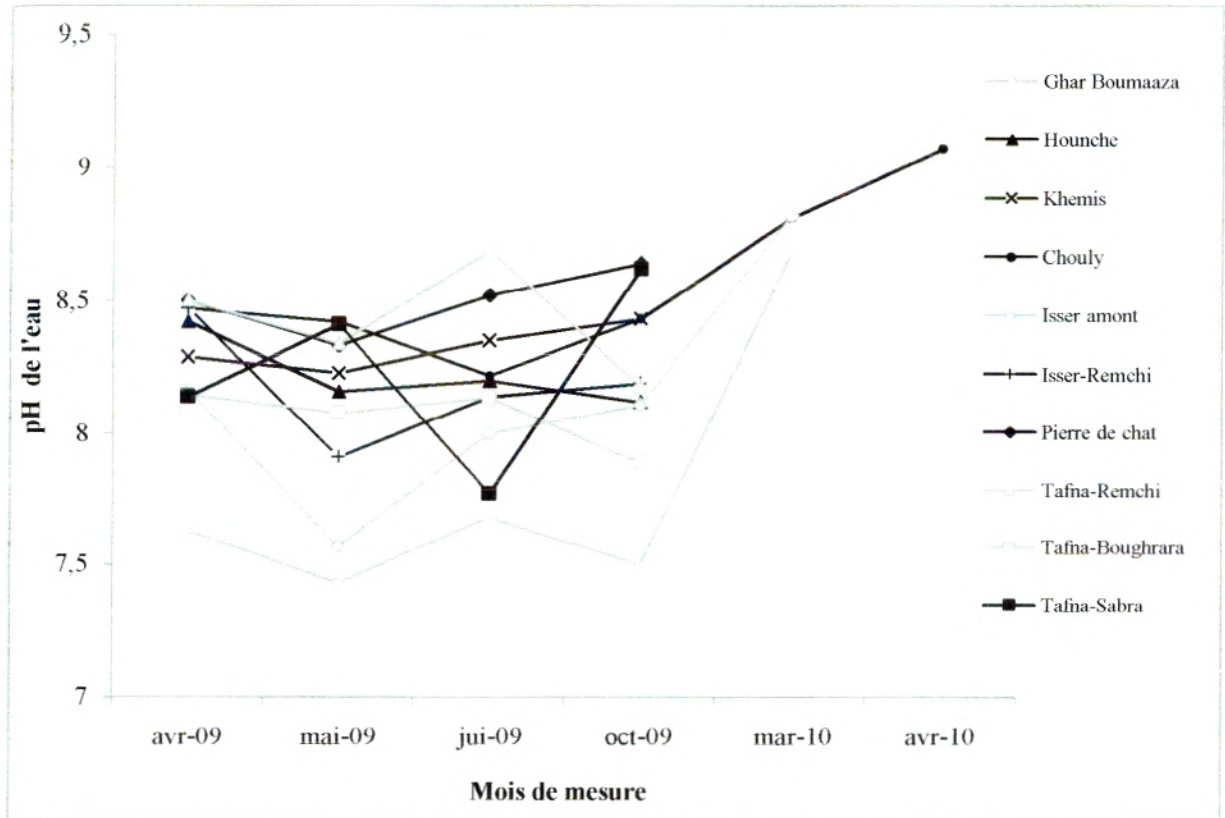


Figure 17 : Variation spatio-temporelle du pH.

Dans la plupart des stations, l'eau a généralement un pH légèrement alcalin, peu variable d'une station à une autre et d'un mois à un autre. Les quelques valeurs extrêmes sont notées soit dans la station de Ghar Boumaâza, où le pH est neutre au cours des quatre mois de mesure puis devient alcalin au cours du mois de mars 2010 avec une valeur de 8,68 soit dans la station de Chouly qui affiche une valeur extrême qui excède 9, enregistrée au cours du mois d'avril 2010.

Les pH alcalins pourraient être expliqués par des rejets de produits de nettoyage (détergents) ou encore l'épandage de certains pesticides ou bien à la nature calcaire des terrains traversés (AUTHIER, 1981).

➤ La conductivité

La teneur de la conductivité augmente quand les terrains en contact avec l'eau chargée en sel, en fonction de la durée du contact, de la surface de contact et parfois de la vitesse d'écoulement (ARRIGNON, 1976).

La conductivité dans nos stations présente des valeurs plus ou moins élevées (> à 600µs/cm) selon NISBET et VERNAUX (1976). Une conductivité élevée traduit une minéralisation élevée qui peut être naturelle ou artificielle.

Mesurée pendant toute la période d'étude, elle montre différentes variations d'une date à une autre et d'une station à une autre (Fig. 18). Les fluctuations des valeurs de conductivité sont dues à l'effet de dilution dû à des précipitations surtout pour l'année 2009 qui était une année exceptionnelle durant laquelle nous avons noté des quantités importantes de précipitations. Cette dilution favorise l'augmentation du débit, permettant ainsi une meilleure oxygénation et minéralisation du milieu. Les fluctuations peuvent être également dues à la pollution par les eaux usées des zones urbaines de Sebdou et de Maghnia, par des rejets des déchets solides et des déchets liquides d'usines.

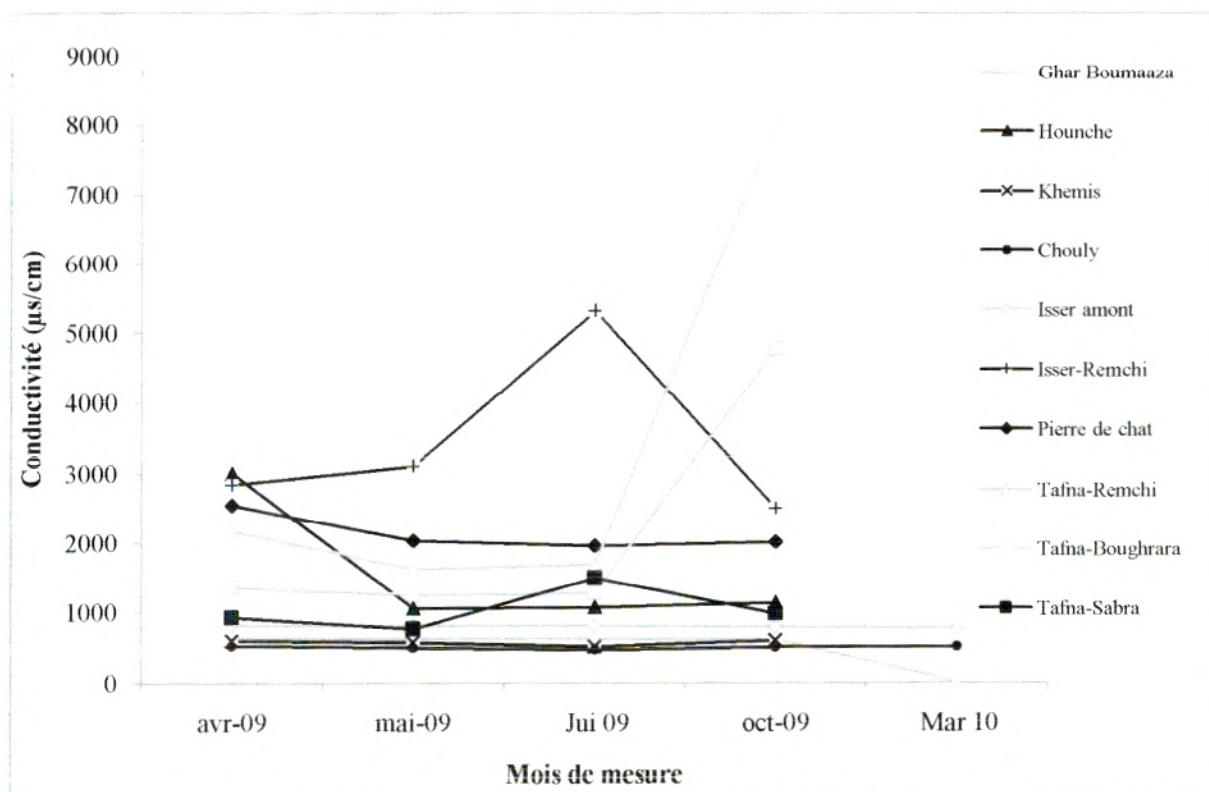


Figure 18 : Variation spatio-temporelle de la conductivité.

La variabilité inter-station est très nette. Les eaux les moins minéralisées sont celles de Chouly avec une valeur de conductivité de moins de $500\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Cette conductivité est moyenne dans les stations amont de Ghar Boumaâza, Khemis et Isser-amont. Elle augmente considérablement dans les stations plus en aval où la moyenne extrême calculée est de l'ordre de $3435\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, notée dans la station Isser-Remchi.

La station de Ghar Boumaâza (source de la Tafna) et la station de Chouly se caractérisent par les valeurs les plus faibles de conductivité, probablement parce que ces stations sont loin des pollutions et à l'abri d'une action anthropique intense.

Si les écarts ne sont pas considérables dans les stations de Chouly, Isser-amont, Pierre de chat, Tafna sabra, Khemis et Ghar Boumaâza, les quatre stations restantes laissent apparaître une variabilité temporelle notable.

Selon GAGNEUR (1987), ces valeurs élevées sont liées à la nature des terrains traversés, et les considère comme normales pour les oueds de l'Afrique du Nord. Tenant compte des classes proposées par NISBET & VERNEAUX (1976), les eaux présentent une minéralisation élevée ($>600\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) qui a tendance à augmenter de l'amont vers l'aval. Cette minéralisation importante à tous les niveaux serait due aux apports de matière organique provenant de plusieurs zones de production.

➤ La salinité

La salinité d'une eau est la concentration en électrolyte (LEVEQUE, 1996), elle est plus ou moins proportionnelle à la valeur de la conductivité. La salinité des eaux douces est inférieure à $0,5\text{g/l}$ (RODIER, 2005).

Les valeurs de la salinité restent faibles pendant toute la période de mesure dans les stations de l'amont (Ghar Boumaâza, Hounche, et Isser amont) (Annexe 3). Dans les deux stations Khemis et Chouly, la salinité est nulle. Pour la station Tafna-Sabra, malgré les légères fluctuations, elle reste dans les normes d'une eau douce normale avec une moyenne de $0,3\text{g/l}$ et très peu d'écart entre les valeurs à l'exception du mois de juin 2009 où nous avons enregistré une valeur maximale de $0,6\text{g/l}$.

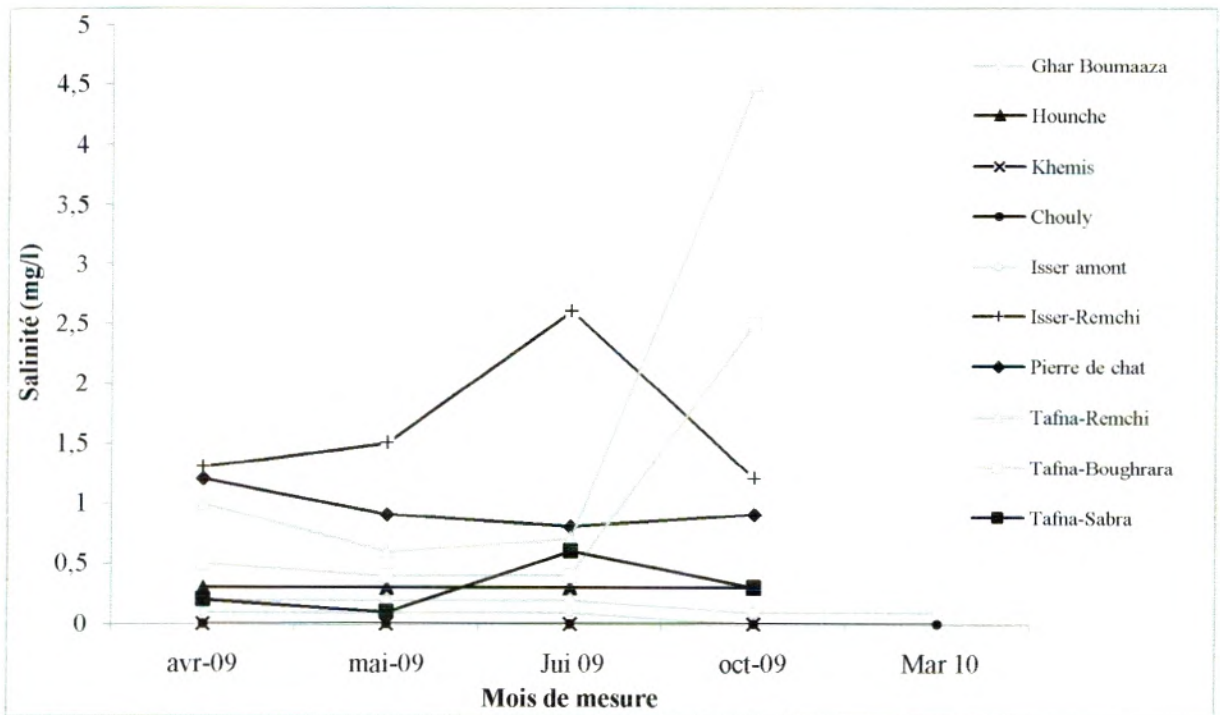


Figure 19 : Variation spatio-temporelle de la salinité.

Par ailleurs, les quatre stations qui restent Isser-Remchi, Pierre de chat, Tafna-Remchi et Bouhrara, affichent des valeurs élevées avec une moyenne entre 0,95g/l et 1,7g/l ce qui signifie qu'il y a probablement un fort apport en sels minéraux d'origine naturelle et artificielle.

➤ 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 est peu soluble dans l'eau (DAJOZ, 1996), il 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 dix stations étudiées ; les résultats sont traduits en courbes et consignés dans la figure 20.

Il y a beaucoup de variations des teneurs en oxygène dissous dans toutes les stations, il y a des diminutions et des augmentations, probablement dues aux variations climatiques, comme par exemple en période de fortes pluies où les courants d'eau seront très forts, donc une bonne oxygénation de l'eau ce qui favorise l'augmentation des teneurs en oxygène dissous, ou bien à cause de l'augmentation de la température, où il y a un accroissement végétal d'où la formation de

la fleur d'eau, un tapis alguaie qui couvre une bonne surface de l'eau, donc pas d'accès des rayons solaires, ce qui va favoriser une augmentation de l'activité bactérienne dans le milieu aquatique, donc le résultat est la diminution des teneurs en oxygène dissous.

En moyenne, la station de Chouly présente la valeur la plus faible en oxygène dissous avec 5,62 mg/l, tandis que, la valeur la plus élevée est enregistrée dans la station de Ghar Boumaâza avec 14,16 mg/l.

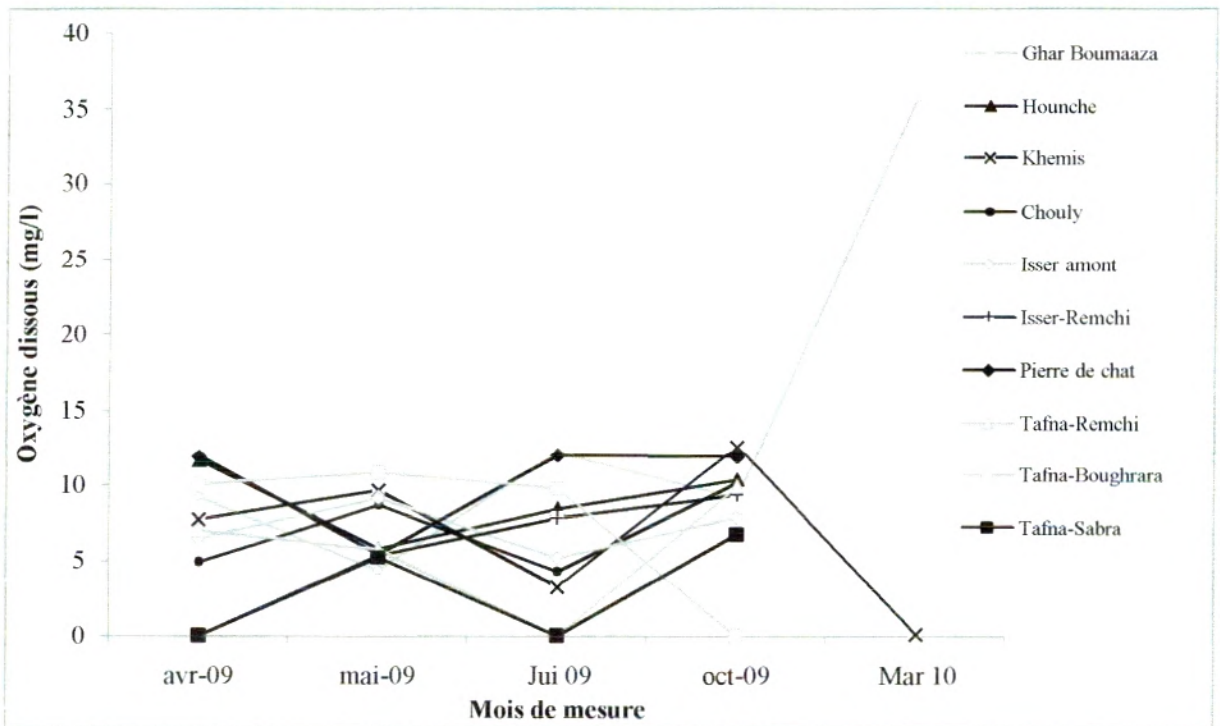


Figure 20 : Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous.

Les pourcentages de saturation en oxygène dissous sont légèrement élevés dans la station de Chouly avec une moyenne 69,6%, dans la station de Tafna-Sabra avec 76,1%, Tafna-Remchi 83,8% et Isser amont avec 84,2%.

Pour les stations Khemis et Isser-Remchi, les pourcentages tournent vers les 99%. Elles sont plus élevées pour Hounche (106,67%), Tafna-Boughrara (111,03%) et Pierre de chat avec 117,72% pour atteindre une moyenne maximale de 160,98% dans la station de Ghar Boumaâza.

Des valeurs manquantes apparaissent pour quelques stations pendant quelques mesures en raison de l'absence du matériel de mesure ou bien à cause de la sonde d'oxygène dissous défectueuse.

1-2-2. Analyse en composantes principales des paramètres physicochimiques

L'étude des changements spatio-temporels des facteurs du milieu mesurés au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation d'une classification ascendante hiérarchique (CAH) combinée à une analyse en composantes principales (ACP).

1-2-2-1. Les tests hiérarchiques

L'analyse de la classification ascendante hiérarchique (CAH) établie sur les mesures des paramètres physico-chimiques en tableau de contingence à double entrée, paramètres physico-chimiques et dates de mesures par station montrent qu'à une distance d'agrégation de 21,21 (distance euclidienne), quatre grands groupes peuvent être identifiés (Fig. 21).

La CAH permet de retenir quatre groupes formés de 5 à 17 mesures des paramètres physicochimiques. Le groupe I est formé de cinq mesures effectuées dans les deux stations de Ghar Boumaâza (T1) et d'Isser-amont (T5) pour lesquelles les températures de l'eau sont les plus basses. Elles varient très peu entre 16°C et 18,5°C durant les mois d'avril, octobre, mai et juin.

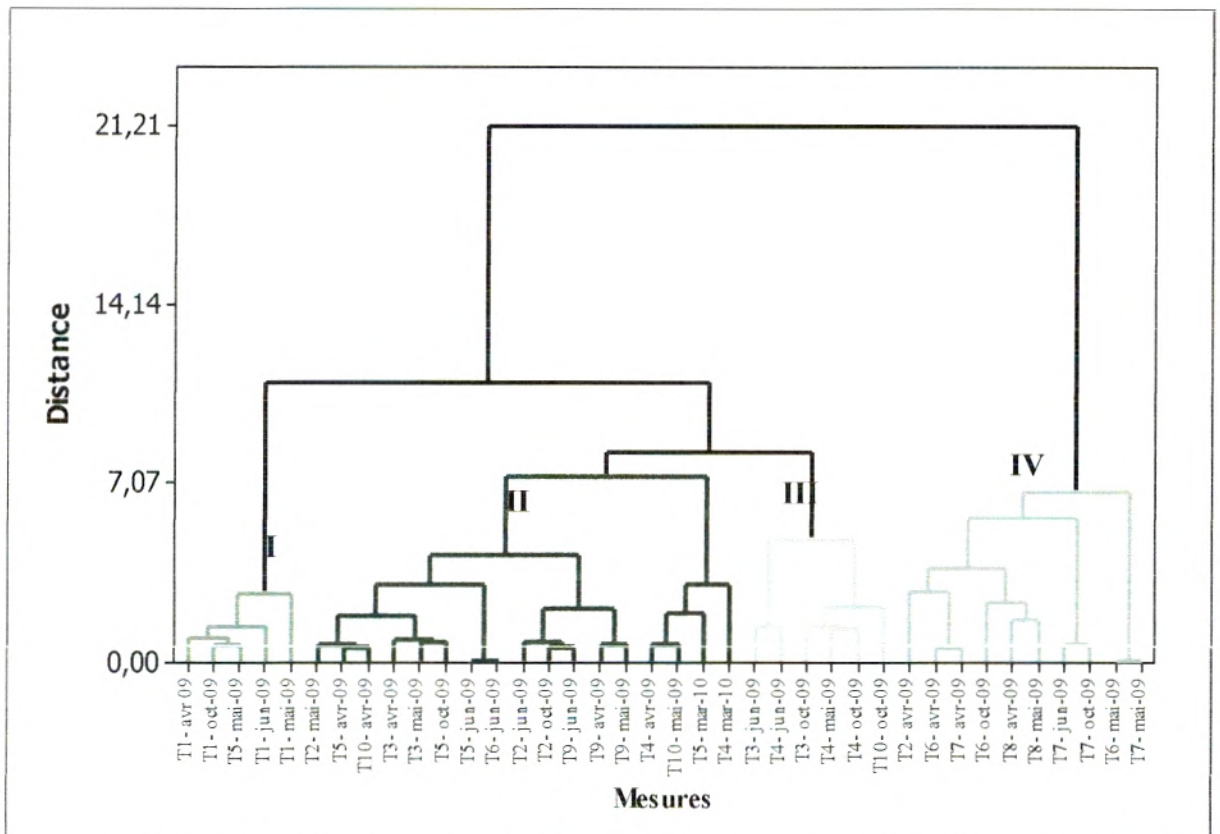


Figure 21 : Dendrogramme issu de la matrice de quatre paramètres physicochimiques mesurés dans les dix stations

Le groupe II est composé de dix sept mesures effectuées dans plusieurs stations étudiées, ces mesures correspondent aux valeurs les moins élevées de la conductivité et de la salinité. La conductivité n'excède pas les 1280 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et la salinité reste inférieure à 0,6g/l.

Le groupe III englobe six mesures réparties entre trois stations marquées par des valeurs de températures relativement élevées. La station Khemis (T3) affiche des températures de 22,3 et de 24,5°C respectivement au cours des mois d'octobre et de juin. La station Chouly (T4) affiche des valeurs de températures comprises entre 20,4 et 27,9 °C et la station T10 avec une température de 22,4°C valeur enregistrée au cours du mois d'octobre.

Le groupe IV est représenté par dix mesures réalisés dans quatre stations (Hounche, Isser-Remchi, Pierre du chat et Tafna-Remchi) différentes l'une de l'autre donnant des valeurs assez élevées de conductivité et de salinité. Les valeurs fluctuent à l'intérieur d'un intervalle compris entre 2180 et 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ durant les mois d'avril et mai, elles s'expliquent par un plan d'eau réduit.

En terme de cette analyse, les trois paramètres à l'origine de ces quatre groupes sont en premier lieu la conductivité- salinité et la température en second lieu.

1-2-2-2. Analyses multivariées

L'étude des changements spatiotemporels des paramètres physico-chimiques mesurés sur les dix stations prospectées au cours de la période d'étude a été approchée par l'illustration de l'analyse en composantes principales (ACP).

La matrice des données utilisées est la même que celle de la CAH, c'est un tableau ternaire prenant en compte cinq facteurs physico-chimiques, dix stations avec les huit dates de mesures. Les facteurs physico-chimiques pris en compte sont la température de l'eau, le pH, la conductivité, la salinité et l'oxygène dissous. Nous avons également procédé à une élimination de toutes les mesures où les données sont manquantes. Une mesure extrême de conductivité et de salinité enregistrée dans la station Tafna-Remchi au mois d'octobre 09 (T8oct) a été écartée de l'analyse en raison de sa forte contribution sur l'axe 1.

Les trois premiers axes de l'ACP totalisent 41,62% de l'inertie totale. Leurs contributions respectives sont 19,74% pour l'axe 1, 11,72% pour l'axe 2 et 9,96% pour l'axe 3.

L'axe 1 présente un gradient croissant de conductivité et de salinité, nous remarquons que ces variables changent dans le temps et dans l'espace. Les points représentés en vert et situés sur le coté positif de l'axe 1, correspondent aux valeurs les plus élevées enregistrées dans différentes stations au cours des mois d'avril et mai. Il s'agit des trois stations situées essentiellement en aval du cours d'eau, il s'agit de Tafna- Remchi, Tafna – Pierre de chat, Isser – Remchi (Fig. 22).

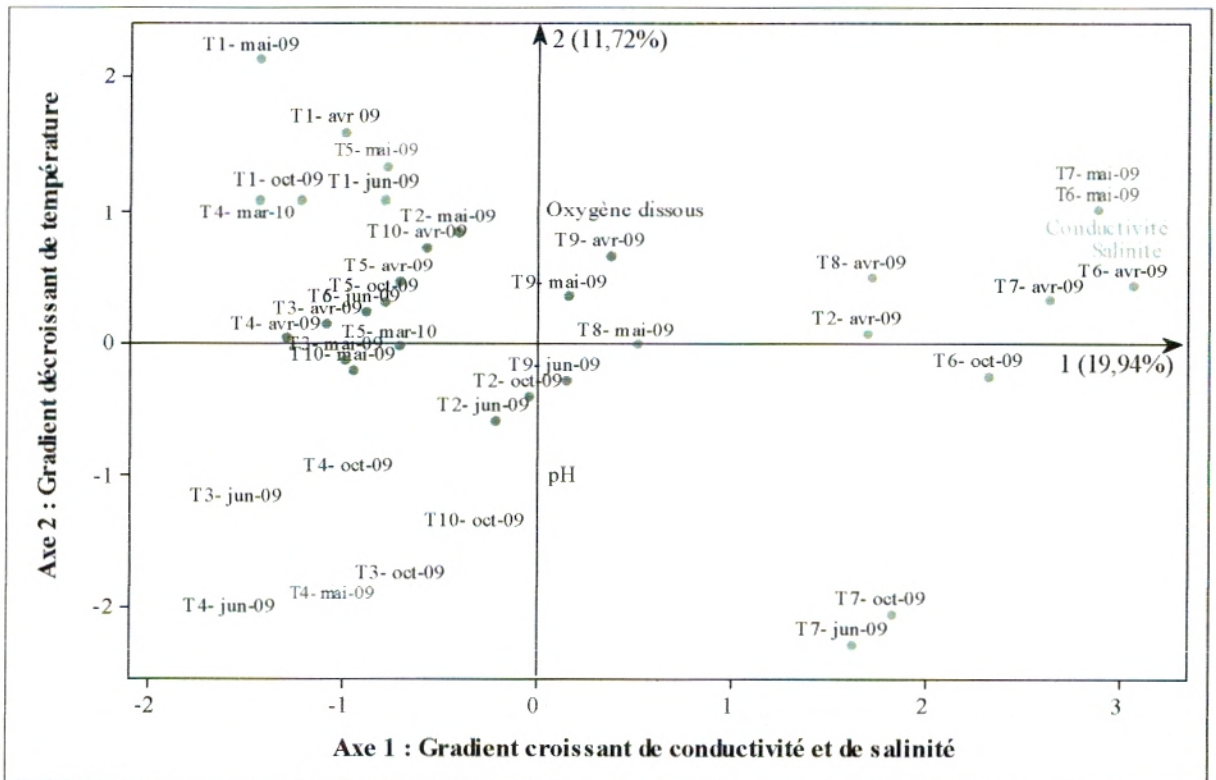


Figure 22 : Plan 1x2 de l'ACP de la matrice de quatre paramètres physicochimiques mesurés dans les dix stations.

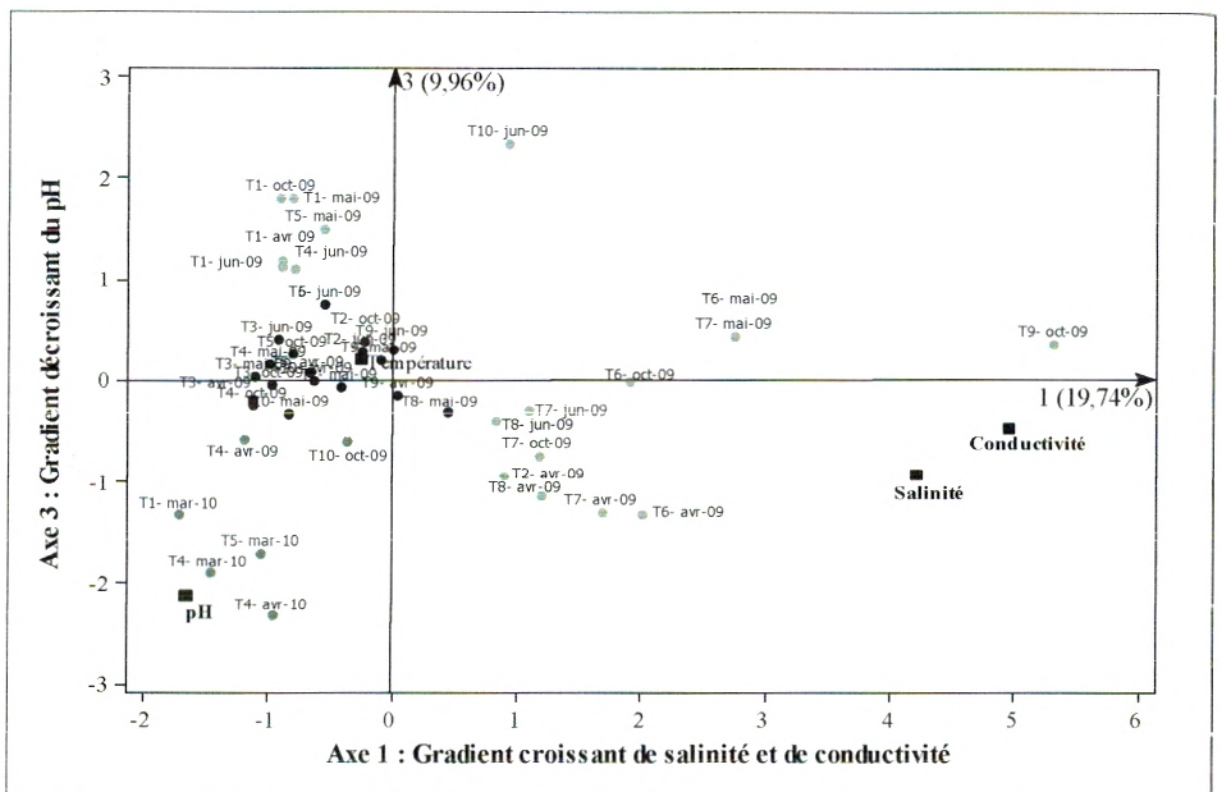


Figure 23 : Plan 1x3 de l'ACP de la matrice de quatre paramètres physicochimiques mesurés dans les dix stations.

L'axe 2 présente un gradient décroissant de la température, les points se répartissent donc en fonction de ce gradient. Deux groupes s'opposent sur cet axe. Le premier est représenté par les points en rouge, de coordonnées positives représentant des températures relativement faibles. La température est faible principalement dans la station de Ghar Boumaâza au cours des mois d'avril, mai, juin et octobre 2009 et dans la station de Chouly au cours du mois de mars 2010. A l'opposé sur le côté négatif de l'axe 2, le deuxième groupe englobe des valeurs de température plus élevées, illustrées par la couleur orange. La température de l'eau semble augmenter dans les stations de Khemis en juin et octobre 2009, Chouly au cours des mois de mai, juin et octobre 2009 et aussi dans la station Tafna – Sabra pendant le mois sec et chaud d'octobre 2009. Elle est plus ou moins importante dans certaines stations où l'ensoleillement est intense, dû à l'absence de végétation riveraine haute et dense capable de créer des conditions thermiques plus atténuées. Toutefois la température de l'eau est directement liée à la température de l'air.

Les points symbolisés en noir qui se répartissent autour de l'origine sont représentatifs des conditions mésologiques de conductivité, salinité et température.

L'axe 3 présente un gradient décroissant du pH. Situés sur le côté positif et représentés en vert, les prélèvements à pH légèrement alcalins sont localisés dans trois stations de l'amont, la station Ghar Boumaâza au cours des mois d'avril, mai, juin et octobre 2009 et dans la station Isser-amont aux mois de mai et juin 2009 et dans la station de Chouly au cours du mois de juin 2009. A l'opposé sur le côté négatif de l'axe et figurant en bleu, se localisent des pH alcalins, ce sont des valeurs toujours supérieures à 8, les points de coordonnées négatives qui construisent cet axe sont les prélèvements de la station de Ghar Boumaâza effectués au cours du mois de mars 2010, de la station de Chouly au cours de trois prélèvements (avril 2009, avril et mars 2010) mais également de la station de Tafna – Sabra pendant le mois d'octobre 2009 (Fig. 23).

A ce stade d'analyse et partant aussi bien des résultats de la CAH que ceux de l'ACP, nous retenons trois paramètres clés qui sont par ordre d'importance la charge ionique, la température et le pH. De grandes fluctuations sont notées pour ces paramètres aussi bien dans le temps que dans l'espace, des valeurs extrêmes sont enregistrées reflétant des conditions particulières auxquelles doit faire face la faune de Coléoptères.

2. Etude de la faune

2-1. Etude de la structure de la faune

2-1-1. Structure taxonomique

La détermination de la faune récoltée au niveau des dix stations étudiées nous permet d'élaborer une liste faunistique répertoriant l'ensemble des espèces récoltées. Dans le présent travail, les individus sont identifiés jusqu'à l'espèce ou au genre (Tab. 5).

Tableau 5 : Liste des espèces récoltée.

Familles	Sous Familles	Genre / espèce
Dytiscidae	Hydroporinae	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i> (Fabricius, 1792) <i>Potamonectes clarkii</i> (Woolaston, 1862) <i>Stictonectes optatus</i> (Seidlitz, 1887) <i>Deronectes bombycinus</i> (Leprieur, 1876) <i>Graptodytes optatus</i> (Olivier, 1795) <i>Hydroglyphus geminus</i> (Fabricius, 1792) <i>Yola bicarinata</i> (Latreille, 1804)
	Colymbitinae	<i>Agabus didymus</i> (Olivier, 1795) <i>Agabus conspersus</i> (Marshall, 1802) <i>Agabus brunneus</i> (Fabricius, 1798) <i>Agabus bipustulatus</i> (Linné, 1767) <i>Agabus</i> sp. <i>Meladema coriacea</i> (Laporte, 1834)
	Laccophilinae	<i>Laccophilus minutus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774) <i>Laccophilus</i> sp.
Haliplidae		<i>Neohaliplus lineaticollis</i> (Marshall, 1802)
Gyrinidae	Gyrininae	<i>Gyrinus dejeani</i> (Fabricius, 1792) <i>Gyrinus urinator</i> (Illiger, 1807) <i>Gyrinus</i> sp. <i>Aulonogyrus striatus</i> (Brullé, 1832)
Hydrophilidae	Hydrophilinae	<i>Berosus hispanicus</i> (Küster, 1847) <i>Anacaena</i> sp. (Thomson, 1859) <i>Laccobius</i> sp1. <i>Laccobius</i> sp2. <i>Laccobius</i> sp3. <i>Laccobius</i> sp <i>Helochares lividus</i> (Forster, 1771) <i>Limnoxenus niger</i> (Zschach, 1853) <i>Hydrophilus pistaceus</i> (Laporte, 1840)
Helophoridae	Helophorinae	<i>Helophorus</i> sp.
Hydraenidae	Hydraeninae	<i>Hydraena testacea</i> (Curtis, 1830)
	Ochthebiinae	<i>Ochthebius</i> sp1. <i>Ochthebius</i> sp2. <i>Ochthebius</i> sp3. <i>Ochthebius</i> sp4.
Elmidae	Elminae	<i>Oulimnius</i> sp.
Dryopidae		<i>Dryops</i> sp.

L'analyse de la composition faunistique globale a conduit à la détermination d'une collection de 646 individus appartenant à 38 espèces inégalement représentées entre :

- huit familles,
- neuf sous familles,
- vingt-quatre genres

Pour bien illustrer les variations de cette composition faunistique, nous l'avons représenté aussi bien en nombre d'espèces qu'en nombre d'individus (Fig. 24).

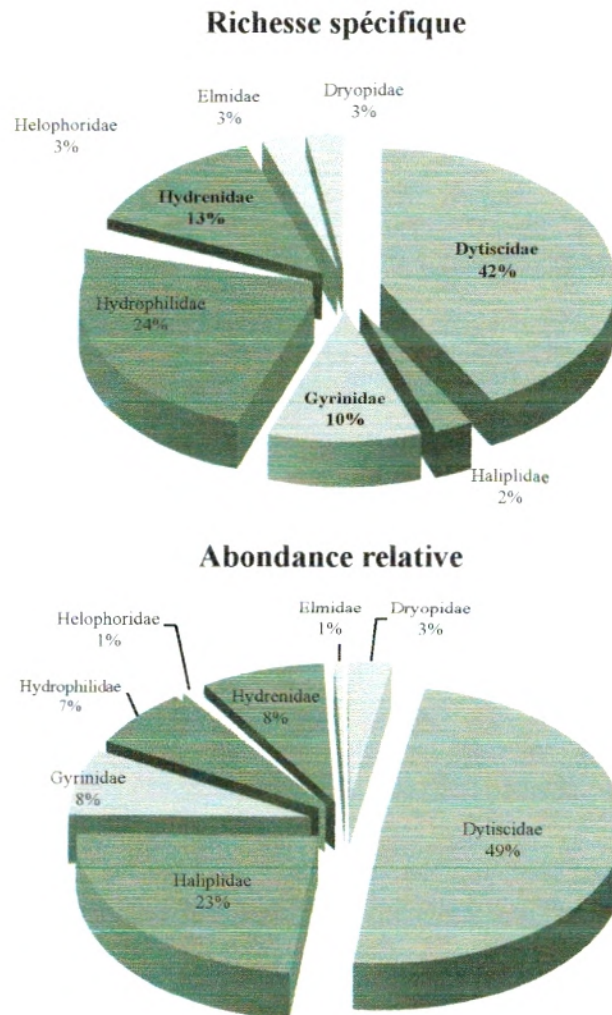


Figure 24 : Représentation des familles de Coléoptères des dix stations d'étude exprimée en pourcentage relatif de la richesse spécifique et de l'abondance.

La famille des Dytiscidae prédomine aussi bien en nombre qu'en richesse spécifique (Fig. 24). Elle représente près de la moitié de la faune récoltée avec 49% et son importance relative par rapport à la richesse spécifique totale est 42%.

La famille des Haliplidae vient en deuxième position en importance relative en nombre, elle est très peu diversifiée avec une seule espèce mais elle domine avec un nombre élevé d'individus de 115. Elle est suivie par la famille des Hydraenidae et les Gyrinidae renfermant un nombre d'individus et d'espèces moyen, alors que la famille des Hydrophilidae reste bien plus diversifiée avec huit genres mais moins abondante avec seulement 7%.

Les trois familles restantes, les Helophoridae, les Elmidae et les Dryopidae sont de moindre importance, représentées par une seule espèce chacune et avec un nombre réduit d'individus.

Les sous familles et les genres sont également représentés par des abondances très fluctuantes. La figure suivante illustre ces fluctuations.

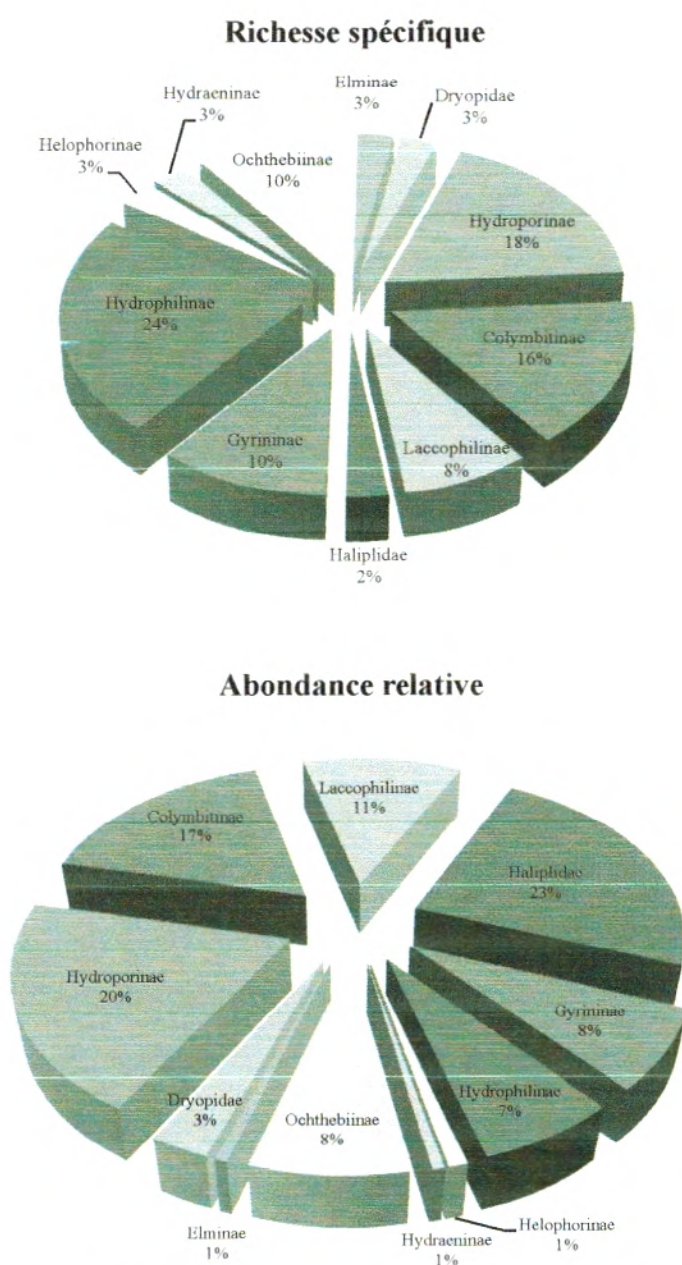


Figure 25 : Importance relative des sous familles

La sous famille des Hydrophilinae constitue près du quart (24%) de l'ensemble de la collection par sa diversité mais elle reste moins abondante comparativement à d'autres familles, ne représentant que 7% de la collection totale. Les Hydroporinae et les Colymbetinae sont en deuxième position, leurs richesses spécifiques respectives de 18 et 16% sont relativement d'importance moyenne. Leur importance relative en nombre est par contre moins élevée. Les sous familles des Ochthebiinae et des Gyrinidae avec 10% chacun, sont représentées par un même nombre d'espèces (quatre espèces chacune). Une seule espèce correspond à la sous famille des Laccophilinae mais elle est présente avec un nombre relativement élevé d'individus.

Regroupant les Helophorinae, les Hydraeninae et les Elminae, ces sous familles sont peu représentatives aussi bien en nombre qu'en richesse spécifique avec seulement 3% pour chaque sous famille. Les deux familles restantes, les Haliplidae et les Dryopidae sont peu diversifiées mais avec une nette dominance des premiers.

La composition faunistique analysée à partir de l'importance des genres (Fig. 26) révèle également des proportions différentes. Les *Agabus* sont les plus diversifiés avec cinq espèces mais également parmi les groupes les plus dominants, représentant 13% du peuplement globale récolté. La plus grande dominance revient aux *Neohalipus* qui comportent le nombre d'individus le plus élevé mais pour faible nombre d'espèces.

Les genres *Laccobius* et *Ochthebius*, constituant 11% chacun, donc moyennement diversifiés, ont des effectifs différents, nettement plus faibles pour les premiers alors qu'ils sont beaucoup plus élevés pour les seconds.

Les *Laccophilus* sont présents avec un effectif relativement plus élevé, le nombre d'espèces reste faible avec trois espèces. Avec un même nombre d'espèces, les *Gyrinus* sont encore plus pauvres en individus.

La majorité soit 18 genres sont présents avec de faibles effectifs et une seule espèce, affichant ainsi un pourcentage de 3. Il s'agit des *Stictotarsus*, *Potamonectes*, *Stictonectes*, *Deronectes*, *Hydroglyphus*, *Aulonogyrus*, *Berosus*, *Helochares*, *Hydrophilus*, *Helophorus*, *Oulimnius*, *Dryops*, *Graptodytes*, *Hydraena*, *Meladema*, *Anacaena*, *Limnoxemus*, *Yola*, dont les sept derniers sont les taxons les plus faibles en nombres. A l'exception des *Neohalipus* qui restent de même richesse que les précédents, représenté par une seule espèce, mais avec une proportion en individus maximale atteignant les 23% dans toute la collection récoltée.

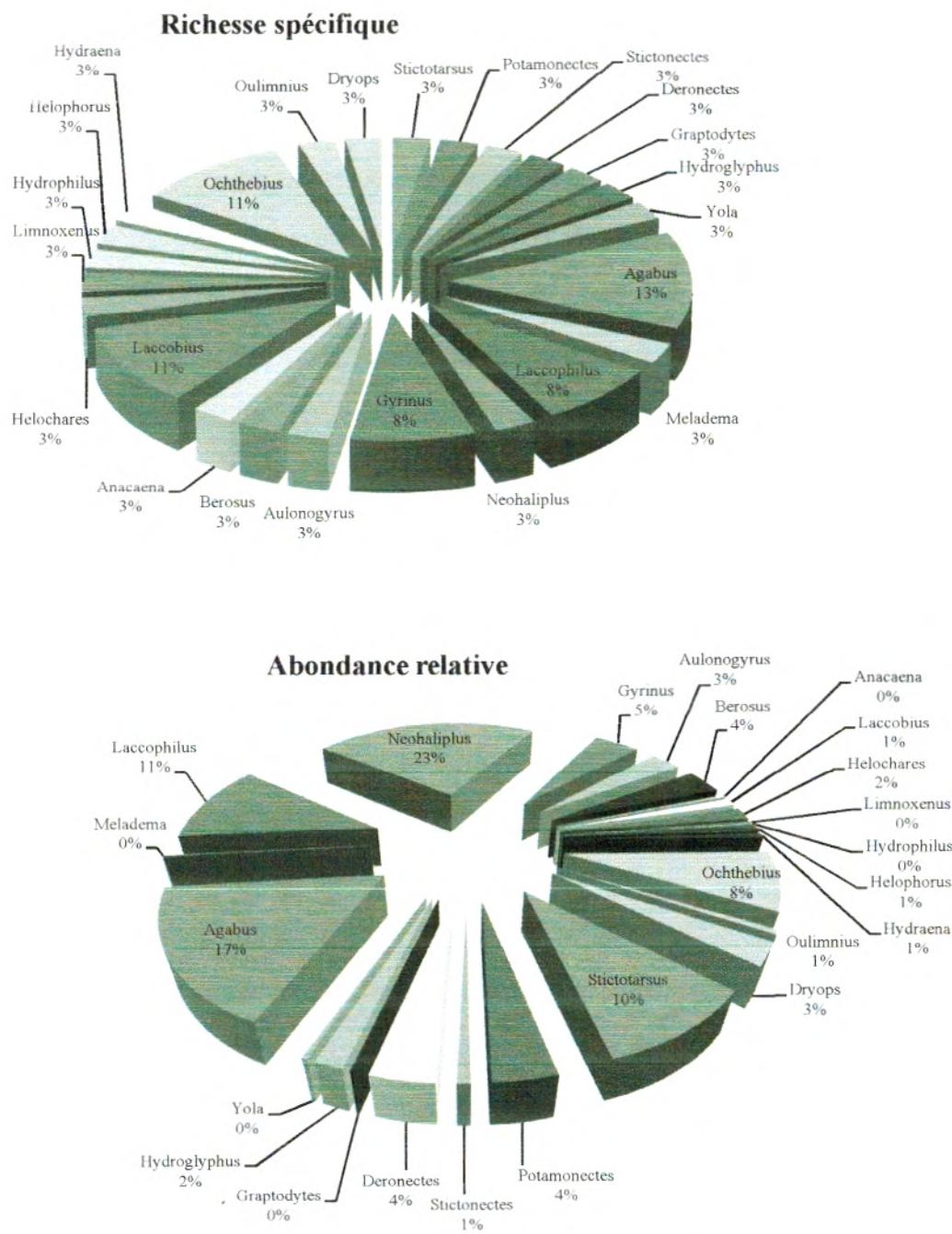


Figure 26 : Importance relative des genres de la collection totale.

Les **Dytiscidae** sont des Coléoptères qui se produisent dans une grande variété d’habitats en eau peu profonde. La zone la plus riche en espèces est celle de végétation émergente sur les bords de piscines, de petits étangs et les petits cours d’eau lents (LARSON et ROUGHLEY, 1991), elle regroupe trois sous familles :

Les **Hydroporinae** comptent les plus grands nombres d’espèces. Ils habitent les eaux douces, plus rarement saumâtres, courantes ou stagnantes, mais préfèrent en général les eaux claires et

pures. Beaucoup vivent dans les eaux tranquilles, parmi la végétation aquatique des bords (DU CHATENET, 2005). Dans cette sous famille, nous avons récolté 7 genres.

Le *Stictotarsus* appelé aussi Hydropore à douze taches, vivant dans les eaux limpides à fond de graviers ou de sables, dans les anses tranquilles des ruisseaux et des torrents, dans les lacs et les mares alimentées (DU CHATENET, 2005). Il est représenté par une seule espèce *Stictotarsus duodecempustulatus*, qui est récoltée dans la station de l'Isser amont, Chouly et Khemis. Le *Potamonectes* affectionnant les eaux courantes (GUIGNOT., 1947), les espèces de ce genre sont prélevées dans la station de Chouly, Isser amont et Pierre de Chat. La seule espèce récoltée est *Potamonectes clarkii*. Le *Stictonectes* qui préfère les eaux légèrement courantes, les mares alimentées et surtout celles laissées par les ruisseaux en cours d'assèchement (DU CHATENET, 2005). Il est signalé dans une seule station, celle de l'Isser amont. Pour le genre *Deronectes*, il préfère les ruisseaux à fond de gravier, généralement il affectionne les eaux fraiche (GUIGNOT, 1947). Il est prélevé dans les stations de Chouly, Ghar Boumaâza et une seule fois et par un seul individu dans la station de Hounche. Le *Graptodytes* affectionne les eaux légèrement courantes, peu profondes et les mares alimentées (GUIGNOT, 1947). Le *Graptodytes optatus* est trouvé dans une seule station et par un seul individu dans un microhabitat où le courant est nul. Selon DU CHATENET (2005), le genre *Hydroglyphus* se trouve au niveau des eaux limpides et courantes des torrents et des lacs alpins, présent dans nos stations d'étude (stations de Chouly, Isser amont, Isser-Remchi, Pierre de Chat et Tafna-Remchi), mais toujours dans un courant nul. En dernier lieu, le genre *Yola* qui préfère de vivre dans les eaux limpides, peu profondes, coulant lentement sur fond de sable ou graviers, mais aussi dans les ruisseaux à fond rocheux (DU CHATENET, 2005), trouvé dans la station de Tafna-Remchi dans un habitat qui correspond à ces exigences. ,

Les Colymbitinae avec une taille moyenne et un corps glabre (GUIGNOT, 1947), regroupe deux genres dans nos prélèvements : Le premier est le genre *Agabus* qui compte huit espèces communes à l'Europe et au Nord de l'Afrique (BEDEL, 1895), les Agabes ont un corps ovale souvent foncé, c'est l'un des genres les plus riches des Dytiscidae. Ils habitent les eaux stagnantes, généralement ils sont communs (GUIGNOT, 1947), ce qui explique leurs présence dans la majorité de nos prélèvements. Ce genre regroupe cinq espèces dans nos prélèvements : *Agabus didymus*, *Agabus conspersus*, *Agabus brunneus*, *Agabus bipustulatus* et *Agabus* sp. Ils sont des redoutables carnassiers selon BALLAIRE, 2001, ils s'attaquent aux grenouilles, aux tritons et aux petits poissons (PICHAN, 1986), comme ils préfèrent les eaux riche en plantes a fin d'y mettre leurs œufs (DEVANTAY, 2002),

Le deuxième genre est *Meladema* avec une grande taille, il fréquente les anses tranquilles au bord des eaux courantes, proches d'eaux, surtout dans les terrains ocreux et argileux des collines

(GUIGNOT, 1947), elle est prélevée dans l'Isser amont dans un microhabitat à courant nul et sous végétation.

La troisième sous famille est celle des **Laccophilinae** avec une taille faible, un corps aplati, représentée que par le genre **Laccophilus** (GUIGNOT, 1947). Ce genre comporte trois espèces dans nos prélèvements: *Laccophilus hyallinus*, *Laccophilus minutus* et *Laccophilus* sp. Il se trouve dans toutes les eaux, de préférence un peu courantes ou tout au moins renouvelées (GUIGNOT, 1947). Les espèces récoltées pour ce genre sont réparties dans six stations : Chouly, Isser amont, Ghar Boumaâza, Boughrara, Isser-Remchi et Tafna-Remchi dans des microhabitats avec la présence du courant et de la végétation.

Les **Haliplidae** ont une taille qui n'excède pas les 5 mm. Ils préfèrent les bords riches en végétation, des eaux stagnants évitant généralement les eaux limpides et courantes (DU CHATENET, 2005). Les individus récoltés appartiennent au genre *Neohalipus*, les individus de ce genre sont des phytophage qui se nourrissent en effet des algues filamenteuses et de characées et ce n'est qu'exceptionnellement qu'ils s'attaquent aux petits arthropodes, c'est pour cela que certains auteurs les qualifient d'omnivores (DU CHATENET, 2005). Ils sont récoltés dans les trois stations de l'amont de la Tafna, Ghar Boumaâza, Chouly et Isser amont.

Les **Gyrinus** habitent le globe tout entier, mais sont bien plus nombreux dans les régions chaudes (GUIGNOT, 1947). Ils sont très aberrants et singulièrement modifiés pour pouvoir vivre à la surface des eaux où ils se tiennent habituellement par petits groupes, à la moindre alerte, on les voit tourner rapidement ou plonger quelques instants (BEDEL, 1895). Deux genres de Gyrinides sont récoltés dans nos stations, appartenant à la même sous famille, celle des Gyrininae : le **Gyrinus**, prédateur, fréquentant les eaux douces et saumâtres, faiblement courantes ou stagnantes, ils sont grégaires (DU CHATENET, 2005). Ce genre comprend actuellement cent dix espèces dont trois figurent dans nos prélèvements au niveau de Chouly, Isser amont et Hammam Boughrara dans des courants d'eau faibles. La présence des *Aulonogyrus* qui ont été trouvés trois fois dans la station de Chouly et Isser amont, avec une faible abondance (20 individus), s'explique par leur préférence pour les biotopes à courant moyen et nul.

La Famille des **Hydrophilidae** est représentée par les espèces limnophiles, leur biotope correspond à des eaux calmes riches en végétation, les mares herbeuses, les petites flaques de toute nature (FORGE, 1976). Les Hydrophilidae se divisent en deux sous familles dont une seule se retrouve dans nos prélèvements, c'est la sous famille des Hydrophilinae, regroupant six genres trouvés : le **Berosus** représenté par une seule espèce *Berosus hispanicus*, récoltée dans l'Isser amont, Pierre de Chat, Isser-Remchi, Tafna-Remchi, Tafna-Sabra et Hounche avec un effectif de 23 individus, puis le genre *Anacaena* qui a été prélevée une seule fois dans la station de l' Isser-amont

dans deux microhabitats, l'un à courant nul et l'autre à courant lent. Le *Laccobius* est représenté par quatre espèces dans notre étude, avec des effectifs très faibles, 1 ou 2 individus par espèces. Les espèces sont : *Laccobius* sp1 rencontré deux fois à Chouly et à Pierre de chat, *Laccobius* sp2 signalé une fois dans la station de l'Isser amont, *Laccobius* sp3 prélevé à Ghar Boumaâza et *Laccobius* sp4 trouvé à l'Isser amont et Isser-Remchi. L'*Helochares*, avec une taille entre 4 à 6 mm (TACHET et al, 2000), est présent dans les stations de Ghar Boumaâza, Chouly, Isser-amont et Tafna-Remchi ; mais dans les mêmes microhabitats qui contiennent de l'herbier source de nourriture, le *Limnoxenus* est récolté dans une seule station, celle de Ghar Boumaâza dans un biotope à courant moyen contenant de la végétation avec un seul individu. Le dernier genre pour cette famille est l'*Hydrophilus*, selon VISSER (2007) les eaux où il vit sont toujours détruites par l'urbanisation continue et la gestion moderne de l'eau de l'agriculture.

Les **Helophoridae**, une famille relativement modeste contenant 90 espèces classées dans un seul genre *Helophorus*. Ils sont saprophages et vivent habituellement dans des plans d'eau peu profonds et stagnants (FIKÁČEK, 2009). Ils sont récoltés dans la station de Ghar Boumaâza seulement dans un microhabitat à courant moyen avec de l'herbier pendant les mois de mai 2009 et avril 2010.

La famille des **Hydraenidae**, de très petits Coléoptères aquatiques, généralement de 1 à 3 mm de longueur, avec une distribution à travers le monde. Ils ne sont pas de bons nageurs et ils rampent généralement dans la végétation marginale. La plupart sont phytophages, mais quelques espèces sont saprophages et d'autres prédatrices sont connues (LAWRENCE et BRITTON, 1991). Cette famille se divise en deux sous-familles : la sous-famille des **Hydraeninae**, contenant un seul genre *Hydraena* qui est cosmopolite, l'espèce présente dans notre collection est *Hydraena testacea* avec six individus, signalée au niveau de la station de l'Isser-amont dans le microhabitat à courant nul présentant de la végétation et la sous-famille des **Ochthebiinae**, représentée par un seul genre *Ochthebius*, mais il regroupe quatre espèces : *Ochthebius* sp1 avec 43 individus présente dans la station de Ghar Boumaâza cachée dans les algues filamenteuses et 1 individu à la station de l'Isser amont. *Ochthebius* sp2 récolté dans un microhabitat à courant nul avec la présence d'un herbier dense au niveau de la station de l'Isser amont. Pour l'*Ochthebius* sp3 et *Ochthebius* sp4, ils se rencontrent qu'une seule fois et dans une seule station, respectivement à l'Isser-Remchi et à Chouly.

Les individus de la famille des **Elmidae** sont adaptés à la vie des torrents et des rivières, donc des rhéophiles (TACHET et al, 1980). Les Elmidae, communément appelé fusil Coléoptères, se trouvent dans les ruisseaux d'eau douce dans le monde entier. Ce sont de petits Coléoptères aquatiques (1 à 8 mm de long), qui le plus souvent rampent sur des pierres et autres débris solides en cours d'eau rapide. Quelques espèces se trouvent dans les cours d'eau lents. Ils ont de longues pattes (BROWN, 1991; McCafferty, 1983; WHITE et BRIGHAM, 1996). Ils sont liés aux eaux

riches en oxygène, portant un plastron sur leur face ventrale où il va y avoir des échanges pour leurs permettre de respirer, parce qu'ils ne peuvent pas remonter à la surface de l'eau, sinon, ils vont être emportés par le courant. Les individus de cette famille vivent agrippés aux plantes aquatiques, aux pierres des fonds ou aux substrats. Une seule sous famille est signalée dans ce groupe, celle des **Elminae**, qui est représenté par un seul genre *Oulimnius* avec un effectif très réduit (4 individus), prélevé à la station de Chouly au cours des mois d'avril, juin et octobre et aussi à la station de l'Isser-amont une seule fois au mois d'avril.

Les Dryopidae, les adultes de cette famille sont essentiellement phytophages, se nourrissant de diatomées, des algues et du bois en décomposition. Véritablement aquatiques, ils habitent les radiers des cours d'eau, en utilisant un plastron hydrofuge pour la respiration comme les Elmidae (LESAGE, 1991). Le seul genre représentatif de la famille des Dryopidae dans notre collection est le *Dryops*, avec un effectif de 19 individus, récoltés dans la station de Ghar Boumaâza au mois d'avril et à la station de l'Isser-amont au mois de mars 2010.

2-2. Evolution spatiale des abondances des espèces

Nous allons dans cette partie, indiquer les façons les plus usuelles de décrire les communautés benthiques en termes de composition et assemblages des espèces qui constituent les dix stations étudiées dans les différents microhabitats.

Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir par un ensemble d'indices et de descripteurs qui prennent en considération l'importance numérique des espèces. La description des peuplements récoltés dans chaque station est une phase cruciale pour comprendre l'organisation spatiale du peuplement de Coléoptères aquatiques des cours d'eau de la Tafna. Elle repose sur deux étapes d'analyse par comparaison des peuplements récoltés par station puis récoltés par microhabitats. La première associe une étude indicielle à une analyse multivariée alors que la seconde repose uniquement sur les méthodes statistiques multivariées.

2-2-1. Comparaison des peuplements des dix stations d'étude

2-2-1-1. Etude indicielle de la diversité spécifique

Sept descripteurs ont été retenus à savoir la richesse spécifique, la diversité de Shannon-Wiener H' , l'équitabilité de Pielou J' , la diversité D , l'équitabilité E_s de Simpson, l'indice de Hill et l'indice Q de Quinghong. Les résultats sont consignés dans le tableau 6.

➤ **Le nombre total N**

Le nombre total d'individus récoltés par station est très variable d'une station à une autre. La station la plus peuplée est celle de l'Isser-amont avec 275 individus, cet effectif est dû au nombre important des *Neohalipus lineaticollis* présents avec 111 individus à lui tout seul, ces derniers vivent dans la végétation aquatique, sur l'écotone constitué par les berges et même dans les cours d'eau calmes. Ils sont omnivores, consommant des œufs d'insectes, des petits Crustacés, des Hydrozoaires, des Polypes et des algues, alors que les larves se nourrissent que d'algues (ROUGHLEY, 2001), donc cette station contient des microhabitats qui permettent la prolifération de cette espèce omnivore.

Tableau 6 : Descripteurs de diversité estimés pour les peuplements des sept stations

Stations	N	F	S	Smoy	H'	Hmax	J'	D	Es	Hill	Q
Ghar Boumaâza	122	0,189	16	2	2,98	4	0,74	5,26	0,284	0,73	4,41
Hounche	3	0,005	3	0,37	/	/	/	/	/	/	/
Tafna - Sabra	12	0,019	2	0,25	0,97	1	0,97	1,94	0,94	0,26	1,17
Tafna-Bougrara	35	0,054	5	0,62	1,95	2,32	0,84	3,41	0,6	0,51	2,61
Tafna-Remchi	22	0,034	7	0,87	2,61	2,8	0,93	5,5	0,75	0,59	3,25
Pierre de chat	6	0,009	4	0,5	/	/	/	/	/	/	/
Khemis	4	0,006	2	0,25	/	/	/	/	/	/	/
Isser-amont	275	0,426	24	3	2,99	4,58	0,65	4,49	0,15	0,77	4,94
Isser-Remchi	15	0,023	6	0,75	2,28	2,58	0,88	4,24	0,64	0,56	2,95
Chouly	152	0,235	19	2,37	3,63	4,24	0,85	10,43	0,52	0,72	4,83

La taille de la sous collection des stations est toujours représentée en grand nombre aussi bien dans la station Chouly avec 152 individus que dans la station Ghar Boumâaza avec 122 individus. Ces trois stations sont à l'abri de pollution sévère et de profondes perturbations par l'action anthropique, contrairement aux autres stations qui sont touchées par la pollution en recevant des eaux usées des agglomérations avoisinantes.

Le nombre d'individus total est nettement plus faible compris entre 15 et 35 individus dans trois stations. Les trois stations restantes affichent des nombres relativement trop bas n'excédant pas les six individus. Les collectes en si petit nombre d'individus et sur un si petit nombre d'espèces également traduit une représentativité des espèces le plus souvent par 1 à 2 individus chacun. Ainsi, dans la station Hounche, les 3 individus récoltés sont représentés par *Berosus hispanicus*, *Agabus*

didymus et *Deronestes bombycinus*, toutes récoltées dans un seul prélèvement celui du mois de juin 2009. Les collections récoltées dans certaines stations restent de très petite taille, ceci ne permet pas une analyse correcte de la diversité et de la structure des peuplements.

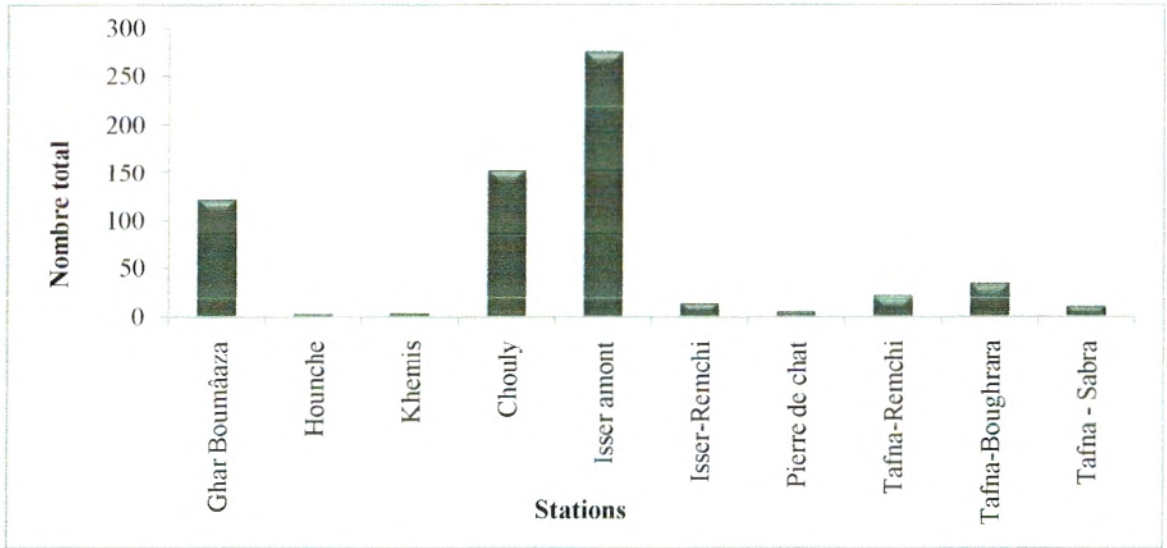


Figure 27 : Variation spatiale du nombre d’individus de la faune récoltée dans les différentes stations.

➤ Nombre d’individus ou fréquence F par station

La station qui présente l’abondance la plus élevée dans notre travail est celle de l’Isser amont avec la plus grande part de 42,6 %, suivie par la station de Chouly (23,5 %) avec 21 individus d’*Agabus* sp et 20 individus de *Potamonectes clarkii* appartenant à la famille des Dytiscidae. La station de Ghar Boumâaza avec 18,9 % se place en troisième position ; elle est spécialement caractérisée par la présence de l’espèce *Ochthebius* sp1 (42 individus), cette espèce phytophage se retrouve dans les habitats où il y a des algues qui lui permettent de se faufiler.

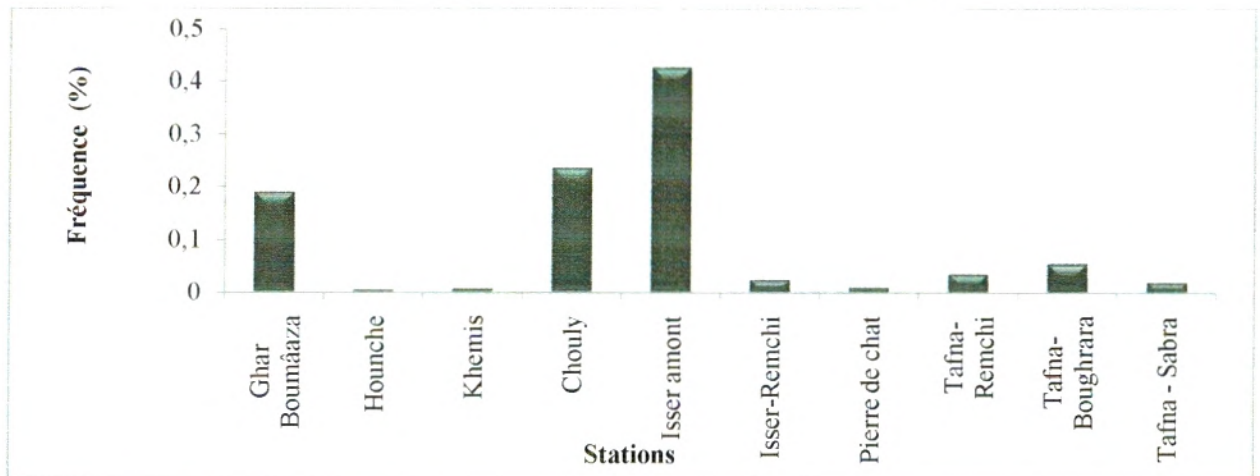


Figure 28 : Variation spatiale de l’abondance relative dans les stations étudiées.

L'importance relative des Coléoptères récoltés dans la station de Tafna-Bouhrara est de 5,4 % représentée essentiellement par des *Laccophilus*. Ces Dytiques qui sont des féroces prédateurs se trouvent soit dans des eaux douces courantes ou stagnantes (DU CHATENET, 2005). 3,4 % de la collection totale a été récoltée dans la Tafna-Remchi contre 2,3% dans la station de Tafna-Isser et 1,9% dans la station Tafna-Sabra. Les trois stations Pierre du chat, Khemis et Hounche ont les abondances relatives les plus faibles qui ne dépassent pas les 1 %. Dans ces trois dernières stations, avec des proportions aussi réduites, il est difficile d'envisager une étude indicelle.

➤ La richesse spécifique totale S

La richesse totale S est de 38 espèces récoltées dans la collection totale de 646 individus à partir des 154 relevés effectués. Il serait certes plus correct de parler de 38 taxons car parmi ces derniers, 15 sont déterminés au rang du genre seulement et 23 sont au rang de l'espèce.

Le nombre d'espèces varie d'une station à une autre (Fig. 29), il fluctue entre un minimum de deux espèces récoltées dans les stations Khemis et Tafna-Sabra et un maximum de 24 espèces dans la station Isser-amont. Les trois stations en amont (Isser amont, Chouly et Ghar Boumâaza) renferment plus de 70 % de la richesse totale de la collection. Les écarts sont importants d'une station à une autre. Les stations de Khemis et Tafna-Sabra enregistrent une richesse très faible en raison des niveaux d'eau toujours élevés favorisés par les confluences respectives avec le barrage de Béni Bahdel et le barrage de Hammam Bouhrara. Les quatre stations plus en aval Tafna-Bouhrara, Tafna-Remchi, Tafna-Pierre du chat et Isser-amont, affichent également des richesses faibles comprises entre 4 et 7 espèces seulement. Une diminution de la richesse est observée de l'amont vers l'aval avec des conditions hydrologiques particulières dans deux stations. Toutefois, il est difficile d'expliquer la présence d'un peuplement aussi pauvre en espèces qu'en individus dans la station Hounche.

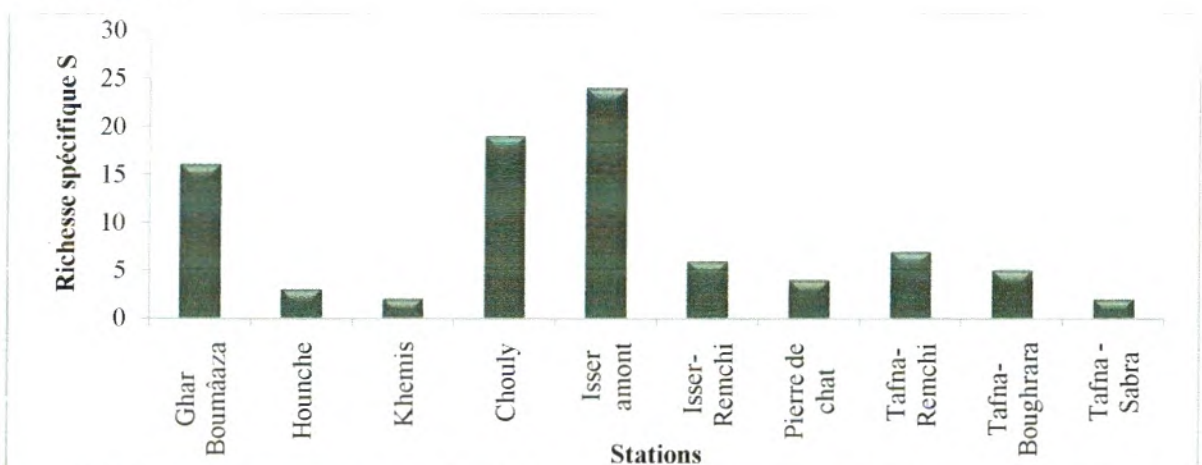


Figure 29 : Variation spatiale de la richesse spécifique totale de la faune de Coléoptères récoltée dans les différentes stations.

➤ La richesse moyenne \bar{S}

Les valeurs de la richesse moyenne calculées pour les dix stations varient de la même manière que celles de la richesse totale. Les valeurs s'écartent considérablement de la richesse totale S , cette baisse considérable témoigne d'une grande variabilité d'un prélèvement à un autre.

La valeur la plus élevée est obtenue dans la station de l'Isser-amont, avec une valeur de 3, suivie par la station Chouly avec 2,37 puis celle de Ghar Boumâaza avec une valeur de 2. Ces trois stations restent les plus riches. Par contre, les stations Khemis et Tafna-Sabra affichent la valeur les plus faibles de 0,25. Entre ces deux extrêmes, se retrouvent les cinq stations restantes présentant des valeurs qui s'étalent sur un intervalle de 0,37 et 0,75.

Ces valeurs basses expliquent une faible probabilité de rencontre des espèces. Tous les prélèvements ne sont pas fructueux, au contraire la majorité des prélèvements se sont avérés infertiles. La collecte des Coléoptères semble délicate et la méthode que nous avons utilisée ne serait peut être pas la plus adéquate. Les peuplements de Coléoptères aquatiques sont bien connus pour être des peuplements de petites tailles

Dans les stations, situées en amont et les plus diversifiées en microhabitats, plusieurs espèces de Coléoptères trouvent refuge et nourriture dans ces microhabitats, là où la végétation est dense, bien exposée au soleil, ce qui favorise une bonne luminosité et le développement d'un herbier important qui tapisse la surface de l'eau en plus de la présence de la végétation semi-aquatique. En l'occurrence, les autres stations moins diversifiées et plus exposées à l'action anthropique abritent des peuplements nettement plus pauvres en espèces.

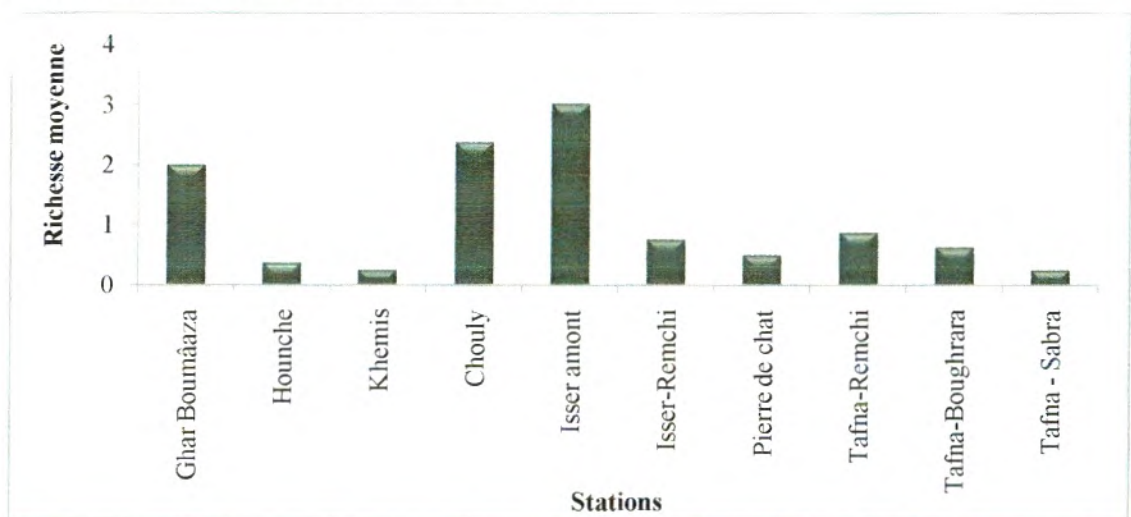


Figure 30 : Variation spatiale de la richesse moyenne dans les différentes stations étudiées.

➤ L'indice de diversité Shannon – Wiener H'

Dans les trois stations Pierre du Chat, Hounche et Khemis, le nombre d'individus de Coléoptères récoltés ne permet pas de calculer l'indice de diversité H' , par contre nous l'avons

maintenu pour la station de Sabra, avec 12 individus et 2 espèces partant des données de la littérature où H' peut être calculé à partir de S égale à 2 et un nombre d'individus de plus de 12 (BARBAULT, 1996).

Les valeurs de H' varie entre un maximum de 3,63 enregistré dans la station de Chouly et un minimum de 0,97 noté dans la station Sabra, les écarts sont importants d'une station à une autre (Fig. 31). Avec moins d'espèces, la station Chouly affiche la plus grande valeur de H' et reste la plus diversifiée, suivie par les deux stations Ghar Boumâaza et Isser-amont avec des valeurs de H' analogues proches de la valeur de 3, respectivement de 2,98 et 2,99. Ces trois stations présentent une diversité moyenne n'excédant pas la valeur de 4.

Deux stations ont des valeurs de H' légèrement supérieures à 2. Ces valeurs baissent progressivement depuis la station de Tafna-Remchi avec une valeur de H' de 2,6, suivie par la station Isser-Remchi qui affiche un H' égale à 2,28.

Les valeurs de H' sont inférieures à 2 dans les deux stations restantes Tafna-Boughrara avec une valeur de 1,95 et la station de Tafna-Sabra où elle est nettement plus faible et égale à 0,97.

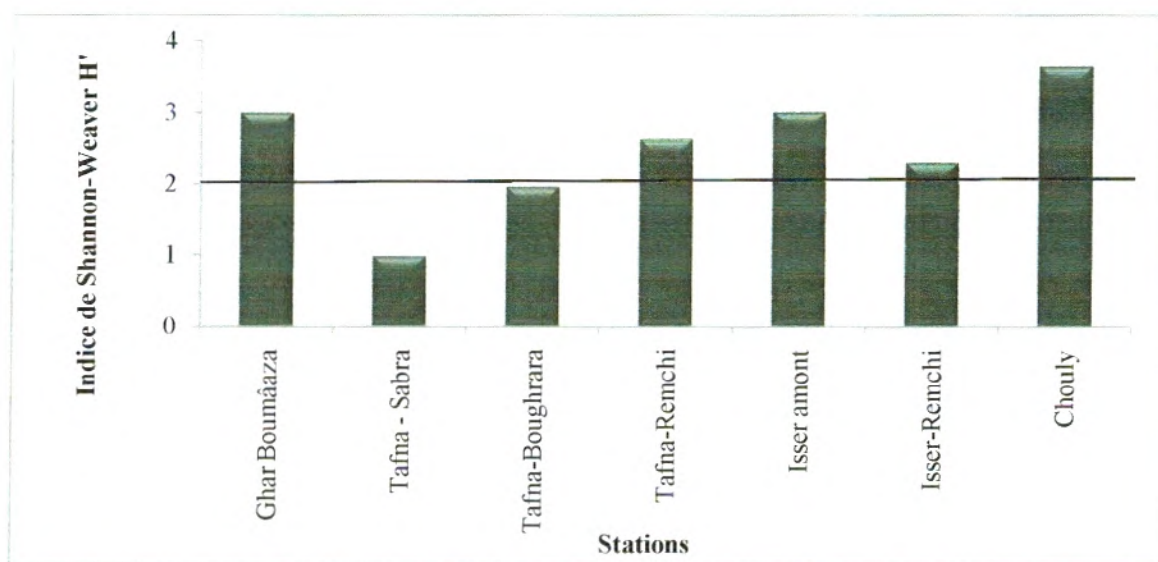


Figure 31 : Variation spatiale de l'indice de diversité de Shannon-Wiener selon les différentes stations étudiées.

La diversité peut être considérée comme assez moyenne dans la plupart des stations à l'exception des deux stations en amont et en aval du barrage de Hammam Boughrara où elle est nettement plus faible.

A ce stade, nous pouvons retenir que les peuplements de Coléoptères aquatiques des stations étudiées sont moyennement diversifiés. Une diversité plus élevée est notée dans les stations les plus en amont. Presque toutes les stations présentent une diversité moyenne supérieure vu que les

valeurs de H' sont supérieures à 2 mais avec des valeurs différentes d'une station à une autre, à l'exception de la station Tafna-Sabra qui présente une diversité plus faible que 2 et où le peuplement est pauvre en espèces et en individus.

➤ L'indice de diversité maximale H_{max}

A partir des calculs du logarithme à base 2 de la richesse spécifique et des histogrammes établis dans la figure 32, nous remarquons que les valeurs de la diversité maximale ne dépassent pas 5, ces dernières se justifient par des richesses spécifiques faibles enregistrées dans chaque station.

La valeur la plus élevée est de 4,58 notée dans la station Isser-amont, suivie par la station de Chouly avec une valeur de 4,24 puis par la station Ghar Boumâaza avec une valeur de 4. Pour les stations Tafna-Remchi, Isser-Remchi, Tafna-Bougrara, les valeurs de H_{max} sont de moitié variant entre 2,32 et 2,8. La station Sabra, avec seulement 2 espèces, présente la diversité maximale la plus faible (Fig. 32). Comme les indices précédents, H_{max} présente les valeurs les plus élevées dans les stations les plus en amont.

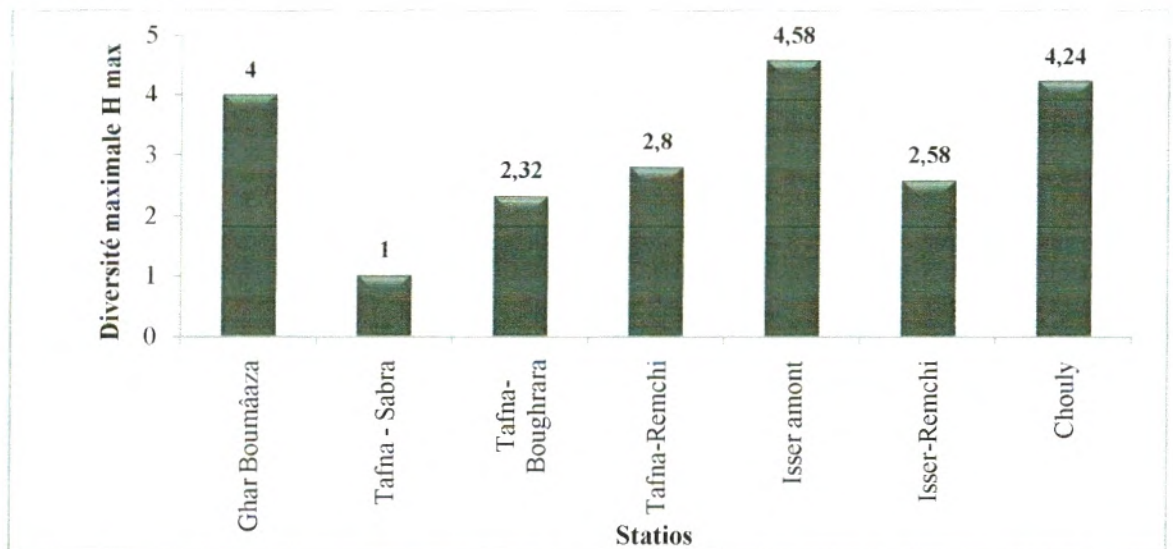


Figure 32 : Variation spatiale de la diversité maximale H_{max} dans les différentes stations étudiées.

➤ L'indice de Piélou J'

Les résultats des calculs de l'indice de Piélou J' de différentes stations d'études sont traduits dans la figure 33. Les valeurs sont toujours supérieures à 0,65 et atteignent une valeur maximale proche de 1. L'équitabilité de Piélou ou l'équirépartition au sens de Blondel reste donc élevée dans la majorité des stations ; ce qui signifie qu'il y a plusieurs espèces dominantes dans le peuplement de chaque station.

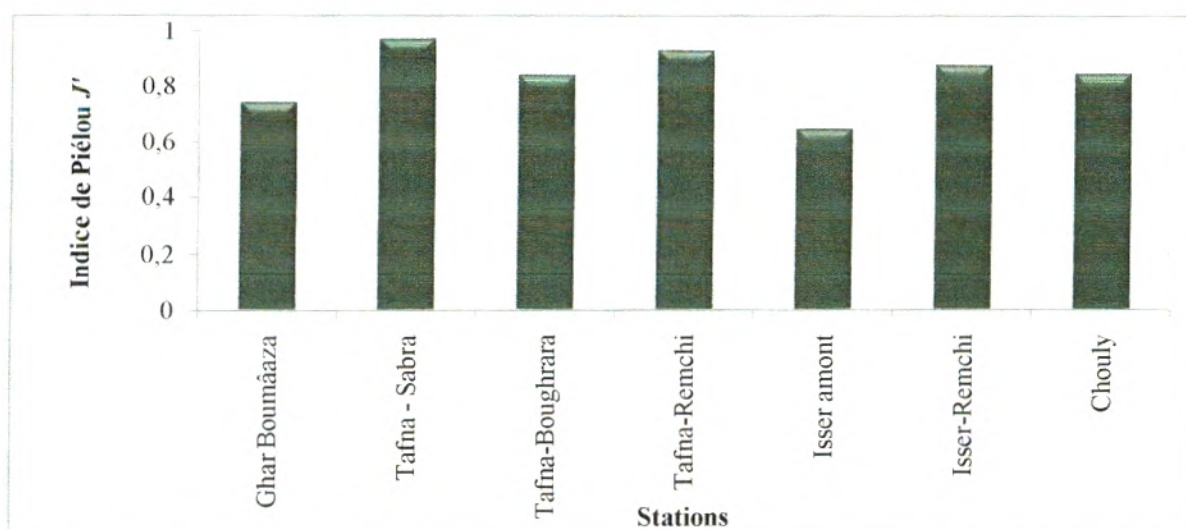


Figure 33 : Variation spatiale de l'équitabilité de Pielou dans les différentes stations étudiées.

Les valeurs de J' sont supérieures à 0,9 dans les stations Sabra et Tafna-Remchi. Ce résultat découle d'un très faible effectif réparti équitablement entre 2 taxons. Les stations Boughrara, Chouly et Isser-Remchi affichent des équirépartitions des peuplements très similaires. Les valeurs obtenues montrent clairement qu'il existe une bonne équi-répartition des individus entre les différentes espèces dans ces peuplements.

Les stations de Ghar Boumâaza et Isser-amont sont celles qui présentent les peuplements les moins équilibrés avec les valeurs de J' respectives de 0,74 et 0,65. Même si les effectifs et les richesses spécifiques sont faibles, elles témoignent tout de même d'une certaine régularité au sein des peuplements.

➤ L'indice de Simpson D

Les résultats de l'indice de Simpson D, confirme bien ce qui a été démontré par l'indice de diversité H' de Shannon-Wiener puisqu'il présente les variations comparables d'une station à une autre, ces variations sont traduites dans la figure 34.

Les valeurs de D varient avec un écart considérable entre un maximum de 10,43 et un minimum de 1,94. A la moyenne de 5,03 correspond un écart-type de 2,66. Les valeurs enregistrées dans les quatre stations Ghar Boumâaza, Tafna-Remchi, Isser-amont et Isser-Remchi se rapprochent de cette moyenne. Cependant, la station Chouly s'écarte considérablement avec une valeur nettement plus élevée et les stations de Tafna Boughrara et Sabra présentent les plus faibles.

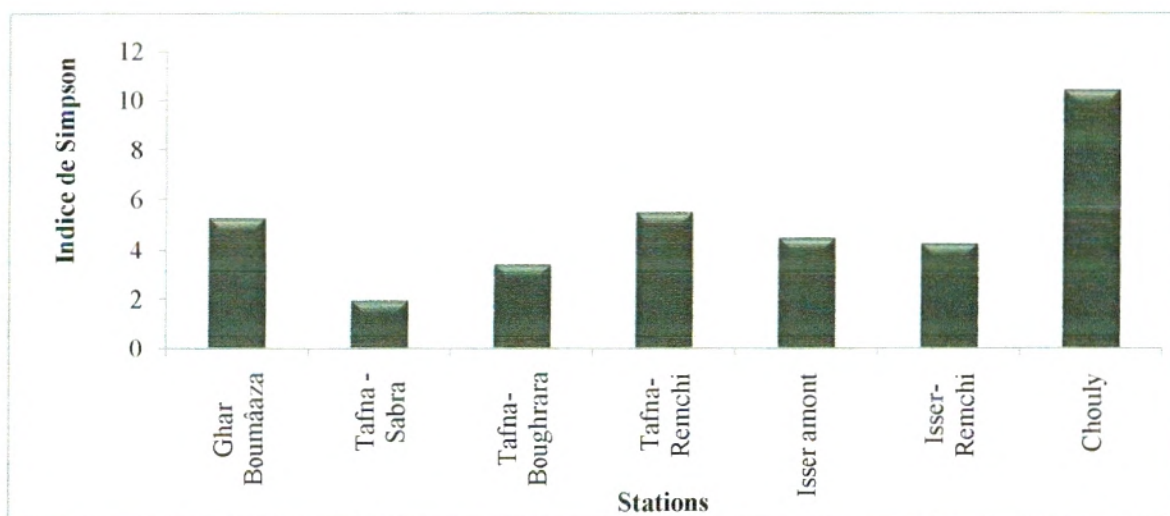


Figure 34 : Variation spatiale de l'indice de Simpson dans les différentes stations étudiées.

Une grande variabilité de la diversité est relevée entre les stations amont et les stations aval. Les stations les plus en amont sont les plus diversifiées, la diversité baisse progressivement en allant dans les stations situées en aval, elle est minimale dans les deux stations situées en amont et en aval du barrage de Hammam Boughrara.

➤ L'équitabilité de Simpson Es

Les résultats de l'équitabilité ou régularité de Simpson Es, consignés dans la figure 35, expriment des grandes variations d'une station à une autre.

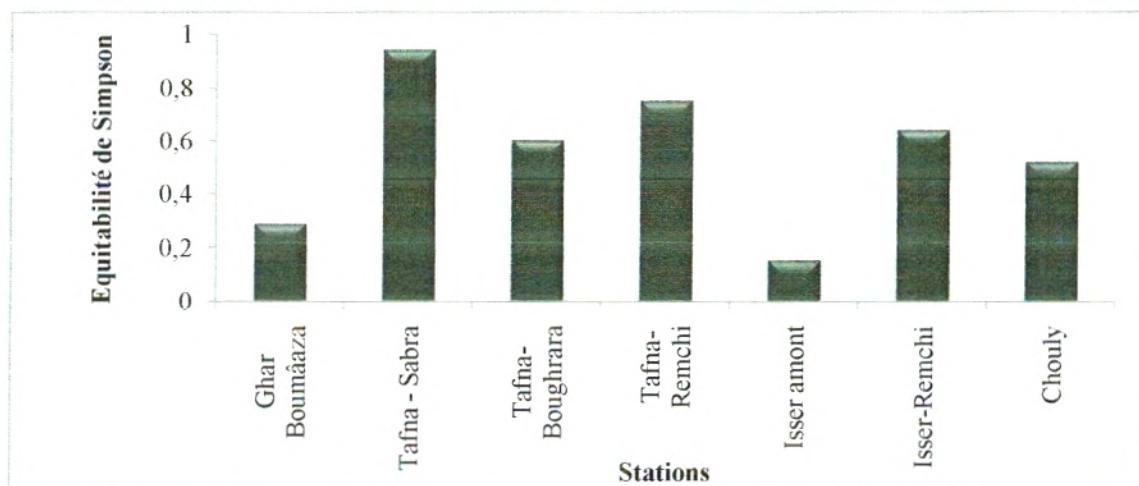


Figure 35 : Variation spatiale de l'équitabilité de Simpson Es dans les différentes stations étudiées.

Les valeurs de Es sont proches de 0 dans les stations Isser-amont et Ghar Boumaâza avec des indices respectifs de 0,15 et 0,28, les peuplements sont alors les plus réguliers et relativement bien structurés.

Précédées par la station Chouly avec un Es de 0,52, les stations Tafna-Boughrara et Isser-Remchi présentent des valeurs de Es comparables de l'ordre de 0,6. Les peuplements sont moins réguliers et moins bien structurés.

Cette régularité baisse encore plus dans les stations Tafna-Remchi avec une valeur de Es de 0,75 pour atteindre une valeur maximale de 0,94 témoignant ainsi de la présence de peuplements de structure irrégulière.

➤ L'indice de Hill

L'indice de Hill a l'avantage d'associer les deux indices de diversité précédents H' et D ce qui permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée dans chaque station. En utilisant la sensibilité de l'indice de Shannon aux effectifs des espèces rares, et la sensibilité de l'indice de Simpson aux effectifs des espèces abondantes, l'indice de Hill semble le plus synthétique. Plusieurs auteurs recommandent d'ailleurs son utilisation.

La diversité maximale est représentée par les valeurs proches de 1. Les résultats des calculs de cet indice pour les peuplements récoltés dans chaque station sont regroupés dans la figure 36 qui exprime la variabilité spatiale de cet indice.

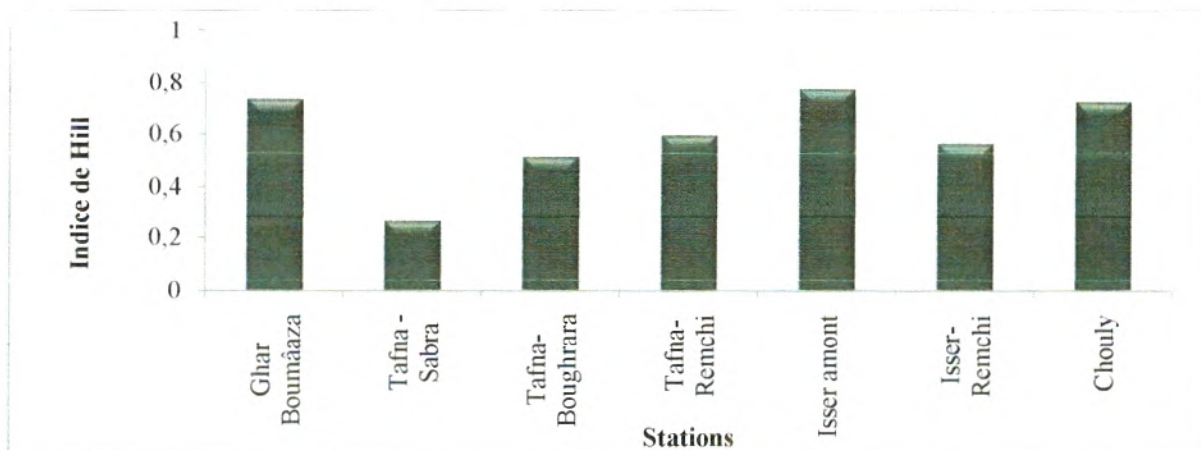


Figure 36 : Variation spatiale de l'indice de Hill dans les différentes stations étudiées.

La station Sabra présente l'indice de Hill le plus bas de 0,26, cette valeur basse s'explique par le peuplement pauvre en espèces mais également en individus dans cette station.

Les peuplements de taille relativement moyenne des stations de Tafna-Boughrara, Tafna-Remchi, et Isser-Remchi affichent des valeurs de l'indice de Hill de 0,5.

Ce sont les peuplements de plus grande taille des trois stations les plus en amont qui présentent les valeurs les plus élevées dépassant la valeur de 0,72. Les stations de Ghar Boumaâza, Isser-amont et Chouly ont des diversités analogues.

➤ **L'indice de diversité de Qinghong Q et modèle DIMO**

L'indice Q est également un indice synthétique qui associe la richesse spécifique, la diversité H' et l'équitabilité J' , il pallie ainsi l'inconvénient principal de l'indice H' . Par rapport à celui de Shannon-Weiner, cet indice donne plus de poids à la richesse qu'à l'équitabilité.

Cet indice varie entre un minimum de 1,17 et un maximum de 4,94. Les stations les plus en amont affichent les plus fortes valeurs, supérieures à 4.

Les stations plus en aval affichent des valeurs entre 2 et 4. Seule la station Sabra a un indice faible de l'ordre de 1.

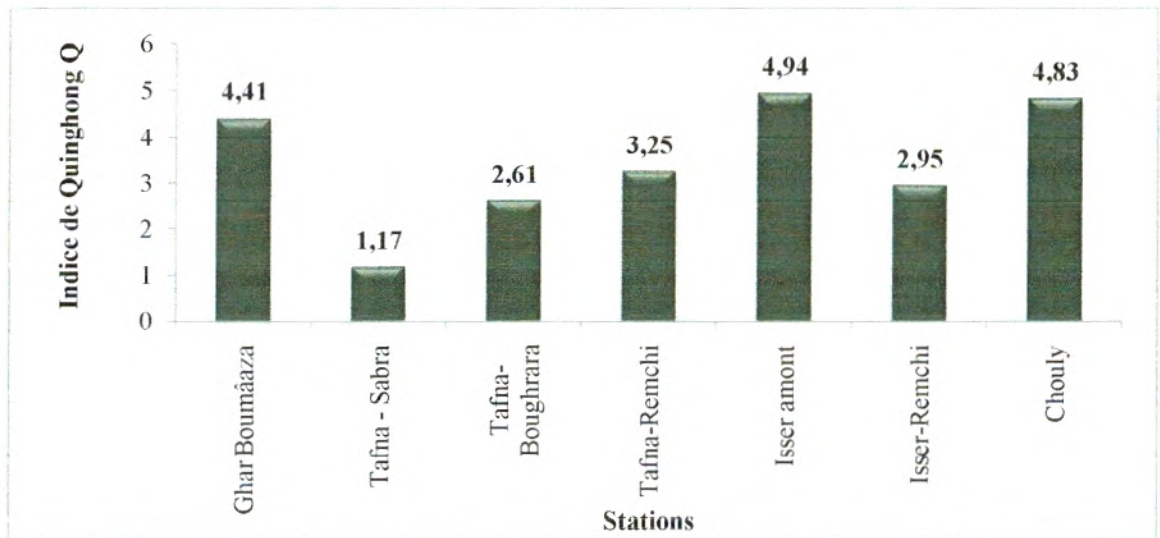


Figure 37 : Variation spatiale de l'indice de Q dans les différentes stations étudiées.

La représentation en deux dimensions de cet indice permet une ségrégation nette des stations. Le modèle DIMO appliqué aux peuplements de Coléoptères récoltés dans les sept stations est fourni dans la figure 38.

Les peuplements de Coléoptères des trois stations amont, Ghar Boumaâza, Isser-amont et Chouly apparaissent comme les plus diversifiés, mais ils sont différents en richesse, en diversité H' et en équitabilité. La station Chouly présente un peuplement moins riche en espèces et une diversité plus élevée contrairement à la station de l'Isser-amont avec plus d'espèces et une diversité plus faible. La station Ghar Boumaâza présente un peuplement moins riche, moins diversifié mais plus régulier.

Les stations plus en aval occupent la partie médiane, les peuplements correspondants ont une richesse spécifique faible, une diversité moyenne et une équitabilité similaire.

La station Sabra apparaît comme étant la moins diversifiée avec toutefois une équitabilité élevée traduisant une régularité du peuplement malgré sa taille réduite.

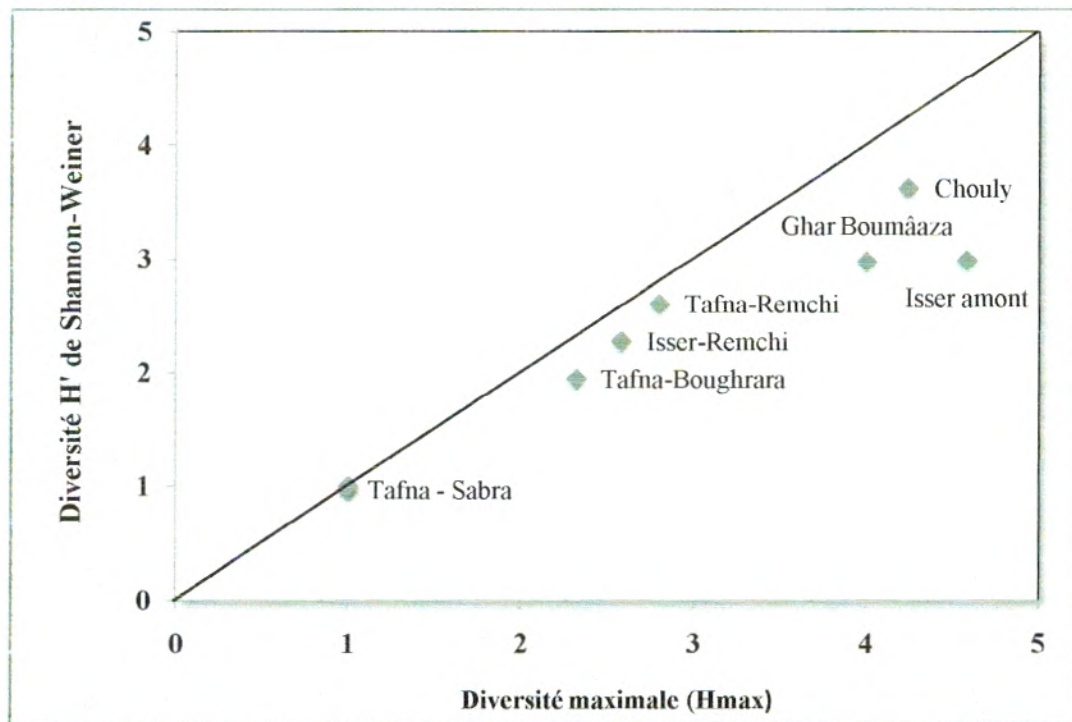


Figure 38 : Positionnement des stations d'étude en fonction de la richesse spécifique $\log_2 S$ et la diversité H' sur le modèle DIMO (Qinghong, 1995).

La diagonale représente l'équitabilité de Pielou $J=1$

Chaque peuplement suit une dynamique différente des autres peuplements, les trois paramètres sont différents d'une station à une autre. La dispersion des stations sur le diagramme montre une évolution de type 4 « non type » selon laquelle, l'évolution spatiale se traduit par des changements à la fois de la richesse spécifique et de la diversité et de la régularité d'une station à une autre.

2-2-1-2. Corrélation entre les indices et l'hétérogénéité des habitats

En utilisant les méthodes classiques de corrélation et régression linéaire simple, nous avons envisagé d'analyser en premier lieu le lien existant entre les différents indices 2 à 2. Nous pouvons ainsi estimer le coefficient de corrélation de Pearson pour un couple d'indicateurs (et tester son degré de signification par la p-value), l'ensemble des coefficients sont regroupés dans la matrice de corrélation du tableau 7. Les liens entre les indices de diversité et le nombre de microhabitats de chaque station sont recherchés en second lieu, représentés dans les figures 39 et 40.

Le nombre d'individus de la collection N apparaît significativement corrélé avec la majorité des indices calculés à l'exception de l'équitabilité de Pielou.

Une corrélation hautement significative est notée entre la richesse spécifique totale S et tous les indices. Cette corrélation est positive entre S et l'indice H' , l'indice de Simpson D, l'indice de Hill

et l'indice Q, et elle s'avère négative avec l'équitabilité de Simpson Es. La plus faible valeur de r est relevée avec l'indice de Piélu J'.

Tableau 7 : Matrice de corrélation entre les indices de diversité estimés par station (coefficient de corrélation Pearson et P-Value).

	N	F	S	Smoy	H'	Hmax	J'	D	Es	Hill
F	1,000 0,000									
S	0,960 0,000	0,960 0,000								
Smoy	0,960 0,000	0,960 0,000	1,000 0,000							
H'	0,753 0,007	0,753 0,007	0,879 0,000	0,879 0,000						
Hmax	0,807 0,003	0,807 0,003	0,932 0,000	0,932 0,000	0,969 0,000					
J'	-0,578 0,063	-0,578 0,063	-0,676 0,022	-0,677 0,022	-0,521 0,101	-0,698 0,017				
D	0,724 0,012	0,724 0,012	0,811 0,002	0,810 0,002	0,922 0,000	0,836 0,001	-0,311 0,352			
Es	-0,705 0,015	-0,705 0,015	-0,808 0,003	-0,808 0,003	-0,700 0,016	-0,837 0,001	0,969 0,000	-0,514 0,105		
Hill	0,709 0,015	0,709 0,015	0,858 0,001	0,857 0,001	0,966 0,000	0,983 0,000	-0,673 0,023	0,798 0,003	-0,812 0,002	
Q	0,798 0,003	0,798 0,003	0,925 0,000	0,925 0,000	0,980 0,000	0,999 0,000	-0,666 0,025	0,856 0,001	-0,813 0,002	0,985 0,000

Les quatre indices de diversité utilisés montrent une variabilité similaire d'une station à une autre. Les valeurs de r sont toujours supérieures à 0,8 témoignant d'une corrélation hautement significative entre eux. Seul l'indice de Piélu J' n'apparaît pas proportionné à l'indice de diversité H' et l'indice D de Simpson. Par contre, la corrélation avec les autres indices est considérable.

Nous avons également recherché la corrélation entre les descripteurs de la diversité des peuplements et le nombre de microhabitats recensés dans chaque station. Le nombre de microhabitats désigne une hétérogénéité spatiale et temporelle des habitats des Coléoptères. Cette corrélation est exprimée aussi bien par une régression linéaire simple que par le coefficient de corrélation de Pearson r, les résultats sont alors consignés dans les figures suivantes.

Aucune corrélation n'est notée entre le nombre total des individus et le nombre de microhabitats par station. La corrélation reste également très modérée avec la richesse spécifique. Nous notons pas de corrélation significative entre la richesse spécifique des peuplements de Coléoptères et le nombre de microhabitats, les coefficients de corrélation sont de 0,5 et p est non significatif.

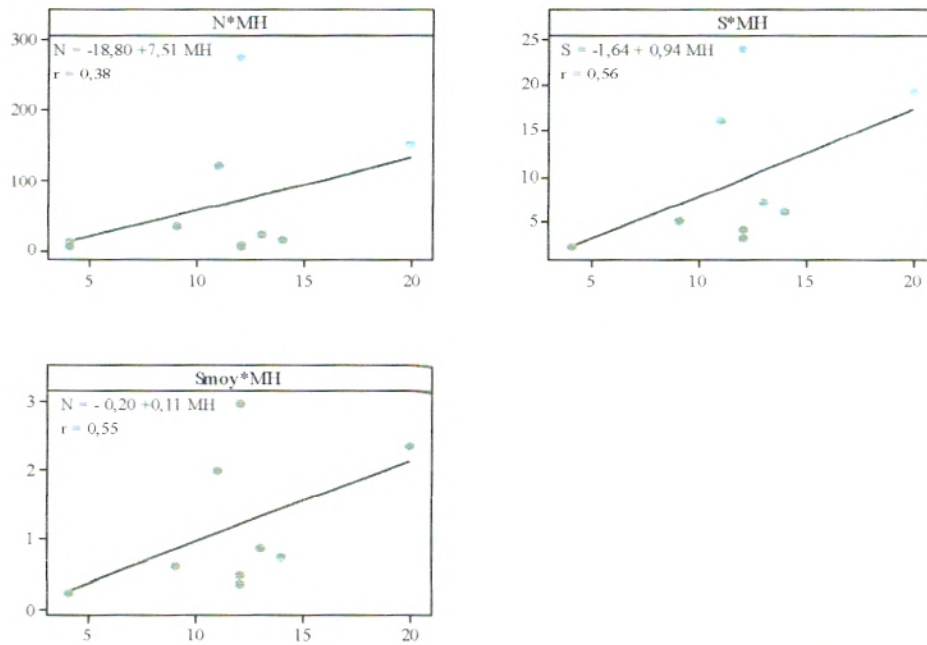


Figure 39 : Régression linéaire simple entre taille de la collection (N) et la richesse spécifique totale S et la richesse moyenne des peuplements des dix stations

Les indices de diversité ont également été confrontés au nombre de microhabitats recensés dans les sept stations au cours de toute la période d'étude par des régressions simples (Fig. 40)

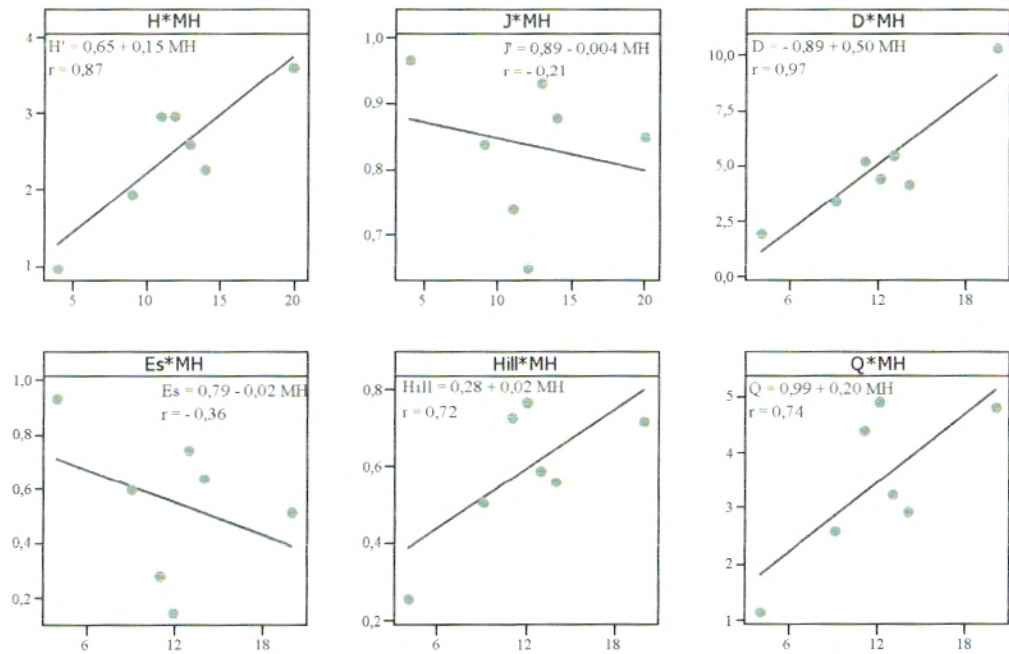


Figure 40 : Régression linéaire entre le nombre de microhabitats et les indices de diversités des peuplements des sept stations

La diversité apparaît significativement corrélée au nombre de microhabitats. Les quatre indices utilisés sont en lien avec l'hétérogénéité des habitats, un accroissement du nombre d'habitats signifie une augmentation de la diversité des peuplements de Coléoptères aquatiques.

Par contre, aucune relation significative n'est mise en évidence entre le nombre de microhabitats et l'équitabilité ou régularité aussi bien pour celle de Pielou que celle de Simpson.

En terme de ces analyses, il est bien établi que l'abondance, la richesse spécifique et l'équitabilité n'ont pas de relation significative avec le nombre de microhabitats contrairement à la diversité.

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

A partir des valeurs des fréquences d'occurrence des espèces présentes dans les dix stations étudiées, nous avons recherché à comprendre comment se répartit chaque espèce dans l'ensemble des stations. Nous avons résumé l'ensemble des résultats dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Fréquence d'occurrence des espèces récoltées dans les dix stations au cours de la période d'étude.

C	Espèces rencontrées	Qualification
] 75 – 50]	<i>Hydroglyphus geminus</i> (50 %) <i>Agabus didymus</i> (60 %) <i>Agabus</i> sp (60 %) <i>Laccophilus hyalinus</i> (50 %) <i>Laccophilus</i> sp (50 %) <i>Berosus hispanicus</i> (60 %)	Espèces fréquentes
] 50 – 25]	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i> (30 %) <i>Potamonectes clarkii</i> (30 %) <i>Deronectes bombycinus</i> (40 %) <i>Neohalplus lineaticollis</i> (30 %) <i>Gyrinus dejeani</i> (30 %) <i>Helochares lividus</i> (40 %)	Espèces communes
] 25 – 10]	<i>Laccophilus minutes</i> (20%) <i>Gyrinus urinator</i> (20%) <i>Aulonogyrus striatus</i> (20%) <i>Gyrinus</i> sp (20%) <i>Laccobius</i> sp1 (20%) <i>Laccobius</i> sp (20%) <i>Ochthebius</i> sp1 (20%) <i>Oulimnius</i> sp (20%) <i>Dryops</i> sp (20%)	Espèces accessoires
< 10	<i>Stictonectes optatus</i> (10%) <i>Anacaena</i> sp (10%) <i>Graptodytes optatus</i> (10%) <i>Yola bicarinata</i> (10%) <i>Agabus conspersus</i> (10%) <i>Agabus brunneus</i> (10%) <i>Agabus bipustulatus</i> (10%) <i>Meladema coriacea</i> (10%) <i>Ochthebius</i> sp2 (10%) <i>Ochthebius</i> sp3 (10%) <i>Ochthebius</i> sp4 (10%) <i>Laccobius</i> sp2 (10%) <i>Laccobius</i> sp3 (10%) <i>Limnoxenus niger</i> (10%) <i>Hydrophilus pistaceus</i> (10%) <i>Helophorus</i> sp (10%) <i>Hydraena testacea</i> (10%)	Espèces rares

Les espèces du peuplement global récolté durant la période d'étude, ont permis d'obtenir différents niveaux de constance.

Le premier niveau est constitué des six espèces fréquentes, présentes dans 6 et 5 stations. Il s'agit d'*Agabus didymus*, *Agabus* sp et *Berosus hispanicus* les plus fréquentes suivies par les espèces *Hydroglyphus geminus*, *Laccophilus hyalinus*, et *Laccophilus* sp.

Le deuxième niveau renferme également six espèces communes, présentes dans 4 à 3 stations, représentées par *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Potamonectes clarkii*, *Deronectes bombycinus*, *Neohaliphus lineaticollis*, *Gyrinus dejeani* et *Helochaeres lividus*.

Le troisième niveau englobe les neuf espèces présentes uniquement dans deux stations que nous pouvons qualifier d'espèces accessoires. La majorité des espèces (17) sont des espèces présentes que dans une seule station.

Nous remarquons également l'absence d'espèces omniprésentes et d'espèces constantes. Le peuplement est donc constitué essentiellement d'espèces rares à 44,7%, d'espèces accessoires à 23,7%, 15,8 % d'espèces communes et 15,8 d'espèces fréquentes (Fig. 41).

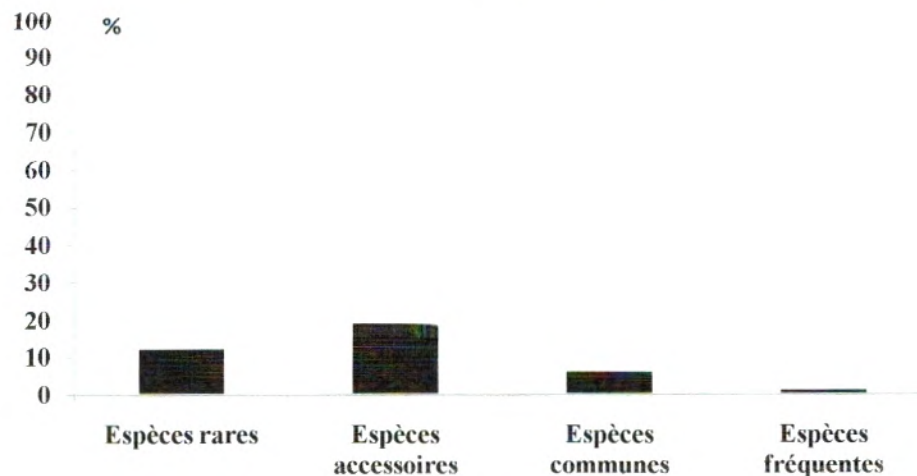


Figure 41 : Importance des types d'espèces selon leurs occurrences dans les dix stations d'étude

La répartition des espèces n'est donc pas équitable, cette disparité serait due à l'importance des espèces accessoires et des espèces rares. Plus de 68% des espèces ne sont pas fréquentes dans les différentes stations étudiées.

La répartition des espèces a également été appréciée à partir des calculs des fréquences d'occurrence des espèces dans les microhabitats individualisés, les résultats sont regroupés dans le tableau 9. L'importance des types d'espèces en fonction de leurs occurrences dans les microhabitats sont résumés dans la figure 42.

Tableau 9: Fréquence d'occurrence des espèces récoltées dans les 29 microhabitats prospectés au cours de la période d'étude.

Types d'espèces	Espèces rencontrées	C obs. (%)
Espèce fréquente 75 – 50	<i>Agabus didymus</i>	51,72
Espèces communes 50- 25	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>	48,27
	<i>Neohalipus lineaticollis</i>	48,27
	<i>Berosus hispanicus</i>	34,48
	<i>Laccophilus hyalinus</i>	31,03
	<i>Deronectes bombycinus</i>	31,03
	<i>Agabus sp</i>	27,58
Espèces accessoires 25 – 5	<i>Potamonectes clarkii</i>	24, 13
	<i>Gyrinus dejeani</i>	24,13
	<i>Helochaeres lividus</i>	20,68
	<i>Stictonectes optatus</i>	13, 79
	<i>Hydrohlyphus geminus</i>	13, 79
	<i>Oulimnius sp</i>	13,79
	<i>Laccophilus sp</i>	13,79
	<i>Gyrinus urinator</i>	13,79
	<i>Hydraena tetacea</i>	10,34
	<i>Dryops sp</i>	10,34
	<i>Aulonogyrus striatus</i>	10,34
	<i>Yola bicarinata</i>	6, 89
	<i>Agabus conspersus</i>	6, 89
	<i>Laccophilus minutus</i>	6, 89
	<i>Gyrinus sp</i>	6, 89
	<i>Anacaena sp</i>	6, 89
	<i>Laccobius sp1</i>	6, 89
	<i>Laccobius sp</i>	6, 89
<i>Ochthebius sp1</i>	6, 89	
Espèces rares C < 5	<i>Graptodytes optatus</i>	3,44
	<i>Agabus brunneus</i>	3,44
	<i>Agabus bipustulatus</i>	3,44
	<i>Meladema coriacea</i>	3,44
	<i>Laccobius sp2</i>	3,44
	<i>Laccobius sp3</i>	3,44
	<i>Limnoxenus niger</i>	3,44
	<i>Hydrophilus pistaceus</i>	3,44
	<i>Helophorus sp</i>	3,44
	<i>Ochthebius sp2</i>	3,44
	<i>Ochthebius sp3</i>	3,44
	<i>Ochthebius sp4</i>	3,44

Agabus didymus est la seule espèce présente dans plus de la moitié des microhabitats avec un indice d'occurrence de 51,72%, suivie de *Stictotarsus duodecimpustulatus* et *Neohalipus lineaticollis*, *Berosus hispanicus*, *Laccophilus hyalinus* et *Deronectes bombycinus* présents dans plus de 30% des microhabitats. *Potamonectes clarkii* et *Gyrinus dejeani* sont présents dans presque le un-quart des microhabitats.

L'importance des types d'espèces en fonction des fréquences d'occurrence estimées à partir de la présence-absence des espèces dans les 29 microhabitats individualisés, permettent de relever un peuplement composé d'une seule espèce fréquente, représentée donc par *Agabus didymus*, six espèces communes, *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Deronectes bombycinus*, *Agabus sp*,

Laccophilus minutus, *Neohaliphus lineaticollis* et *Berosus hispanicus*, 19 espèces accessoires et 12 espèces rares. Les espèces omniprésentes et constantes sont par ailleurs totalement absentes (Fig. 42). Le peuplement renferme plus de 81 d'espèces accessoires et rares et moins de 1% d'espèces fréquentes. Ces proportions caractérisent une répartition des espèces très inéquitable d'un microhabitat à un autre

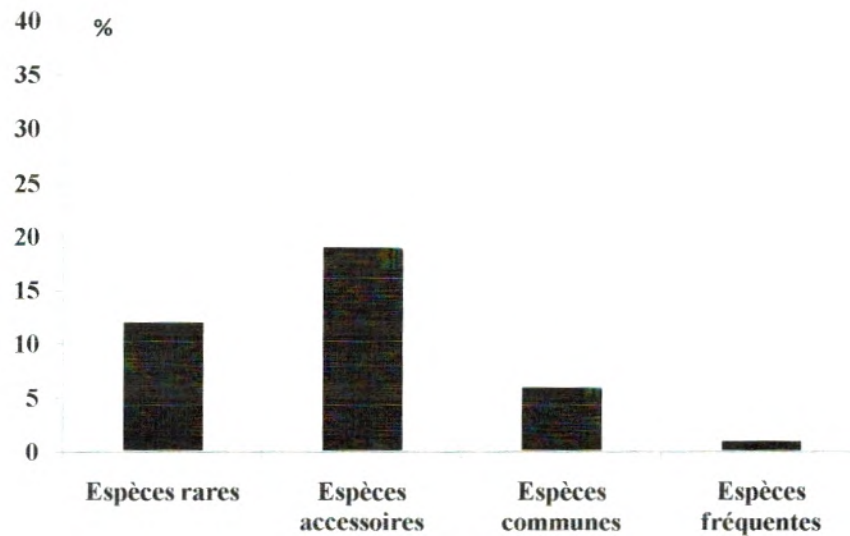


Figure 42 : Importance des types d'espèces selon leurs occurrences dans les microhabitats individualisés

2-2-1-4. Indice de dispersion et type de répartition des espèces par station

L'étude de la distribution spatiale des populations est une démarche essentielle pour la compréhension de l'écologie des populations. La fréquence d'occurrence ne tient pas compte de l'abondance des espèces contrairement à l'indice de dispersion, nous l'avons calculé pour comprendre la répartition des espèces dans les dix stations d'étude. Les résultats sont regroupés dans le tableau 10.

Selon les résultats que nous avons obtenu après le calcul de cet indice pour les 38 espèces récoltées pendant toute la période d'étude et dans les dix stations d'étude, il apparait clairement que la plus grande partie des espèces sont à répartition agrégative contre seulement dix espèces à répartition aléatoire dont huit sont présents dans une seule station et avec un à deux individus, il s'agit de *Graptodytes optatus*, *Agabus brunneus*, *Meladema corecea*, *Laccobius* sp3, *Limnoxenus niger*, *Hydrophilus pistaceus*, *Ochthebius* sp3 et *Ochthebius* sp4. *Laccobius* sp1 et *Laccobius* sp. Qui sont présents dans deux stations seulement.

En terme de l'analyse de cet indice, il apparait que la faune des Coléoptères aquatiques n'est pas distribuée de façon régulière dans les différentes stations.

Tableau 10 : Types de répartition des espèces selon leurs abondances dans les différentes stations (La première valeur désigne la moyenne et la valeur entre parenthèse correspond à la variance)

26 % d'espèces à répartition aléatoire $\delta^2 = m$	74 % d'espèces à répartition contagieuse $\delta^2 > m$
<i>Graptodytes optatus</i> 0,1 (0,1) <i>Agabus brunneus</i> <i>Meladema coriacea</i> <i>Laccobius</i> sp3 <i>Limnoxenus niger</i> <i>Hydrophilus pistaceus</i> <i>Ochthebius</i> sp3 <i>Ochthebius</i> sp4 <i>Laccobius</i> sp1 0,2 (0,2) <i>Laccobius</i> sp 0,2 (0,2)	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i> 6,4 (302,96) <i>Potamonectes clarkii</i> 2,4 (38,93) <i>Stictonectes optatus</i> 0,5 (2,5) <i>Deronectes bombycinus</i> 2,4 (17,15) <i>Hydroglyphus geminus</i> 1,1 (2,43) <i>Yola bicarinata</i> 0,2 (0,4) <i>Agabus didymus</i> 5,3 (63,34) <i>Agabus conspersus</i> 0,3 (0,9) <i>Agabus bipustulatus</i> 0,2 (0,4) <i>Agabus</i> sp 5,2 (55,28) <i>Laccophylus hyalinus</i> 4,4 (30,48) <i>Agabus minutus</i> 0,6 (2,48) <i>Laccophylus</i> sp 2,4 (18,71) <i>Neohaliplus lineaticollis</i> 15,1 (1663,94) <i>Gyrinus dejeani</i> 1,8 (17,06) <i>Gyrinus urinator</i> 0,7 (2,23) <i>Aulonogyrus striatus</i> 2 (35,77) <i>Gyrinus</i> sp 0,5 (1,61) <i>Berosus hispanicus</i> 2,3 (8,45) <i>Anacaena</i> sp 0,2 (0,4) <i>Laccobius</i> sp2 0,2(0,4) <i>Helochaeres lividus</i> 1,1 (2,98) <i>Helophorus</i> sp 0,6(3,28) <i>Hydraena testacea</i> 0,4 (1,6) <i>Ochthebius</i> sp1 4,3(175,56) <i>Ochthebius</i> sp2 0,5(2,5) <i>Oulimnius</i> sp 0,4 (0,93) <i>Dryops</i> sp 1,9(17,43)

2-2-1-5. Indice de similitude de Jaccard

L'indice de Jaccard est un coefficient d'association que nous avons utilisé pour dégager la similarité entre les échantillons pour des données binaires. Cet indice varie de 0 à 1 et ne tient compte que des associations positives (YOUNESS et SAPORTA, 2004).

La matrice de similitude (Tab. 11), établie à partir de l'indice des similitudes de Jaccard « J » calculés pour les dix stations étudiées, montre que les peuplements sont très peu ressemblants dans leurs compositions taxonomiques. Les stations ne partagent ensemble que moins de la moitié (50%) de similarité. Les peuplements des stations Chouly et Isser amont partagent ensemble jusqu'à 48%

des espèces communes en nombre de 14, ce degré de similitude observée est le plus élevée sur toute la matrice. Aux peuplements des stations de Khemis et Sabra correspondant une valeur de similarité plus faible de 33%, cette valeur n'est au fait représentée que par une seule espèce commune, les peuplements étant pauvres en espèces (richesse spécifique de ces deux station étant de 2).

Tableau 11 : Matrice de Similitude entre peuplements des dix stations d'étude

	Isser amont	Chouly	Ghar Boumaaza	Isser-Remchi	Tafna-Remchi	Hounche	Pierre du chat	Tafna Boughrara	Tafna Sabra	Khemis
Isser amont		0,48	0,29	0,2	0,19	0,125	0,12	0,11	0,083	0,083
Chouly			0,29	0,13	0,18	0,1	0,15	0,2	0,05	0,105
Ghar Boumaaza				0,1	0,15	0,11	0	0,23	0,058	0,058
Isser-Remchi					0,18	0,28	0,25	0,22	0,14	0
Tafna-Remchi						0,11	0,22	0,2	0,28	0,125
Hounche							0,16	0,14	0,25	0
Pierre de chat								0	0,2	0
Tafna-Boughrara									0	0
Tafna - Sabra										0,33
Khemis										

Une même valeur de similarité est notée entre les peuplements de Ghar Boumaâza et ceux des deux autres stations de l'amont Chouly et Isser-amont, ceux avec une richesse spécifique plus faible se situent entre ces deux peuplements qui ne partagent entre eux que 29% de similarité.

Les peuplements avec une richesse spécifique faible affichent des similarités de plus de 25% mais qui se limitent à 2 espèces communes au maximum. Les peuplements relativement plus riches partagent jusqu'à 9 espèces entre eux, mais le taux de ressemblance reste bas.

La majorité des peuplements sont différents de part leur composition avec des similarités de moins de 25%.

Sept valeurs de similarité égales à 0 sont relevées indiquant l'absence totale d'espèces communes. Ainsi, les stations par paire, Pierre du Chat- Ghar Boumaâza, Pierre du Chat – Boughrara, Sabra - Boughrara ne partagent aucune espèce. Ce même cas de figure est noté entre les deux espèces de la station de Khemis qui semblent totalement absentes dans quatre autres stations (Tab. 11).

Malgré les richesses spécifiques faibles enregistrées, les valeurs de similarité obtenues indiquent l'existence d'un nombre assez considérable d'espèces inféodées à une seule station, présentant ainsi une distribution limitée dans l'ensemble des stations.

En terme de cette analyse, il paraît que les stations étudiées présentent des compositions taxonomiques différentes, donc une bonne hétérogénéité et microdistribution des espèces qui serait dépendante des habitats diverses au cours du temps et dans l'espace.

2-2-1-6. Traitements statistiques 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 notre travail, L'étude spatiale et la détermination des entités coenotiques sont réalisées par l'utilisation de l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH).

2-2-1-6-1. Tests hiérarchiques et détermination des unités coenotiques par station

Nous avons opté pour une CAH pour définir les groupements des espèces. La matrice des données est la même que celle de l'AFC (Annexe 4).

L'analyse du dendrogramme résultant de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) des stations met en évidence deux grands groupes de stations (Fig. 43).

Le groupement G. 1 comprend six espèces qu'on peut subdiviser en deux sous groupes, le premier regroupe trois stations de l'amont de la Tafna, Ghar Boumaâza, Isser amont et Khemis, alors que le deuxième sous groupe renferme les stations Chouly, Isser-Remchi et celle de Tafna-Bouhrara.

Le groupement G. 2 englobe quatre stations Hounche, Pierre de chat, Tafna-Remchi et Tafna-Sabra.

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) appliquée aux espèces a été réalisée sur la même matrice que celle pour l'analyse des stations. Le dendrogramme obtenu (Fig. 44) montre trois groupements à répartition inégale des espèces alors que l'espèce *Ochthebius* sp1 reste isolé et met en évidence sa forte particularité bionomique.

Le nombre d'espèces varie d'un groupe à un autre allant de 25 espèces dans le groupement G. II et 2 espèces seulement dans le G. III avec une forte contribution.

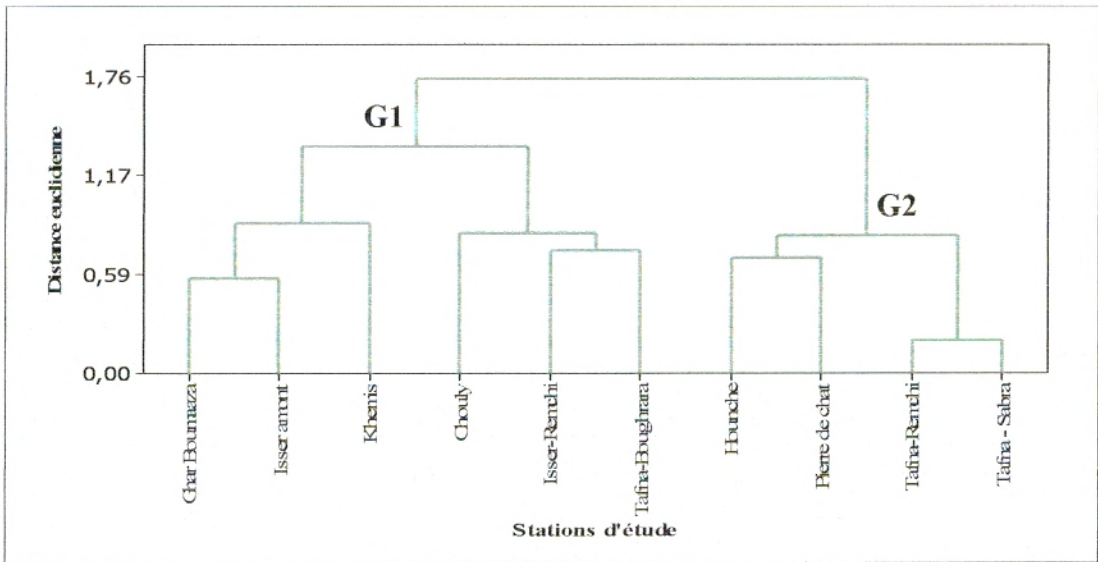


Figure 43 : Dendrogramme obtenu à partir de la CAH appliquée aux dix stations étudiées

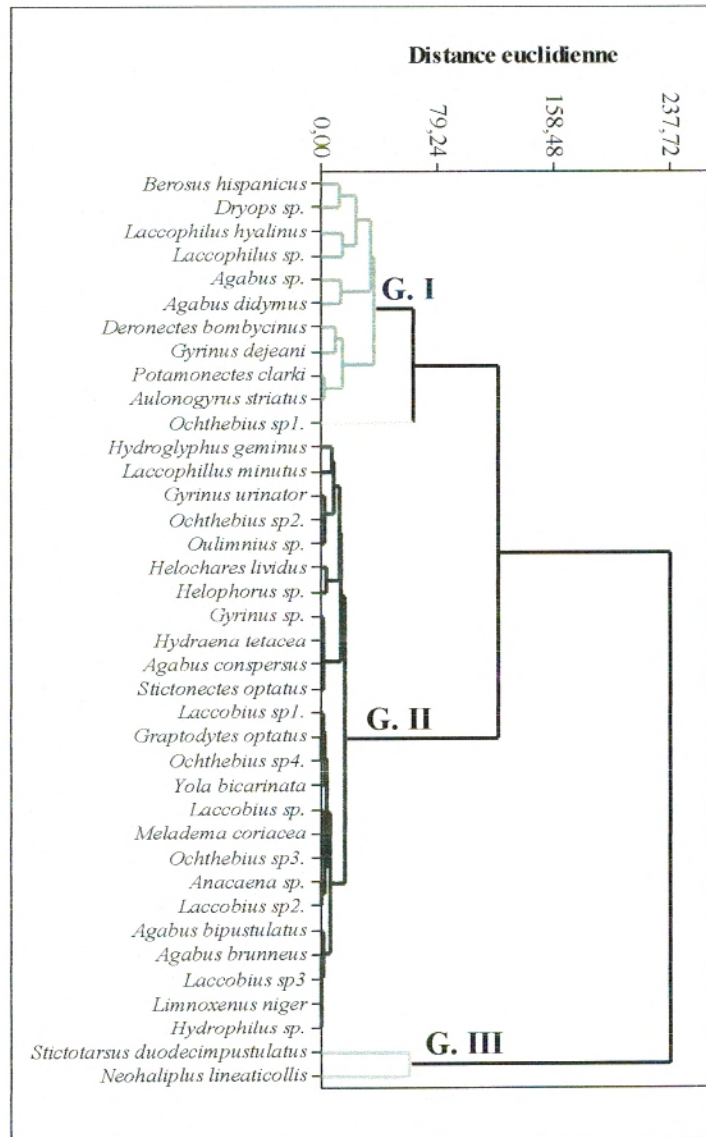


Figure 44 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces récoltées par station.

Le groupement G. III regroupe deux espèces *Stictotarsus duodecimpustulatus* et le *Neohaliphus lineaticollis* particulièrement dominantes dans la station Isser-amont et coïncidant de ce fait avec le premier sous groupe G. 1.

Le groupement G. I renferme dix espèces, *Berosus hispanicus*, *Dryops* sp, *Laccophilus hyalinus*, *Laccophilus* sp, *Agabus* sp, *Agabus didymus*, *Deronectes bombycinus*, *Gyrinus dejeani*, *Potamonectes clarkii* et *Aulonogyrus striatus* avec des fréquences relativement élevées, retrouvées en grand nombre dans le groupe G. 1 également. *L'Ochthebius* sp1 caractérise principalement la station de Ghar Boumaâza autrement le groupe G. 1.

Le groupement G. II englobe une majorité d'espèces très ponctuelles retrouvées dans seulement un à trois prélèvements à l'exception de l'espèce *Hydroglyphus geminus* qui se trouve dans cinq stations. Ce groupement peut se subdiviser en deux sous groupes, le premier avec 11 espèces caractérisées par des effectifs relativement élevés, alors que le deuxième sous groupe est représenté par 14 espèces qui restent très localisées avec des effectifs très faibles.

La CAH laisse apparaître clairement une seule espèce la plus dominante à savoir *Ochthebius* sp1. Douze espèces à fréquence relativement élevée et à abondance moyenne, il s'agit de *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Neohaliphus lineaticollis*, *Berosus hispanicus*, *Agabus* sp, *Agabus didymus*, *Laccophilus hyalinus*, *Laccophilus* sp, *Deronectes bombycinus*, *Gyrinus dejeani*, *Aulonogyrus striatus* et *Dryops* sp. Le reste, soit 25 espèces, constitue un assemblage d'espèces de dominance et de fréquence très faibles.

Deux paramètres expliquent ces assemblages d'espèces, l'abondance et la fréquence d'occurrence, pour cette raison nous avons calculé les FDM pour ces espèces dans le but de dégager les unités coenotiques en place.

- Unité coenotique UC 1 à *Berosus hispanicus* renferme dix espèces à fortes valeurs de FDM, comprises entre 0,20 et 9,41. Les espèces *Agabus* sp, *Agabus didymus*, *Laccophilus hyalinus* et *Laccophilus* sp qui accompagnent *Berosus hispanicus* sont les espèces à plus fortes dominances dans six stations d'étude et les valeurs de FDM sont les plus fortes (supérieures à 0,86). Cette unité fait ressortir avec une forte contribution bionomique l'espèce *Ochthebius* sp présent dans la station de Ghar Boumaâza avec 42 individus et seulement 1 individu dans la station Isser-amont.
- Unité coenotique 2 à *Hydroglyphus geminus* englobe les espèces les plus faiblement représentées en nombre et essentiellement récoltées dans une à deux stations à l'exception des deux espèces *Hydroglyphus geminus* et *Helochares lividus* présentes respectivement dans 5 et 4 stations mais avec de très faibles dominances.

- Unité coenotique UC3 se caractérise par deux espèces à valeurs de FDM moyennes, *Stictotarsus duodecimpustulatus* avec une valeur de 2,94 et *Neohaliplus lineaticollis* avec une valeur très proche de 2,13. Elles sont présentes dans trois stations mais avec une nette dominance dans la station Isser-amont.

Tableau 12: Valeurs des FDM calculée de chaque espèce par station.

Unité coenotique	Espèces	DM	F %	FDM
UC 1	<i>Berosus hispanicus</i>	0,156	60	9,416
	<i>Agabus</i> sp	0,116	60	6,961
	<i>Agabus didymus</i>	0,082	60	4,974
	<i>Laccophilus hyalinus</i>	0,075	50	3,766
	<i>Laccophilus</i> sp	0,057	50	2,860
	<i>Deronectes bombycinus</i>	0,049	40	1,961
	<i>Potamonectes clarkii</i>	0,047	30	1,416
	<i>Gyrinus dejeani</i>	0,020	30	0,624
	<i>Aulonogyrus striatus</i>	0,012	20	0,257
	<i>Dryops</i> sp	0,010	20	0,202
	<i>Ochthebius</i> sp1	0,034	20	0,695
UC2	<i>Hydroglyphus geminus</i>	0,060	50	3,038
	<i>Laccophilus minutes</i>	0,018	20	0,376
	<i>Gyrinus urinator</i>	0,003	20	0,074
	<i>Ochthebius</i> sp2	0,003	10	0,032
	<i>Oulimnius</i> sp	0,002	20	0,046
	<i>Helochaeres lividus</i>	0,019	40	0,764
	<i>Helophorus</i> sp	0,004	10	0,049
	<i>Gyrinus</i> sp	0,002	20	0,042
	<i>Hydraena testacea</i>	0,0015	10	0,014
	<i>Agabus conspersus</i>	0,001	10	0,010
	<i>Stictonectes optatus</i>	0,001	10	0,018
	<i>Laccobius</i> sp1	0,017	20	0,346
	<i>Graptodytes optatus</i>	0,0006	10	0,006
	<i>Ochthebius</i> sp4	0,0006	10	0,006
	<i>Yola bicarinata</i>	0,009	10	0,090
	<i>Laccobius</i> sp	0,007	20	0,140
	<i>Meladema coreacea</i>	0,0003	10	0,003
	<i>Ochthebius</i> sp3	0,006	10	0,066
	<i>Anacaena</i> sp	0,0007	10	0,007
	<i>Laccobius</i> sp2	0,0007	10	0,007
	<i>Agabus bipustulatus</i>	0,001	10	0,016
	<i>Agabus brunneus</i>	0,0008	10	0,008
	<i>Laccobius</i> sp3	0,0008	10	0,008
	<i>Limnoxenus niger</i>	0,0008	10	0,008
<i>Hydrophilus pistaceus</i>	0,0008	10	0,008	
UC3	<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>	0,098	30	2,94
	<i>Neohaliplus lineaticollis</i>	0,071	30	2,13

Le peuplement de Coléoptères de la Tafna se caractérise ainsi par des niveaux de FDM différents, dix espèces (26%) présentent des valeurs supérieures à 1 dont les trois espèces les plus caractéristiques sont *Berosus hispanicus*, *Agabus* sp et *Agabus didymus*. La majorité des espèces à plus de 74%, est faiblement représenté aussi bien en nombre qu'en occurrence. Sur ces 28 espèces avec des valeurs de FDM inférieures à 1, 20 espèces sont présentes dans une à deux stations avec 1 à 3 individus seulement (valeurs de FDM inférieures à 0,1).

2-2-1-6-2. Analyse de la matrice de répartition spatiale des abondances dans les dix stations

Le traitement des données acquis par l'AFC nécessite l'établissement d'un tableau binaire croisé de 38 espèces et 10 stations où l'élément de base est l'effectif total de l'espèce *i* récoltée dans chaque station (Annexe 4). L'effectif total est la somme des individus récoltés dans l'ensemble des microhabitats prospectés.

Seule la distribution des points lignes et colonnes sur le plan F1x F2 (Fig. 45) est retenue, avec les deux axes qui concentrent le maximum d'information avec 33,37% sur l'axe 1 et 19,11% sur l'axe 2, soit un total de 52,84% de l'information générale.

Trois espèces ont été écartées en raison de la forte contribution sur le plan factoriel 1x2. Il s'agit bien évidemment de *Ochthebius* sp, *Stictotarsus duodecimpustulatus* et *Neohaliplus lineaticollis*.

Les stations Khemis, Pierre de chat, Tafna-Remchi et Tafna-Sabra s'écartent des autres stations et se trouvent sur le coté négatif du plan. Ceci est dû aux espèces existantes au niveau des prélèvements qui se concentrent dans ces stations, il s'agit d'*Agabus* sp, et *Berosus hispanicus*.

Ghar Boumaâza, Hounche, Chouly et Isser amont, stations de l'amont de la Tafna, se trouvent isolées et groupées en haut du plan sur le coté positif de l'axe 2, ceci est expliqué par la présence des *Agabus didymus*, *Laccophilus hyalinus* et *Deronectes bombycinus*, qui se trouvent dans ces stations avec des effectifs considérables, elles contribuent à la construction de l'axe 2.

Ces espèces, en plus de celle des *Dryops* sp, sont de coordonnées positives sur l'axe 2 et s'opposent aux 32 espèces qui se localisent sur le coté négatif de l'axe 1. Ces dernières présentent soit des abondances ou des occurrences très faibles, marquées par leur présence dans une ou deux stations seulement.

Les points espèces se répartissent sur l'axe 1 selon un gradient croissant d'abondance et d'occurrence des espèces. Alors que l'axe 2 marginalise les espèces *Agabus didymus*, *Laccophilus hyalinus*, *Deronectes bombycinus* et *Dryops* sp. 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.

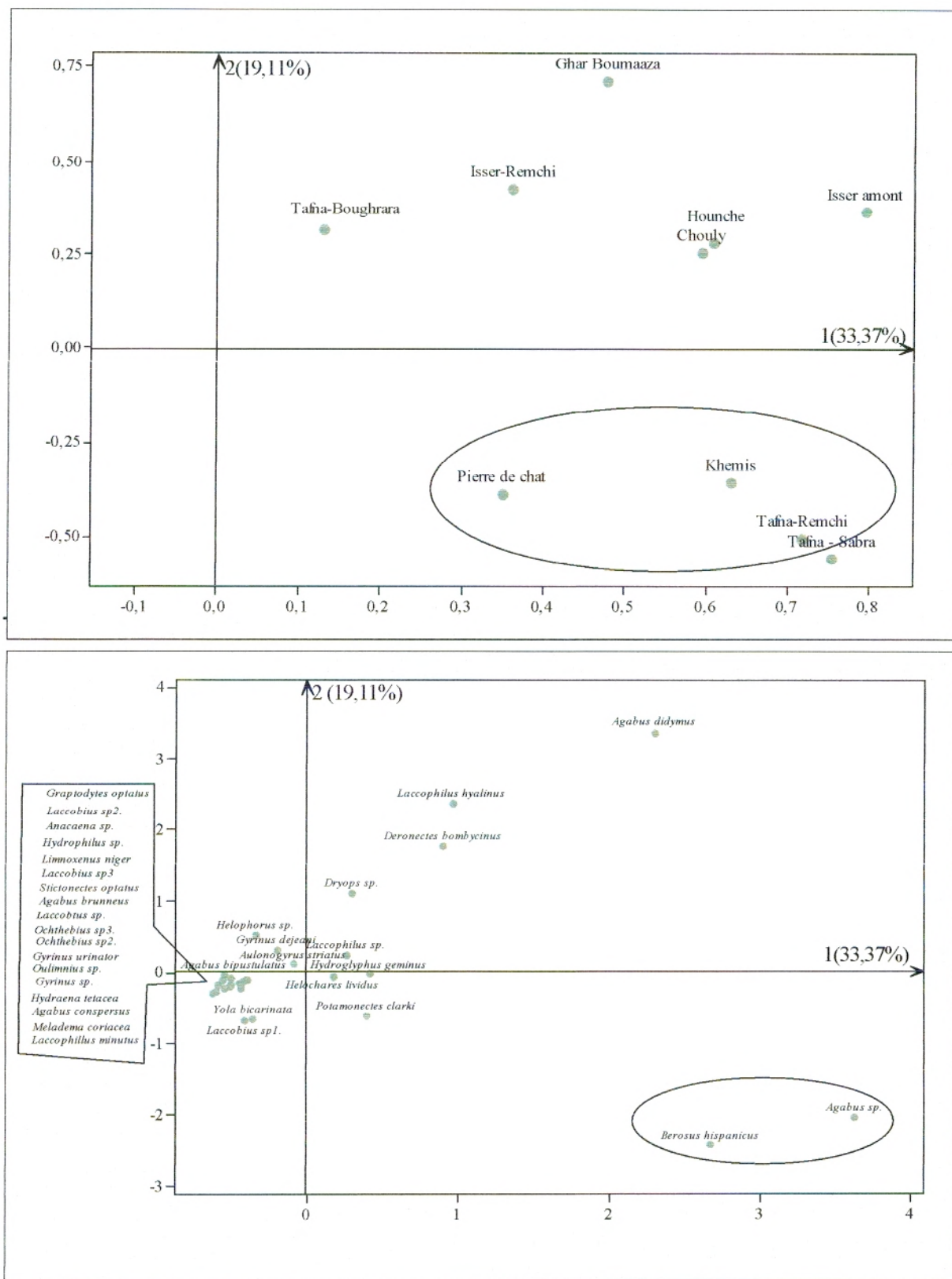


Figure 45 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel F1xF2 appliquée à la matrice des abondances des espèces par station.

2-2-2. Répartition des abondances par microhabitat

2-2-2-1. Les tests hiérarchiques et détermination des entités coenotiques

Les données étudiées sont généralement les abondances des espèces dans une matrice croisée microhabitats / espèces. La classification hiérarchique consiste à regrouper les espèces les plus proches sous forme d'un dendrogramme, dont la longueur des branches représente la distance moyenne ou totale entre les espèces et groupes d'espèces, c'est-à-dire leur pourcentage de similarité (GRALL et COÏC, 2005).

Dans cette étude, la CAH a été réalisée sur une matrice binaire établie pour chaque microhabitat individualisé dans des dix stations prospectées. L'analyse est donc exécutée sur 38 espèces et 29 microhabitats différents parmi les 42 microhabitats globaux, en mettant de côté les treize microhabitats ne contenant aucune espèce pendant toute la période de prélèvement. La matrice des données est la même que celle utilisée pour l'AFC (Annexe 5).

Le dendrogramme (Fig. 46) obtenue à partir de la CAH appliquée sur les microhabitats, montre la présence de trois principaux noyaux avec un nombre presque égale de microhabitats dans chaque noyau.

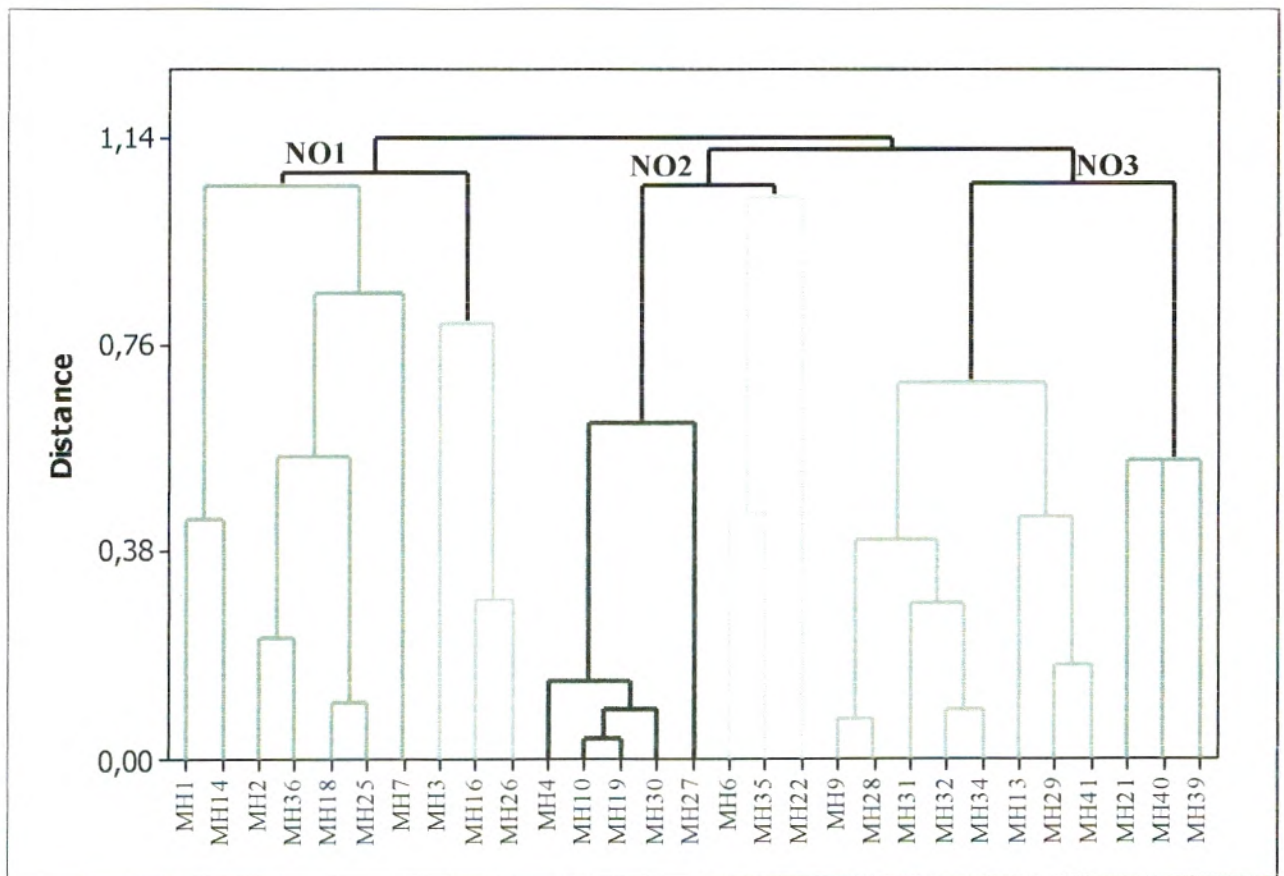


Figure 46 : Dendrogramme issu de la CAH de la matrice de répartition des abondances d'espèces par microhabitats Points colonnes ou microhabitats

Le premier noyau NO1 est subdivisé en deux sous noyaux, le premier regroupe les microhabitats MH1, MH14, MH2, MH36, MH18, MH25 et MH7 représentant quatre types de courant (très rapide, rapide, lent et nul). Le MH1 avec un courant rapide a un substrat constitué de sable et limon, du granulats grossiers, des sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers et des algues filamenteuses comme végétation aquatique, le MH2 caractérisé par un courant rapide, un substrat avec du granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille, le MH7 présente un courant nul, du sable et limon, de la vase, du granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille constituent le substrat de cet habitat avec la présence de spermaphytes émergées. Un courant lent caractérise le MH14, le substrat y est composé de sable, limon et de vase, des spermaphytes immergées sont présentes également dans l'eau. Le MH18 renferme un courant très rapide et un substrat constitué de sable et limon, de la vase, des granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille, la végétation aquatique est variable contenant des algues ainsi que des spermaphytes immergées et émergées. Le MH25 qui a un courant lent, présente un substrat de sable, limon et vase et une végétation algale importante. Le MH36 également avec un courant lent et un substrat constitué de vase, de granulats grossiers, des sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers se caractérise par la présence d'une végétation représentée par des algues et des spermaphytes émergés, ces microhabitats contiennent des effectifs faibles des espèces.

Le second sous groupe englobe le MH3 à un courant rapide, un substrat constitué de sable et de limon, de la vase, du granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille, le MH16 caractérisé par un courant lent et un substrat avec des granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille avec des spermaphytes immergées comme végétation aquatique et enfin le MH26 qui a un courant lent, son substrat est composé de la vase, du sable et du limon, ces habitats sont distingués par la présence de la végétation émergente.

Le noyau NO2 se divise également en deux sous noyaux, l'un est composé de cinq microhabitats différents l'un de l'autre par le type de courant, mais s'individualisent par les plus faibles effectifs, alors que le deuxième est formé de trois microhabitats semblants moins peuplés.

Le noyau NO3 se subdivise à son tour en deux sous noyaux, le premier renferme huit microhabitats : MH9 à courant nul, substrat vaseux et végétation constituée d'algues et de spermaphytes émergées, MH28 un microhabitat avec un courant nul, un substrat contenant du sable et limon, de la vase, du granulats grossiers, des sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers ainsi qu'une végétation aquatique alguale, le MH31 présente un courant nul et un substrat composé du granulats grossier, de la vase, du sable et du limon, des spermaphytes émergées sont présentes comme végétation semi-aquatique, le MH33 renfermant un courant nul, du

granulats grossiers, de la vase, du sable et du limon caractérisent le substrat avec la présence des spermaphytes émergées dans l'eau. Le MH34 marqué par un courant nul, un substrat caractérisé par la présence du sable, limon, vase, granulats grossiers, des sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers, la végétation de cet habitat est représentée par des algues filamenteuses et des spermaphytes émergés. Le MH13 a un courant nul, un substrat constitué de sable, limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers, des algues et des spermaphytes immergées et émergées caractérisent la végétation de ce microhabitat. Le MH29 est composé d'un courant nul, un substrat de sable, limon, vase et des sédiments minéraux de grande taille, la végétation aquatique est présentée par des algues et des spermaphytes émergées et en dernier le MH41 avec un courant nul, un substrat constitué de sable et du limon, de la vase, des sédiments minéraux de grande taille et des granulats grossiers ainsi qu'une végétation de spermaphytes émergées et immergées et des algues sont présentes, ils se caractérisent par des effectifs relativement élevés. Ce sont les microhabitats les plus peuplés.

Par contre le deuxième sous noyau qui ne comporte que trois microhabitats avec différents types de courant (moyen, lent et nul) est marqué par des effectifs nettement plus faibles.

Les 38 espèces ont été classées en se basant sur la structure du dendrogramme (Fig. 47) issu de la Classification Ascendante Hiérarchique des espèces. Cette Classification isole tout d'abord deux unités coenotique à répartition inégale des espèces, alors qu'il y a cinq espèces qui restent configurée avec de fortes contributions bionomiques. Les assemblages en groupe semblent être en relation avec les abondances des espèces et aussi de leur répartition dans tel ou tel microhabitat.

Stictotarsus duodecimpustulatus avec la valeur de FDM la plus élevée égale à 7,5, est une espèce à forte contribution bionomique, elle est abondante et se trouve spécialement dans les microhabitats du noyau NO1.

Neohaliphus lineaticollis (FDM = 6,34) avec une fréquence de 48,27 vient en deuxième position, elle est abondante et relativement plastique, en se retrouvant dans plusieurs microhabitats du noyau NO 1, surtout où le courant est nul avec la présence particulière de végétation.

Deronectes bombycinus qui est moins abondant, mais spécifique, se trouve en nombre peu élevé dans les microhabitats de Ghar Boumaâza et Chouly à courant soit moyen ou nul.

Les deux espèces *Agabus didymus* et *Laccophilus hyalinus*, qui sont moyennement abondantes, se trouvent dans les mêmes stations et dans le même type de microhabitat avec la présence de la végétation mais dans différents types de courant.

En écartant ces cinq espèces à fortes contributions bionomiques, deux noyaux d'espèces peuvent être individualisés. Le nombre d'espèces varie allant de quatorze espèces dans le noyau NE1 à dix neuf espèces dans le noyau NE2.

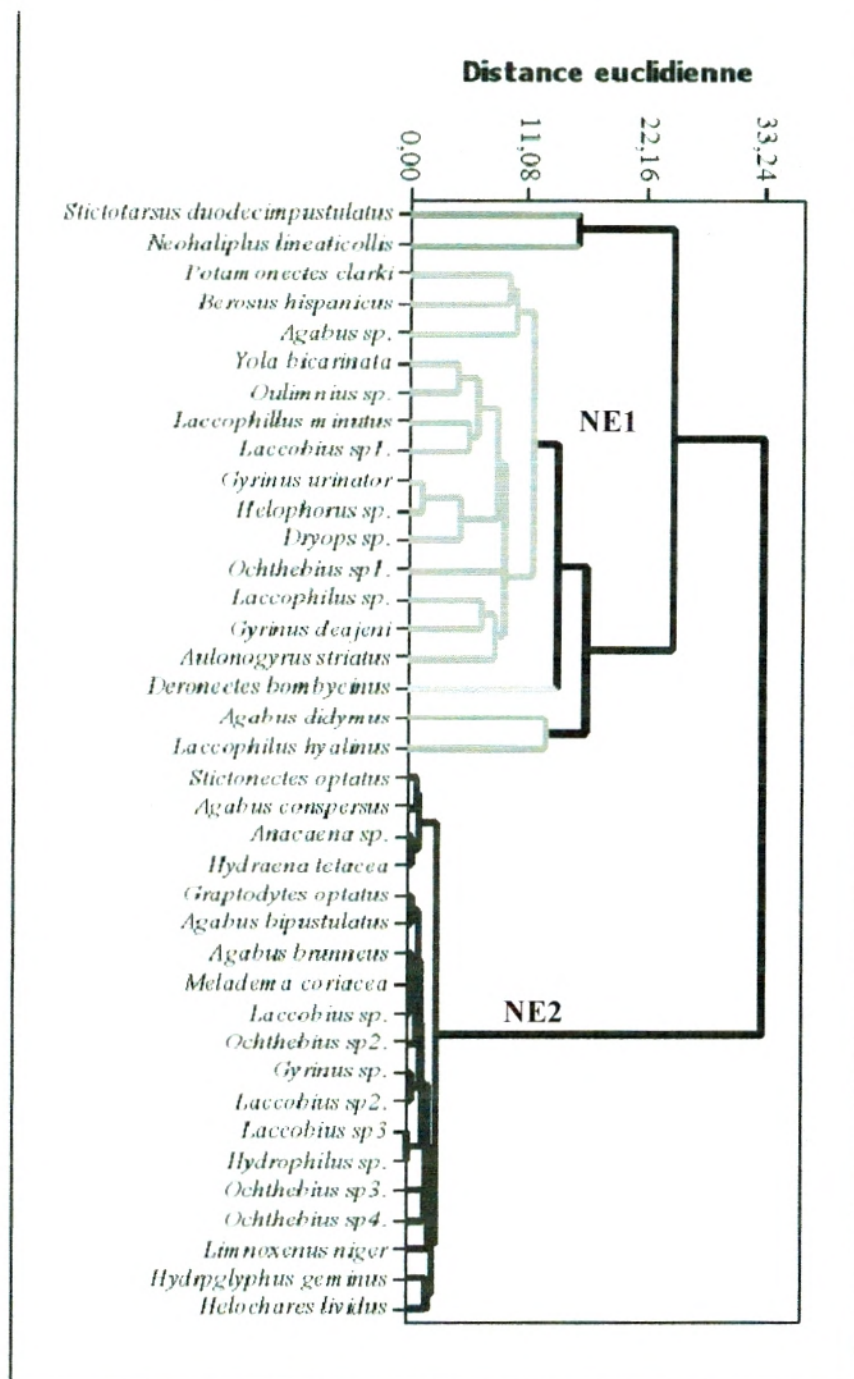


Figure 47 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces récoltées par microhabitat

L'unité NE1 réunit 14 espèces avec des effectifs moyens à faibles, cette unité se divise en deux, le premier sous noyau assemble trois espèces *Potamonectes clarkii*, *Berosus hispanicus* et *Agabus sp* qui ont des valeurs de FDM relativement élevées (Tab. 13). Cependant, le deuxième sous noyau collectionne onze espèces : *Yola bicarinata*, *Oulimnius sp*, *Laccophilus minutus*, *Laccobius sp1*, *Gyrinus urinator*, *Helophorus sp*, *Dryops sp*, *Ochthebius sp1*, *Laccophilus sp*, *Gyrinus dejeani* et

Aulonogyrus striatus avec des effectifs faibles qui sont récoltées dans différents types de biotopes portant de la végétation ou non et dans tout type de courant.

Le noyau NO2 contient 19 espèces à faible répartition dans les microhabitats le long des cours d'eau, mais qui se trouvent inégalement dans différent microhabitats, elles regroupent un assemblage à très faible effectif, des fois un ou deux espèces qui codominent dans un seul type de microhabitat, ce qui justifie pleinement les valeurs de FDM inférieures à 0,5 (Tab. 13).

Tableau 13: Valeurs des FDM de chaque espèce par microhabitat.

Especes	DM	F	FDM
<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>	0,155	48,27	7,529
<i>Neohaliphus lineaticollis</i>	0,131	48,27	6,344
<i>Deronectes bombycinus</i>	0,108	31,03	3,365
<i>Agabus didymus</i>	0,109	51,72	5,642
<i>Laccophilus hyalinus</i>	0,081	31,03	2,522
<i>Berosus hispanicus</i>	0,083	34,48	2,868
<i>Dryops</i> sp.	0,216	10,34	2,237
<i>Potamonectes clarkii</i>	0,061	24,13	1,488
<i>Agabus</i> sp.	0,048	27,58	1,348
<i>Gyrinus dejeani</i>	0,035	24,13	0,854
<i>Oulimnius</i> sp.	0,026	13,79	0,359
<i>Laccophilus</i> sp.	0,025	13,79	0,358
<i>Ochthebius</i> sp1.	0,048	6,89	0,331
<i>Aulonogyrus striatus</i>	0,021	10,34	0,223
<i>Laccophilus minutus</i>	0,019	6,89	0,137
<i>Gyrinus urinator</i>	0,006	13,79	0,083
<i>Laccobius</i> sp1.	0,011	6,89	0,081
<i>Yola bicarinata</i>	0,007	6,89	0,049
<i>Helophorus</i> sp.	0,005	3,44	0,017
<i>Helochares lividus</i>	0,024	20,68	0,507
<i>Hydraena tetacea</i>	0,036	10,34	0,382
<i>Hydrpoglyphus geminus</i>	0,006	13,79	0,090
<i>Stictonectes optatus</i>	0,004	13,79	0,061
<i>Agabus conspersus</i>	0,003	6,89	0,023
<i>Limnoxenus niger</i>	0,004	3,44	0,014
<i>Gyrinus</i> sp.	0,001	6,89	0,013
<i>Anacaena</i> sp.	0,001	6,89	0,012
<i>Ochthebius</i> sp4.	0,003	3,44	0,011
<i>Ochthebius</i> sp3.	0,003	3,44	0,010
<i>Agabus bipustulatus</i>	0,002	3,44	0,007
<i>Laccobius</i> sp.	0,0009	6,89	0,006
<i>Ochthebius</i> sp2.	0,001	3,44	0,005
<i>Graptodytes optatus</i>	0,001	3,44	0,003
<i>Laccobius</i> sp2.	0,001	3,44	0,003
<i>Agabus brunneus</i>	0,0008	3,44	0,002
<i>Laccobius</i> sp3	0,0008	3,44	0,002
<i>Hydrophilus pistaceus</i>	0,0008	3,44	0,002
<i>Meladema coriacea</i>	0,0002	3,44	0,001

2-2-2-2. Analyse de la matrice de répartition spatiale des abondances des espèces dans les vingt neuf microhabitats prolifiques

Le traitement des données acquis par la représentation de l'AFC nécessite l'établissement d'un tableau binaire des 38 espèces récoltées x 29 prélèvements prolifiques établis à partir des différents microhabitats individualisés dans les dix stations étudiées et pendant toute la période de suivie.

L'élément d'analyse dans notre étude est le nombre d'individus récoltés par espèces dans chaque microhabitat. Les prélèvements pris en compte sont les prélèvements fertiles qui reflètent le comportement d'occupation des espèces dans chaque biotope où elle vit. La matrice élaborée est la même que celle utilisée dans la CAH.

Les deux premiers axes totalise 89,82% de l'inertie totale, avec 50,70% sur l'axe 1 et 39,12% sur l'axe 2 et le plan factoriel est traduit dans la figure 48.

Sur l'axe 1, deux groupes se dégagent, un premier groupe avec quatre espèces situées sur le côté positif, il s'agit d'*Agabus* sp, *Potamonectes clarkii*, *Dryops* sp et *Berosus hispanicus* avec les plus fortes contributions qui s'opposent aux espèces de coordonnées négatives, avec les contributions les plus faibles.

La contribution des espèces est liée à deux groupes de microhabitats. Les microhabitats sur le coté positif du plan avec différents types de courant (rapide, moyen, lent et nul). Les espèces à effectifs faibles de coordonnées négatives sont essentiellement reliées à des microhabitats à courant nul ou rapide.

Sur l'axe 2, les microhabitats MH21, MH31, MH39, MH40, MH19, et MH27 situés sur le côté positif du plan, s'écartent des autres points, avec une contribution élevée qui se justifient par la présence de l'espèce *Deronectes bombycinus* sur le même coté de l'axe. Ces six microhabitats contiennent tous des spermaphytes émergées et des algues, mais ils diffèrent par le type de courant et du substrat.

Ainsi, le MH21 a un courant moyen et un substrat composé de sable, limon, vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers alors que les MH31 et MH39 ont un courant nul et un substrat similaire. Le MH40 est un microhabitat avec le même courant mais un substrat constitué essentiellement de granulats grossiers. Le seul microhabitat à courant rapide et à substrat composé d'éléments organiques grossiers présent dans ce groupe est représenté par MH19 et en dernier nous retrouvons le microhabitat MH27 qui se caractérise par un courant lent ainsi qu'un substrat composé de sable, limon, vase, granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille.

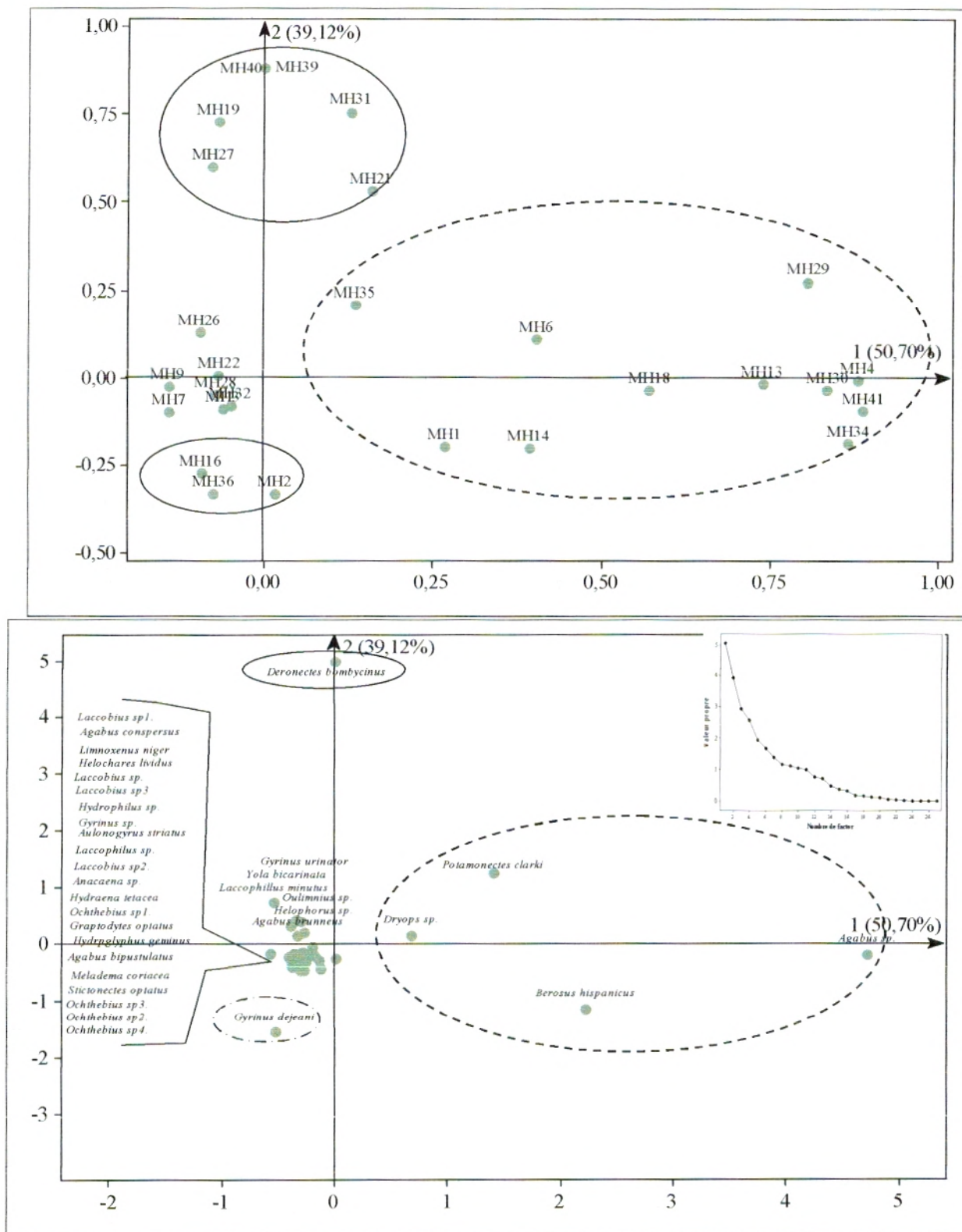


Figure 48 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel F1xF2 appliquée à la matrice des abondances des espèces par microhabitat.

Ce groupe de microhabitats s'oppose à l'autre groupe du côté négatif qui est constitué de trois microhabitats et deux types de courant, le MH2 avec un courant rapide et un substrat de granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille, le MH16 et le MH36 présentant un courant lent, mais des substrats différents, le premier est composé de granulats grossiers et des sédiments minéraux de grande taille, avec la présence d'une végétation de spermaphytes immergées et le deuxième comporte un substrat de vase, granulats grossiers, sédiments minéraux de grande taille et des éléments organiques grossiers. Ces derniers sont marqués par la présence d'une seule espèce qui se trouve isolée dans ces microhabitats, il s'agit de *Gyrinus dejeani*.

2-3. Evolution temporelle des abondances des espèces

2-3-1. Etude indicielle de la diversité spécifique

Différents indices de diversité ont été réunis pour établir une bonne description de l'évolution temporelle de la diversité de notre collection de Coléoptères aquatiques. Les résultats sont portés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Descripteurs de diversité estimés pour les peuplements récoltés selon les saisons

Saison	N	F	S	Smoy	H'	Hmax	J'	D	Es	Hill	Q
Hiver	12	1,85	6	0,75	2,39	2,58	0,92	4,8	0,76	0,56	2,99
Printemps	396	61,3	34	4,25	4,01	5,08	0,78	11,51	0,31	0,791	5,65
Eté	114	32,94	22	2,75	3,44	4,45	0,77	6,57	0,26	0,791	4,93
Automne	124	35,83	14	1,75	2,56	3,8	0,67	4,04	0,23	0,689	4,11

➤ Le nombre total N

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la saison la plus pauvre en individus est celle de l'hiver, avec seulement 12 individus, ce faible effectif est du probablement aux conditions climatiques qui règne durant cette saison, les températures basses ne sont pas favorables à la pullulation des Coléoptères. Par contre, pendant la saison printanière, les habitats sont plus peuplés, un maximum d'individus (396) est récolté, avec une pullulation des Agabes dont le nombre atteint 99 individus et du *Neohaliphus lineaticollis* avec 68 individus. Les Agabes appartenant aux groupes des Dytiques sont des vrais carnassiers pour les larves et les adultes, ils trouvent refuge et nourriture dans les microhabitats contenant de la végétation où ils mettent leurs œufs.

Le printemps peut être considéré comme la saison propice à la prolifération des Coléoptères, car durant cette période de l'année, les conditions thermiques sont clémentes et favorisent un bon développement de la végétation surtout aquatique qui présente un abri et une source alimentaire importante pour ce groupe d'insectes.

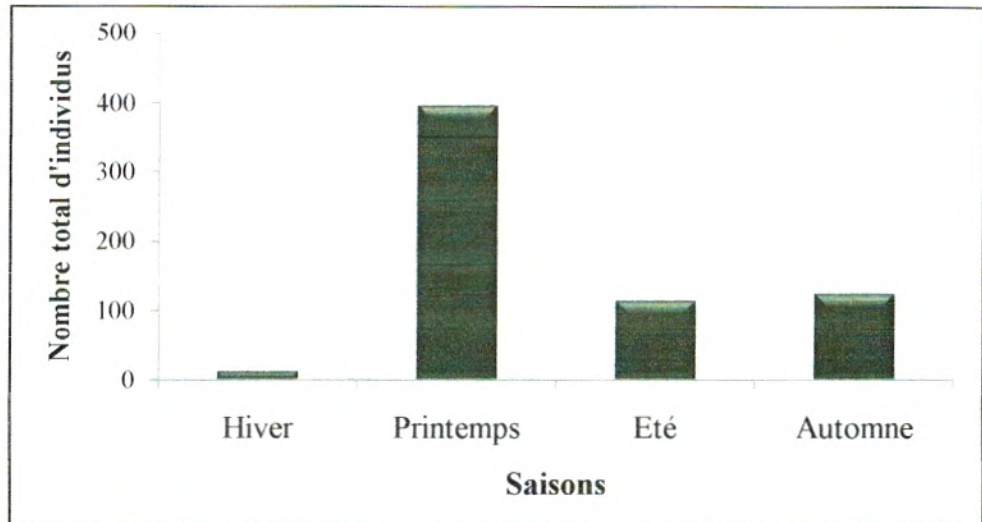


Figure 49 : Variation saisonnière du nombre d'individus

La saison automnale représentée par les mois de septembre, octobre et novembre, est marquée par une abondance peu négligeable, 124 individus dont 35 individus de l'espèce *Stictotarsus duodecimpustulatus* qui est un prédateur féroce.

Cependant, la saison d'été correspond seulement au mois de juin durant lequel, une proportion de plus de 17% a été prélevée, les mois de juillet et août sont marqués par un niveau d'étiage très bas voire même un assèchement des cours d'eau.

Ainsi, la collection de Coléoptères résulte de 61% d'individus récoltés au printemps, 19% en automne, 17% en début été et un peu moins de 2% en hiver.

➤ La richesse spécifique totale S

Le nombre d'espèces dans notre collection varie d'une saison à une autre, il fluctue entre 6 et 34. La richesse en espèces est notée en saison du printemps avec 34 espèces qui renferme presque 90% de la richesse totale des 38 espèces. Cette saison favorise la prolifération des végétaux, donc un site pour la ponte pour certains groupes de Coléoptères, ou bien d'abri ou plus de nourriture pour d'autres groupes de phytophages.

La présence limitée de 6 espèces seulement en hiver peut être expliquée par les crues répétées et fréquentes mais également par les valeurs thermiques basses, le froid ralentit le cycle d'évolution

des espèces et les obligent à entrer en phase de diapause sous différents états. L'été avec 22 espèces et l'automne avec 14 espèces, contiennent une richesse totale moyenne.

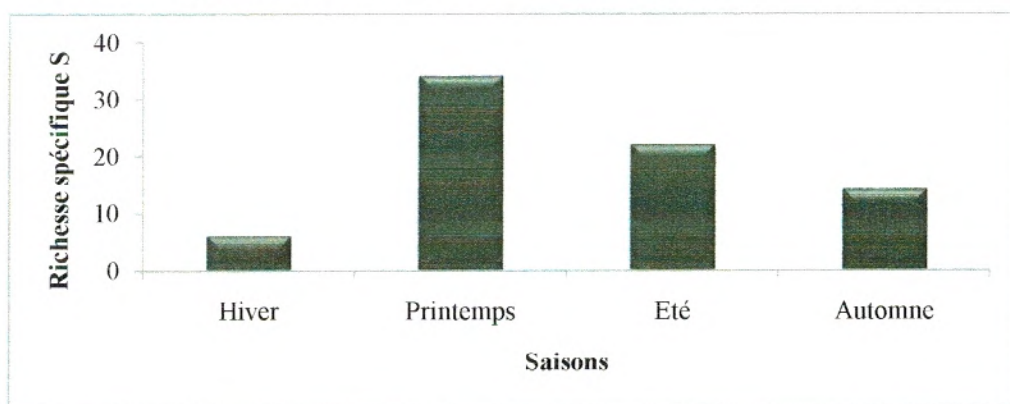


Figure 50 : Variation temporelle de la richesse totale de la faune récoltée dans les quatre saisons.

➤ La richesse moyenne S

La variation saisonnière est également significative pour la richesse spécifique moyenne. La composition faunistique est sujette à des évolutions saisonnières aussi bien de la richesse totale que de la richesse moyenne, les fluctuations sont alors comparables. La saison de l'hiver enregistre la valeur la moins élevée de 0,75, suivie par la saison automne avec 1,75 et enfin l'été (2,75), cependant la valeur la plus élevée est obtenue en printemps avec 4,25, donc cette saison présente les prélèvements les plus riches en espèces.

Ces résultats démontrent l'effet bénéfique des conditions climatiques et hydrologiques du printemps sur la reprise de l'activité des peuplements de Coléoptères des cours d'eau.

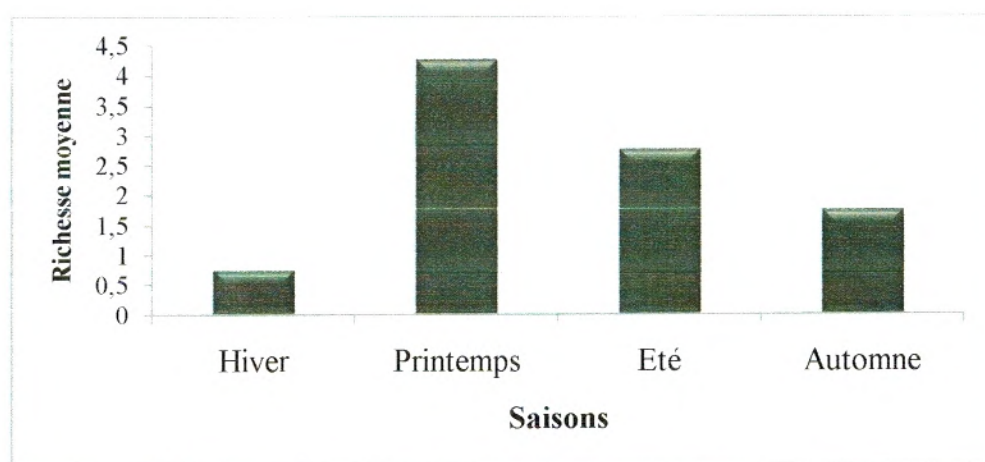


Figure 51 : Variation temporelle de la richesse moyenne de la faune récoltée dans les quatre saisons.

➤ **L'indice de diversité H' de Shannon – Wiener**

La valeur de H' est égale à 2,39 au cours de la saison d'hiver, elle augmente pour atteindre une valeur maximale de 4,01 au cours de la saison printanière, elle baisse progressivement au cours du mois de juin qui représente ici la saison estivale, la valeur est alors de 3,44 puis diminue encore plus en hiver pour aboutir à une valeur minimale de 2,56. La moyenne saisonnière est de $3,1 \pm 0,7$, une légère variabilité de la diversité H' est alors relevée entre les saisons (le coefficient de variabilité étant de 25%).

Le diversité H' reste toutefois supérieure à 2, ce qui témoigne d'une bonne répartition des abondances entre espèces assemblées au cours d'une même saison. La valeur de H' supérieure à 4 traduit une diversité élevée au cours du printemps mais également une codominance de plusieurs espèces.

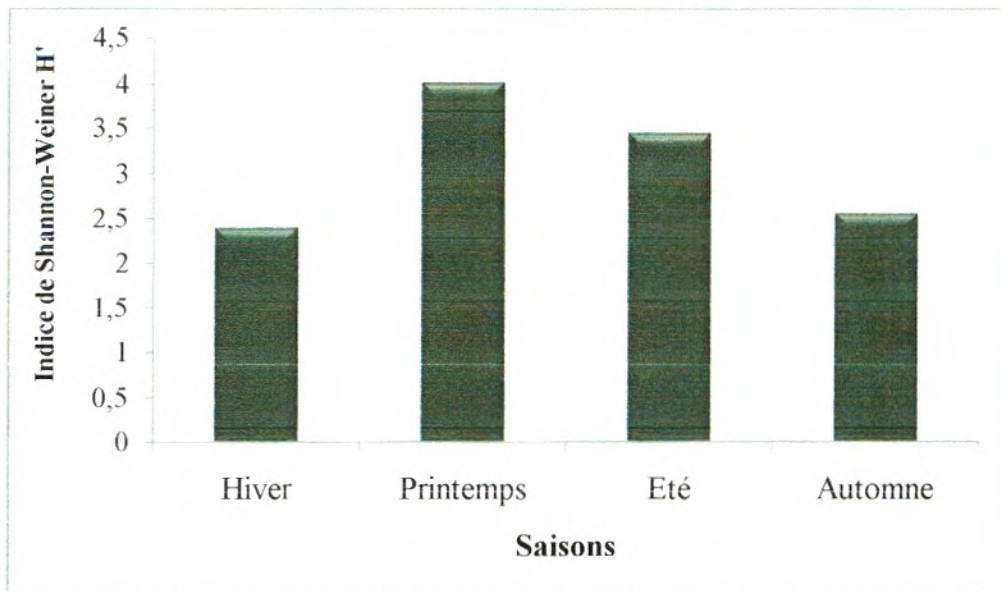


Figure 52 : Variation temporelle de l'indice de diversité de Shannon-Wiener de la faune récoltée dans les quatre saisons.

➤ **L'indice de diversité maximale H max**

Le calcul de la diversité maximale est nécessaire pour définir l'équitabilité ou la régularité d'un peuplement comme il exprime également la richesse spécifique maximale que le milieu peut accueillir.

Liée directement à la richesse spécifique, Hmax des peuplements de Coléoptères aquatiques enregistre des valeurs relativement faibles où la valeur maximale est de 5, correspondant au logarithme de la richesse spécifique de 34 recensée au cours du printemps. La diversité maximale la plus faible est marquée en saison d'hiver avec une valeur de 2,58 seulement. Entre ces deux valeurs

extrêmes, se situent les valeurs de Hmax des deux autres saisons l'automne et l'été respectivement de 3,8 et 4,45.

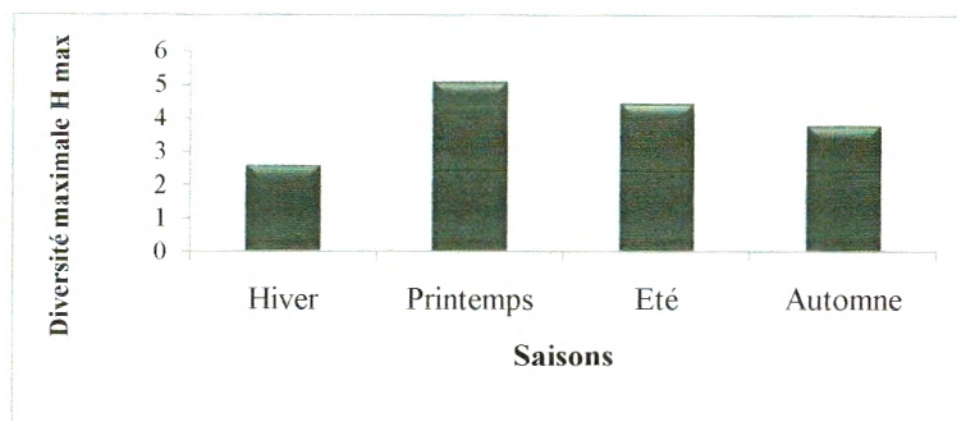


Figure 53 : Variation temporelle de la diversité maximale Hmax de la faune récoltée dans les quatre saisons.

➤ **L'indice de Piélou J'**

Les valeurs de l'indice de Piélou J' des quatre saisons sont toutes voisines de 1, ce qui explique qu'il y a la dominance de plusieurs espèces dans les peuplements de chaque saison.

Les valeurs de l'équitabilité signifient une bonne équi-répartition des individus entre les différentes espèces et témoignent de la présence de peuplements plus ou moins réguliers.

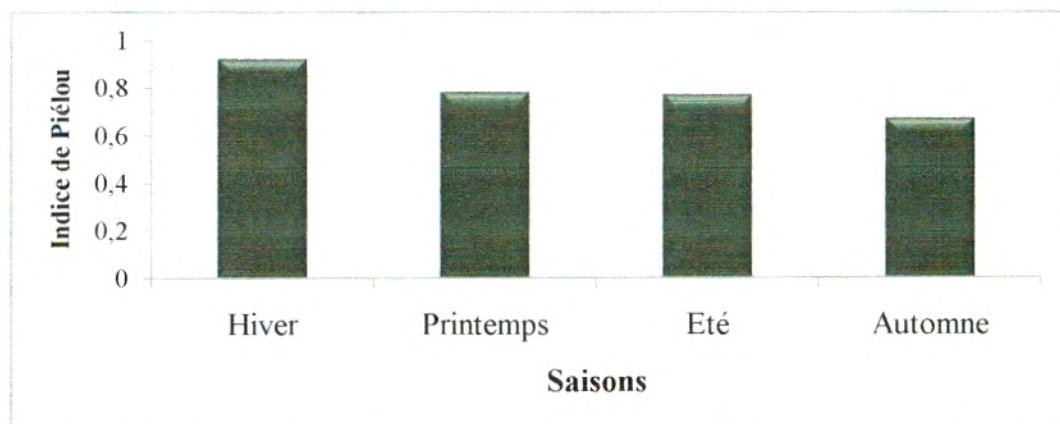


Figure 54 : Variation temporelle de l'équitabilité de Piélou de la faune récoltée dans les quatre saisons.

Toutefois, l'équitabilité élevée enregistrée au cours de la saison hivernale serait due à la taille réduite du peuplement. Les deux paramètres clés de structure des peuplements, le nombre d'individus et la richesse spécifique étant trop faibles, font augmenter l'équitabilité et masquent ainsi la situation réelle de l'état de ce dernier.

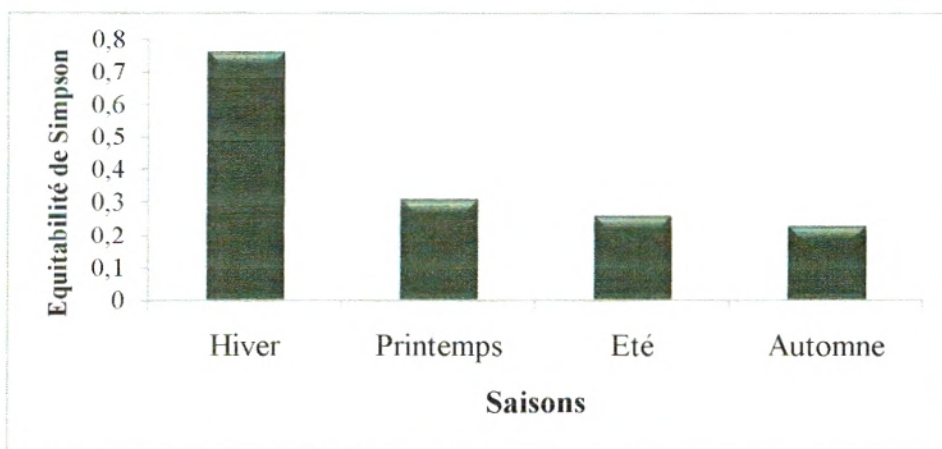


Figure 56 : Variation temporelle de l'équitabilité de Simpson Es de la faune récoltée dans les quatre saisons.

Cette valeur toujours inférieure à 0,5 renseigne sur une répartition inégale des abondances par espèces. Seul le peuplement de la saison hivernale est le plus régulier avec une valeur de Es proche de 1. Cette régularité est plus due à la répartition d'un nombre limitée d'individus entre six espèces seulement.

➤ L'indice de Hill

Les valeurs de l'indice de Hill sont comprises entre 0,56 et 0,79, ce qui démontre une claire disparité de la diversité et une bonne régularité d'une saison à une autre.

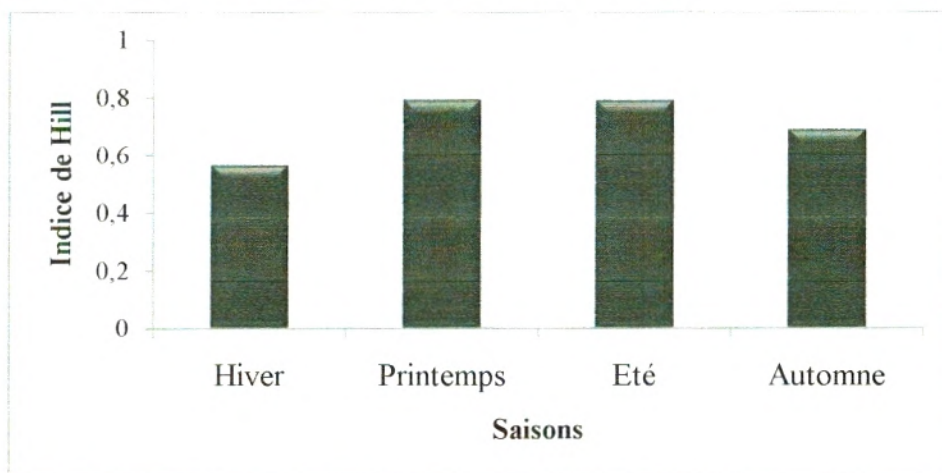


Figure 57 : Variation temporelle de l'indice de Hill de la faune récoltée dans les quatre saisons.

➤ L'indice Q et modèle DIMO

Les valeurs de l'indice de Qinghong Q varient entre 2,99 et 5,65, la saison hivernale affichant la valeur la plus basse et la saison du printemps affichant la valeur la plus élevée. L'été et l'automne présentent des valeurs intermédiaires de 4,93 et 4,11. L'évolution temporelle de l'indice de diversité Q est comparable aux deux indices précédents.

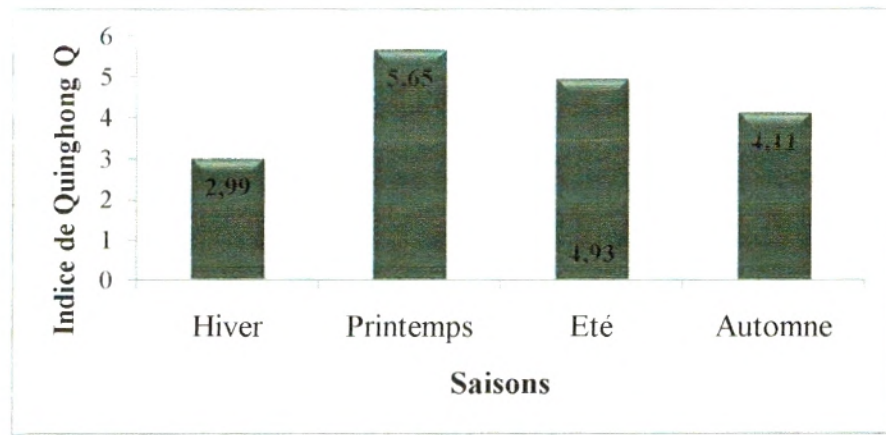


Figure 58 : Variation temporelle de l'indice de Qinghong Q de la faune récoltée dans les quatre saisons.

L'application du modèle DIMO à la variabilité saisonnière de la richesse spécifique et de la diversité illustré par le graphe de la figure 59 qui montre une évolution temporelle de type 4 « non-type », qui se voit dans les changements des trois paramètres à la fois la diversité H' , la richesse spécifique ainsi que l'équitabilité.

Les trois paramètres confirment la diversité et la régularité croissante progressivement selon la succession hiver, automne, été et enfin printemps.

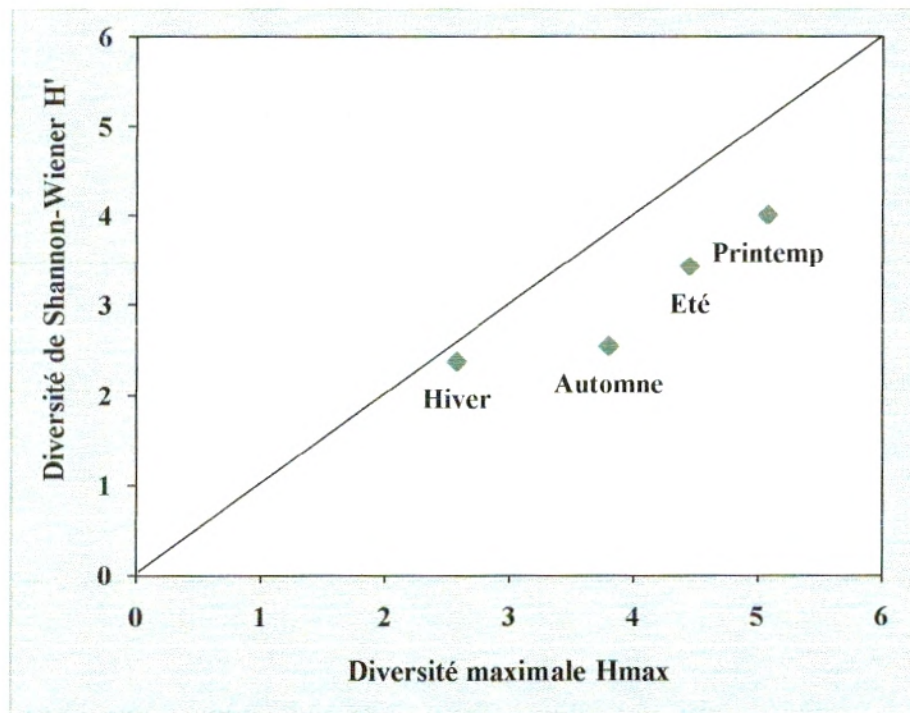


Figure 59 : Positionnement des saisons en fonction de la richesse spécifique $\text{Log}_2 S$ et la diversité H' sur le modèle DIMO (Qinghong, 1995)

2-3-2. Corrélation entre les indices

De fortes corrélations sont relevées entre les différents indices utilisés pour la description de la structure temporelle des peuplements. Le coefficient de corrélations de Pearson r dépasse la valeur de 0,8 sur plusieurs relations prises par paire. Ainsi, l'abondance est corrélée à la majorité des indices. La richesse spécifique montre également de fortes corrélations avec les indices de diversité mais très peu avec l'équitabilité aussi bien ce de Piéluou que celle de Simpson. Les quatre indices de diversité utilisés sont corrélés positivement entre eux. L'équitabilité de Piéluou est le paramètre qui montre le moins de lien avec l'ensemble des indices mais semble évoluer de la même manière que l'équitabilité de Simpson.

Tableau 15 : Matrice de corrélation entre les indices de diversité estimés par saison (coefficient de corrélation Pearson et P-Value).

	N	F	S	Smoy	H	Hmax	J	D	Es	Hill
F	0,932 0,068									
S	0,935 0,065	0,934 0,066								
Smoy	0,935 0,065	0,934 0,066	1,000 *							
H	0,862 0,138	0,833 0,167	0,975 0,025	0,975 0,025						
Hmax	0,858 0,142	0,951 0,049	0,967 0,033	0,967 0,033	0,923 0,077					
J	-0,322 0,678	-0,622 0,378	-0,353 0,647	-0,353 0,647	-0,185 0,815	-0,549 0,451				
D	0,917 0,083	0,765 0,235	0,912 0,088	0,912 0,088	0,928 0,072	0,778 0,222	0,026 0,974			
Es	-0,505 0,495	-0,783 0,217	-0,628 0,372	-0,628 0,372	-0,516 0,484	-0,800 0,200	0,921 0,079	-0,257 0,743		
Hill	0,711 0,289	0,862 0,138	0,895 0,105	0,895 0,105	0,875 0,125	0,971 0,029	-0,576 0,424	0,653 0,347	-0,845 0,155	
Q	0,870 0,130	0,940 0,060	0,980 0,020	0,980 0,020	0,949 0,051	0,997 0,003	-0,486 0,514	0,816 0,184	-0,755 0,245	0,964 0,036

2-3-3. Traitement statistique des données

2-3-3-1. Les tests hiérarchiques et détermination des entités coenotiques dans le temps

Comme précédemment, nous avons opté pour une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) pour la détermination des entités coenotiques.

L'analyse du dendrogramme résultant de la CAH appliquée aux espèces a été réalisée sur une matrice d'espèces comprenant 38 espèces établies sur un tableau binaire (Annexe 6).

La CAH des espèces met en évidence trois entités coenotiques dont le nombre d'espèces varie entre trois (EN1) et vingt et une espèces (NE2), alors que les espèces *Neohaliphus lineaticollis* et *Laccophilus* sp restent isolées et mettant ainsi en évidence leurs fortes particularités bionomiques (Fig.60).

Neohaliphus lineaticollis avec une forte contribution bionomique (FDM = 16,23), elle est abondante, prélevée dans trois saisons avec des effectifs élevés surtout en printemps avec 68 individus, elle est absente que en hiver.

La deuxième espèce avec la contribution bionomique élevée est *Laccophilus* sp. Bien que présente durant les deux saisons, printemps et été, elle se remarque à sa forte dominance en été avec 22 individus.

L'entité coenotique EN1 regroupe les trois espèces récoltées au cours des quatre saisons avec des effectifs relativement élevés, il s'agit de *Stictotarsus duodecimpustulatus*, *Laccophilus hyalinus* et *Agabus didymus*. Cette entité coenotique à *Stictotarsus duodecimpustulatus* qu'on considère comme espèce pilote avec une FDM égale à 15,57, caractérise un peuplement limitée à trois espèces récoltée durant les quatre saisons.

La EN2 englobe douze espèces avec des effectifs moyens, rencontrées au cours de deux ou trois saisons, mais la plupart du temps absentes pour la saison d'hiver, à l'exception des espèces *Berosus hispanicus*, *Agabus* sp et *Ochthebius* sp3 qui ne sont représentées que par un seul individu durant cette saison. Il se subdivise en deux sous unités. La première renferme neuf espèces à savoir *Stictonectes optatus*, *Oulimnius* sp, *Gyrinus* sp, *Laccobius* sp, *Yola bicarinata*, *Meladema coreacea*, *Ochthebius* sp4 et *Laccophilus minutus* récoltées en printemps et en été avec des effectifs et des fréquences faibles.

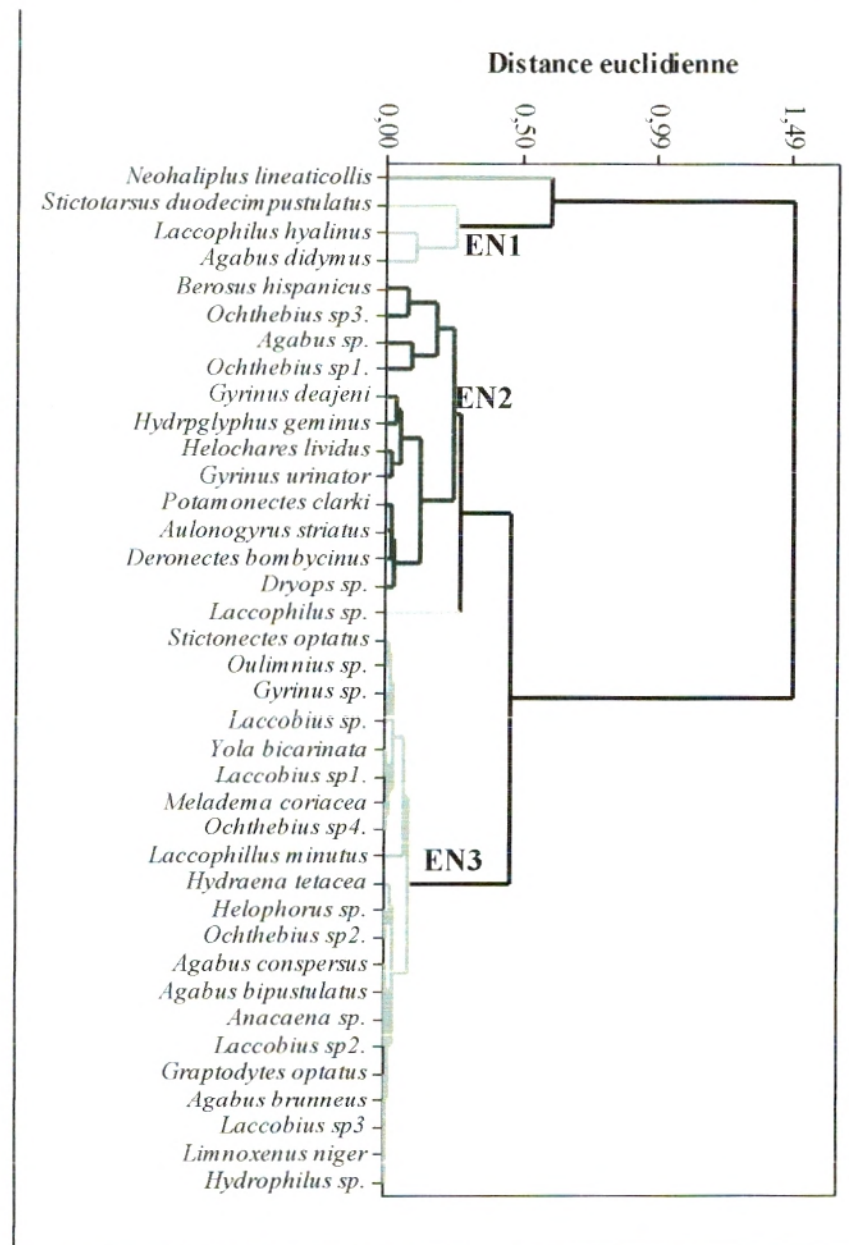


Figure 60 : Dendrogramme issu de la CAH appliquée aux espèces récoltées par saison.

Tandis que la deuxième sous unité s'individualise avec douze espèces qui sont très ponctuelles et restent localisées dans le temps, récoltées que en saison du printemps, ces espèces sont les *Hydraena testacea*, *Helophorus* sp, *Ochthebius* sp2, *Agabus conspersus*, *Agabus bipustulatus*, *Anacaena* sp, *Laccobius* sp2, *Graptodytes optatus*, *Agabus brunneus*, *Laccobius* sp3, *Limnoxenus niger* et *Hydrophilus pistaceus*, présentes en faibles nombres également.

2-3-3-2. Analyse de la matrice de répartition temporelle des abondances

Dans ce travail, l'analyse de l'AFC a été réalisée en utilisant la densité maximale en tant que terme général de la matrice binaire pour chaque saison. L'analyse est réalisée sur 38 espèces, même matrice que celle utilisée précédemment pour la CAH. Les deux axes sont de l'ordre de 65,20% de l'information générale, avec l'axe 1 (38,20%), l'axe 2 (27,00%). La figure 61 illustre la projection du plan factoriel 1x2.

L'organisation des saisons suivant l'axe 1, donne un groupe sur le côté positif de l'axe 1, il s'agit bien de la saison d'été qui contient cinq espèces avec soit la présence uniquement que à cette saison tel *Meladema coriacea*, *Ochthebius* sp4 et *Laccobius* sp avec un seul individu pour chaque espèce, ou bien qui est abondante à ce moment de l'année, il s'agit de l'espèce *Hydroglyphus geminus*.

Du côté négatif du même axe, se trouve la saison du printemps, qui regroupe un bon groupe d'espèces, elles sont inféodées à cette saison grâce à sa constitution des exigences de la majorité des espèces (présence de la végétation, la température favorable, lieux de ponte,.....). Le nombre d'espèces est de 14 dans ce groupe, mais avec un effectif réduit pour chaque espèce, donc une faible abondance et occurrence.

Selon l'axe 2, nous avons la saison de l'automne qui s'écarte sur le côté négatif et qui regroupe les deux espèces *Laccophilus minutus* et *Stictotarsus duodecimpustulatus* qui sont abondantes et dominantes dans cette saison, avec des effectifs élevés par rapport aux autres saisons.

Pour la saison d'hiver, qui se localise aussi du côté négatif de l'axe 2, elle s'écarte par sa contribution qui est due essentiellement à *Ochthebius* sp3 qui n'est récolté que pendant l'hiver dans notre collection.

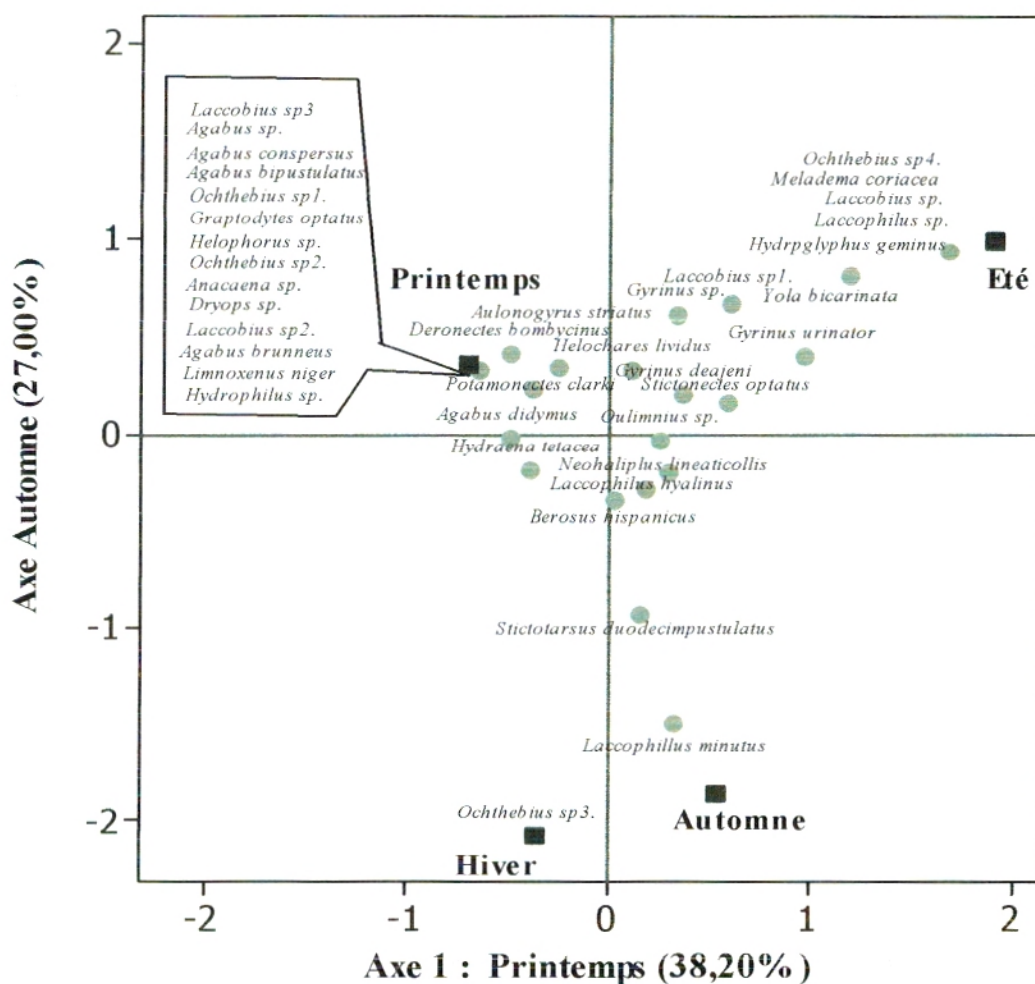


Figure 61 : Représentation graphique simultanée des points lignes et colonnes sur le plan factoriel F1xF2 appliquée à la matrice des abondances des espèces par saisons.

Discussion

A cette phase de l'étude, le travail consiste à synthétiser les idées et à discuter les résultats obtenus au regard de ceux de la littérature. Cette discussion concerne les différentes parties étudiées.

La faune de Coléoptères récoltée dans les 29 microhabitats des dix stations du bassin versant de la Tafna est composée de huit familles Dytiscidae, Haliplidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Helophoridae, Hydraenidae, Elmidae et Dryopidae.

D'une manière générale, la faune de Coléoptères récoltée reste pauvre en espèces comparée à d'autres études européennes comme celle de la lagune de la Nava en Espagne avec 50 espèces (VALLADARES *et al*, 1994), de la zone alluviale du Rhône avec 86 espèces de Coléoptères aquatiques (CARRON *et al*, 2007), et en Turquie (TOPKARA et BALIK, 2010) avec 47 espèces. Mais elle apparaît plus riche ou égale comparée à la richesse spécifique retrouvée dans l'étang de Bolmon et du Cordon du Jaï avec 14 espèces (PONEL, 2001), des étangs d'Ajoie commune de Boufol avec 38 espèces (CARRON, 2002), de la Suisse avec 26 espèces (CARRON, 2008).

Ainsi, au Maroc, au niveau de la zone littorale entre Kenitra et Mohamadia avec 46 espèces (EL ALAOUI, 1983), dans le fleuve de la Moulouya (BERRAHOU *et al*, 2001), au Maroc Oriental avec 105 espèces (CHAVANON *et al*, 2004), et au niveau de la lagune de Smir (CHAOUTI et BAYED, 2005).

En Tunisie, TOUAYLIA *et al* (2010 a) ont fait la récolte de 18 espèces dans la partie septentrionale de la Tunisie et 57 espèces dans le Nord de la Tunisie (TOUAYLIA *et al*, 2010 b).

En Algérie, 84 espèces ont été recensées dans la rivière du Sébaou à Tizi Ouzou (LOUNACI *et al*, 2000) et 9 taxons dans les oueds de Khemis et Azail (la haute Tafna) par CHERIGUENE et SALAH (2008). En revanche, nos résultats sont parallèles à ceux annoncés par BENNAS *et al* (2001) avec 37 espèces dans le Rif au Maroc et par ARAB *et al* (2004) avec 32 espèces.

Les familles de Coléoptères qui prédominent dans la macrofaune benthique des oueds et des étangs sont toujours les Dytiscidae, les Hydrophilidae, les Haliplidae et les Gyrinidae. Ils sont les mieux représentés dans le bassin méditerranéen. Toutefois, leurs proportions peuvent varier d'un milieu à un autre.

Les Elmidae et les Dryopidae ne présentent que 4% de la faune récoltée, ce qui est relativement faible comparé aux résultats établis par TOUAYLIA *et al* (2010 a) en Tunisie et par GARRIDO et GAYOSO (2005) au Nord-Est de l'Espagne. Il y a une corrélation entre ces deux familles et l'occupation des habitats des eaux propres. Les Elmidae sont des minuscules

Coléoptères d'un grand intérêt écologique en tant que bioindicateurs de la qualité des écosystèmes limniques, du type des eaux qui les abritent et des habitats en danger (GAYOSSO COUCE, 1998 ; ILIOPOULOU-GEORGUDAKTI *et al*, 2003 ; BALKE *et al*, 2004).

La famille des Dytiscidae présente presque la moitié du peuplement avec 42%. Les Hydrophilidae sont également importants dans nos prélèvements avec 24%, les Hydraenidae avec 13% et les Gyrinidae avec 10%. Au Nord de la Tunisie, une tentative d'établir une liste des espèces appartenant au sous ordre des Adephaga avec révision de leur biogéographie a démontré une dominance essentiellement des Dytiscidae (80,7%), suivis par les Haliplidae (10,5%) (TOUAYLIA *et al*, 2010b). Dans la zone alluviale du Rhône à Belley, les Dytiscidae d'importance numérique comparable (44,18%) à celle des cours d'eau de la Tafna est signalée, suivis par les Hydrophilidae (25,52%) et les Haliplidae (15,11%) (CARRON *et al*, 2007).

Cette même hiérarchie est rencontrée également au niveau des étangs du Bolmon et du Cordon de Jaï (PONEL, 2001) où les Dytiscidae totalisent 57,14% de la richesse spécifique globale, suivie des Hydrophilidae (35,71%) et les Haliplidae (7,14%). Au niveau de la zone littorale entre Kenitra et Mohamadia (EL ALAOUÏ, 1983), les Dytiscidae occupent la première position (78,26%) et 10.86% pour les Haliplidae.

La collection est marquée par l'abondance des Dytiscidae au niveau de presque toutes les stations étudiées, dans différents microhabitats. Ils sont adaptés à presque tous les habitats aquatiques imaginables (SPANGLER, 1981). Généralement, là où il y a de la végétation aquatique dense, il y a une grande diversité de dytiques (NILSON et HOLMEN, 1995). Les Dytiscidae sont des carnivores, au stade adulte comme larvaire, et consomment notamment des têtards, des vers de vase et même des petits poissons, ils affectionnent les eaux dormantes riches en plantes (NILSSON et FERY, 2006), cette famille est toujours représentée avec un effectif important.

C'est une charge équivalente à celle établie par COJOCARU et POPESCU (2004) qui ont fait la récolte de plus de 50% de Dytiscidae dans le marais de Vacaresti à Bucarest et dans l'Artivin de la Province de la Turquie avec 28 espèces de Dytiscidae (ERMAN et ERMAN, 2008). Les dytiques se déplacent de point d'eau au point d'eau durant la nuit. Ils hibernent dans le sol, pendant la majeure partie de l'année et sont constamment actifs au printemps (LACROIX, 2009). Les Dytiscidae et autres Coléoptères sont généralement reconnus pour être tolérants à l'acidité (BENDELL et Mc NICOL, 1987, SCHELL et KEREKES, 1989).

La famille des Dytiscidae est considérée comme la deuxième grande famille dans le sous ordre des Adepnaga (SPANGLER, 1981). Elle comprend 3892 espèces et 177 genres. Neuf cent vingt et une espèces ont été recensées à partir de la région paléarctique. Le nombre de genre paléarctique actuellement est de 66 (NILSON, 2001, 2003, 2004, 2005). Plusieurs auteurs ont dénombré un bon nombre d'espèces de cette famille : DOPAGNE (1989), DOPAGNE (1995), DOPAGNE et DETHIER (2000), SHAVERDO et *al* (2002) et PELLETIER (2002).

Les Hydrophilidae occupent la deuxième position après les Dytiscidae dans notre collection avec 9 espèces. Ces espèces aquatiques se produisent dans un large éventail d'habitat, mais la plupart d'entre elles préfèrent l'eau stagnante peu profonde (ROUGHLEY, 2009). Le potentiel de dispersion de ces individus est différent dans les différents travaux (PUISSANT et SOLDATI, 2000 en France, FERY, 1992 en Espagne et VALLADARES, 1995 en Espagne).

Les Gyrinidae habitent à la fois les eaux fraîches et saumâtres. Ils se retrouvent près des rives des lacs, dans les étangs et les marais et les lents ruisseaux (HOLMEN, 1987).

Plusieurs travaux (ZAITSEV, 1972 ; BRINCK, 1978 ; FRANCISCOLO, 1979 ; GUEORGUIEV, 1981 ; HOLMEN, 1987 ; KRYAK et *al*, 2006 et MAJKA et KENNER, 2009) mentionnent que les Gyrinidae ont une large distribution dans les eaux fraîches et saumâtres. C'est ce qui constitue le cas des cours d'eau de la Tafna.

La famille des Haliplidae comprend 5 genres dans la classification actuelle (LAWRENCE et NEWTON, 1995). Ils vivent dans la végétation aquatique le long des bords des étangs, des lacs, des ruisseaux ou des cours d'eau (BEUTEL, 1996). C'est ce qui est confirmé pour la présence des individus de cette famille dans les microhabitats à végétation aquatique. Cette famille est représentée par une seule espèce dans notre étude, ce qui est très faible comparativement à d'autres travaux qui ont trouvé une diversité importante. C'est le cas de SCHI ZZEROTTO et *al* (1985) en Italie, KENNER et *al* (2003) au Canada, CHAVANON et *al* (2004) au Maroc Oriental et MAJKA et *al* (2009) au Canada.

Cette unique espèce d'Haliplidae, *Neohalipus lineaticollis*, a été signalée également par LOUNACI et *al* (2000) dans le cours d'eau du Sebaou.

Quoi qu'il en soit, les Hydraenidae sont peu diversifiés dans l'oued Tafna, KADDOURI et BERTHELEMY (1986) ; BENNAS et *al* (2001) ; TOUAYLIA Et *al* (2009 a) et ERTORUM et TANATMIŞ (2010) ont trouvé une diversité relativement élevée d'Hydraenidae dans le Rif au Maroc, dans des cours d'eau de la Tunisie et dans le Sud de la Marmara en Turquie.

Cette famille d'Hydraenidae et celle des Elmidae sont des indicateurs des caractéristiques chimiques de l'eau, plusieurs travaux ont confirmé cette réponse pour ces paramètres (SOLER ANDRES et MONTES DEL OLMO, 1978 en Espagne et CRIADO et ALAEZ, 1995 dans la rivière Orbigo en Espagne).

Les Helophoridae sont parmi les plus facilement distinctifs de tous les Coléoptères aquatiques. Les adultes de la plupart des espèces sont considérés comme véritablement aquatiques, plusieurs espèces sont généralement rencontrées légèrement au dessus de la ligne d'eau et qui semblent donc être facultatifs aquatiques ou riverains. Cette famille est bien étudiée, de nouvelles découvertes ne sont pas courantes, mais les études moléculaires pourraient donner des nouveaux frères et sœurs (JÄCH et BALKE, 2008).

Parmi les travaux sur les Helophoridae, nous citons ceux de LUQUE (1997) en Espagne, INCEKARA et al (2005) en Turquie, DARILMAZ et KRYAK (2006) en Turquie, KIYAK et al (2009) en Turquie et TOUAYLIA et al (2009 b) en Tunisie.

Les Dryopidae sont phytophages au stade adulte. Les représentants de cette petite famille se rencontrent aussi bien en eaux stagnantes que courantes en raison de leurs tolérances aux grandes variations du milieu (REAUDIN, 2009). Plusieurs auteurs ont fait des études sur ce groupe de Coléoptères : GARRIDO-GANZÁLEZ et al (1994) ; GARRIDO et GAYOSO (2005) ; JÄCH et PROKIN (2005) et PEREZ –BILBAO et al (2010).

Certaines espèces comme *Agabus didymus*, *Neohalipus lineaticollis*, et *Gyrinus dejeani* sont présentes dans différents types de microhabitats. La richesse spécifique varie d'un microhabitat à un autre, elle est appréciée surtout dans les zones à herbier ou à végétation dense là où plusieurs conditions requises sont réunies : abri, lieu de ponte et nourriture.

L'évolution parallèle de la richesse spécifique s'accorde avec la proposition de la zonation des rivières selon STATZNER et HIGLER (1986). En effet, après une richesse spécifique très faible au niveau des stations de Khemis, Tafna-Sabra et Hounche, la richesse devient accrue voire maximale dans les stations : Ghar Boumaâza, Chouly et Isser amont.

Les caractéristiques animales en période de mise en eau sont les Crustacés Cladocères (*Daphnia*), Copépodes (*Diaptomus* et *Hemidiaptomus*) et Phyllopoètes (*Branchiopes* et *Triops*), des Mollusques (*Planorbis*) qui servent de nourriture à des Coléoptères Haliplidae et Dytiscidae (BIGOT, 1974).

Selon cette étude, il est possible de retenir que les microhabitats à végétation aquatique et semi-aquatique dense présentent la composition spécifique la plus complexe, car une végétation diversifiée dans un cours d'eau entraîne une augmentation de l'hétérogénéité des habitats physiques, notamment près des rives qui constituent des lieux de ponte et de refuge

pour beaucoup d'espèces de Coléoptères BOURNAUD et COGERINO (1989), COGERINO *et al* (1995) et KLEIN (2010).

L'analyse de l'oued Tafna, et plus particulièrement des dix stations choisies par les indices de diversité révèle que l'indice de Shannon- Wiener varie au cours de la période d'étude entre un minimum de 0,81 bits et un maximum de 3,63 bits. Parmi nos dix stations étudiées, huit traduisent une grande hétérogénéité d'habitats et un peuplement équilibré, à l'exception de deux stations Khemis et Tafna-Sabra où la diversité est faible, à cause de la situation en hautes eaux pendant toute la période d'étude.

La diversité (indice de Shannon H') est un paramètre utile d'évaluer les progrès vers un plus grand état de maturité dans un habitat en cours de restauration (RIBEAL *et al*). Les résultats de H' et de l'indice de Piélou J' sont comparables à ceux de la lagune de la Nava (il dépasse 3 bits) d'après VALLADARES *et al* (1994) et de la rivière de Saint Maurice au Québec (respectivement 0,5 à 2,5 bits) d'après PALLETIER (2002).

LEGENDRE (1973) estime que les deux composantes de la diversité fluctuent sur des rythmes différents. Le nombre d'espèces subit des fluctuations à moyen ou long terme (saison), tandis que la régularité reflète des variations à court terme (nourriture disponible, compétition, habitats etc ...). Cela confirme nos résultats de l'indice de Piélou J' ou équitabilité qui présente la dominance de plusieurs espèces par station puisqu'elle dépasse 0,5.

La structure du peuplement de l'oued Tafna illustrée à l'aide du modèle DIMO dans l'ensemble des microhabitats dans les dix stations choisies est de type 4, il se traduit par des changements de S et H' et de J' d'une station à une autre, donc une structure « non- type ».

Conclusion générale

Les cours d'eau de la Tafna présente plusieurs originalités liées, d'une part à leur état perturbé engendré par une action anthropique intense (augmentation des rejets urbains, dégradation des milieux naturels) et d'autre part à sa situation naturelle sur le bassin versant de la Tafna.

L'étude spatio-temporelle de la faune de Coléoptères benthiques récoltée dans l'oued Tafna et ses affluents a permis de mettre en évidence la qualité physique et physicochimique des milieux des dix stations étudiées au cours de huit campagnes effectuées durant la période allant du mois d'avril 2009 au mois d'avril 2010.

L'étude de l'hétérogénéité spatiale des stations repose sur l'utilisation de quatre caractéristiques physiques, le type de courant définie à partir de la vitesse de l'eau, le type de substrat, la végétation dans l'eau et l'éclairage ou l'ombrage. Ces caractéristiques, par l'usage de la CAH, ont permis d'individualiser 42 microhabitats différents dont 29 se sont avérés prolifiques, les 13 restants semblent inhospitaliers aux Coléoptères. Ces microhabitats se répartissent différemment dans les différentes stations, les stations amont Chouly, Isser-amont et Ghar Boumaâza sont les plus hétérogènes, les stations aval sont moins hétérogènes alors que les stations situées en amont ou en aval des barrages (Khemis, Sabra et Boughrara) présentent les nombres de microhabitats les plus faibles.

La physico-chimie de l'eau appréciée par les mesures de quelques paramètres au niveau des stations de prélèvements, a mis en évidence que la faune peut vivre entre un minimum de température de 14 °C à Chouly au cours du mois de mars 2010 et un maximum de 31 °C enregistrée dans la station de Tafna-Sabra durant le mois de juin 2009. Le pH dans l'ensemble de nos stations, ne varie pas beaucoup, il est en moyenne de $8,23 \pm 0,22$, avec un écart compris entre un minimum de 7,78 et un maximum de 8,52. Les eaux de l'oued Tafna ont une conductivité relativement élevée selon nos mesures avec une moyenne de 2781 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Des valeurs extrêmes élevées sont enregistrées dans les stations de l'Isser-Remchi, Tafna-Remchi et Tafna-Boughrara tandis que la station de Chouly affiche une valeur qui ne dépasse pas les 498 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La salinité est corrélée avec la conductivité, ces deux paramètres augmentent de l'amont vers l'aval. Les teneurs de l'oxygène dissous sont très variables d'une station à une autre, et dans le temps, elle atteint une valeur importante de 14,16 mg/l au niveau de Ghar Boumaâza, par contre, la valeur moyenne la plus basse est enregistrée dans la station de Chouly.

Les résultats de la CAH et de l'ACP ont permis de mettre en évidence trois paramètres clés qui sont par ordre d'importance la charge ionique, la température et le pH. De grandes fluctuations sont notées pour ces paramètres aussi bien dans le temps que dans l'espace, des valeurs extrêmes sont enregistrées reflétant des conditions particulières auxquelles doit faire face la faune de Coléoptères.

La collection de la macrofaune de Coléoptères benthiques des cours d'eau de la Tafna, composée de 646 individus, est représentée par huit familles neuf familles et vingt-quatre genres, 38 taxons dont 28 espèces déterminées.

Huit familles partagent les ressources entre elles, dont trois familles constituent la plus grande biomasse de la faune récoltée, il s'agit des Dytiscidae, Hydrophilidae et Haliplidae. La famille des Dytiscidae constitue presque la moitié du peuplement avec 49%, suivie des Haliplidae avec 23%, alors que les Elmidae et les Helophoridae ne dépassent pas les 1%.

Les peuplements de Coléoptères prélevés durant notre période d'échantillonnage présentent une variabilité spatiale de la richesse spécifique, la station de Ghar Boumaâza avec sept familles et 16 espèces, précédée par la station de Chouly avec 19 espèces distribuées sur six familles. La station de l'Isser amont est la plus diversifiée (24 espèces) où huit familles sont présentes, cependant, les autres stations sont peu diversifiées avec deux à sept espèces par station seulement.

Le nombre d'individu total est également variable d'une station à une autre. Les stations amont présentent des collections nettement plus riches, or les autres stations n'ont offert qu'un très petit nombre qui n'a pas permis d'effectuer une étude de la structure du peuplement. Ce nombre limité peu être dû à la nature de l'habitat mais également aux techniques d'échantillonnage utilisées peu adaptées.

Les différents indicateurs utilisés, à savoir la richesse spécifique, l'indice de diversité de Shannon-Wiener H' , l'indice de Piélou J' , l'indice de Hill, l'indice Q et le modèle DIMO ont permis l'étude descriptive de la structure et l'organisation dans l'espace et dans le temps des peuplements de Coléoptères récoltés dans sept stations.

Le gradient de la richesse spécifique suit l'ordre suivant : Isser amont > Chouly > Ghar Boumaâza > Tafna-Remchi > Isser-Remchi > Tafna-Boughrara > Pierre de chat > Hounche > Khemis = Tafna-Sabra.

La valeur de l'indice de diversité H' de Shannon-Wiener est variable entre les stations, elle est comprise entre un minimum de 0,81 bits (station de Khemis) et un maximum de 3,63 bits (station de Chouly), pour cet indice, le gradient à suivre est donc : Chouly > Isser amont > Ghar Boumaâza > Tafna-Remchi > Isser-Remchi > Tafna-Boughrara > Pierre de chat > Hounche > Tafna-Sabra > Khemis.

L'équitabilité spatiale ou la régularité, peu corrélée à la richesse spécifique et encore moins aux indices de diversité, semble suivre un autre classement de ceux de la richesse spécifique et l'indice de diversité H' , l'ordre retenue est donc Hounche > Tafna-Sabra > Pierre de chat > Tafna-Remchi > Isser-Remchi > Chouly > Tafna-Boughrara > Khemis > Ghar Boumaâza > Isser amont.

Les variations de l'indice de Simpson D sont comparables de celles de l'indice H', mais avec une petite différence, le gradient suivant est noté : Chouly > Ghar Boumaâza > Tafna-Remchi > Isser amont > Isser-Remchi > Pierre de chat > Tafna-Bouhrara > Hounche > Tafna-Sabra > Khemis. L'équitabilité de Simpson et l'équitabilité de Pielou J' varient de la même manière d'une station à une autre.

Le classement des dix stations selon un ordre décroissant pour les indicateurs de diversité de Shannon- Wiener, l'indice de Simpson et l'indice de Pielou J' , place toujours les stations de Chouly, Isser amont et Ghar Boumaâza en premier plan, avec les peuplements les plus diversifiés et les mieux structurés, à régularité élevée, contrairement aux stations situées plus en aval.

L'analyse spatiale des paramètres structuraux (richesse spécifique, l'indice de diversité et l'équitabilité) approchée par le modèle de DIMO, donne une image synthétique de la structure de la faune benthique dans les différentes stations étudiées. Le modèle montre une dynamique de type 4 « non-type » où la richesse spécifique, la diversité et l'équitabilité varient d'une station à une autre.

Les relations entre les indicateurs de structure et le nombre de microhabitat ont révélé que l'abondance, la richesse spécifique et l'équitabilité n'ont pas de relation significative avec le nombre de microhabitats contrairement à la diversité.

L'utilisation des méthodes multivariées d'ordination a permis de chercher une répartition différentielle des espèces macrobenthiques avec leur environnement à travers la mise en évidence des gradients écologiques responsables de la structure et l'organisation des peuplements benthiques dans l'espace et dans le temps.

Le peuplement de Coléoptères de la Tafna des dix stations d'étude se caractérise ainsi par des niveaux de FDM différents, dix espèces (26%) présentent des valeurs supérieures à 1 dont les trois espèces les plus caractéristiques sont *Berosus hispanicus*, *Agabus* sp et *Agabus didymus*. La majorité des espèces à plus de 74%, est faiblement représenté aussi bien en nombre qu'en occurrence. Sur ces 28 espèces avec des valeurs de FDM inférieures à 1, 20 espèces sont présentes dans une à deux stations avec 1 à 3 individus seulement (valeurs de FDM inférieures à 0,1).

L'application de l'AFC et de la CAH, ainsi que le calcul des FDM, a permis d'identifier trois groupements de microhabitats, duent soit à l'abondance ou à la rareté des espèces constituant ces groupes, les espèces les plus abondantes sont représentées par : *Stictotarsus duodecumpustulatus*, *Neohalipus lineaticollis*, *Deronectes bombycinus*, *Agabus didymus* et *Laccophilus hyalinus*. L'organisation des peuplements à petite échelle serait dépendante beaucoup plus de la présence de végétation dans l'eau que du type de courant et de la nature du substrat.

L'évolution temporelle de la structure des peuplements de Coléoptères montre que la saison printanière présente la composition spécifique la plus complexe (89,47%) de la richesse spécifique globale, suivie par l'été (57,89%), puis la saison automnale (36,84%) et en dernier la saison hivernale avec seulement 15,78%.

Il serait intéressant dans un proche avenir d'approfondir ce type de recherche et de viser la conception de techniques d'échantillonnage plus adéquates reflétant mieux la structure et l'organisation des peuplements de Coléoptères.

*Références
bibliographiques*

- 34- **BENEST M., ELMIS S. & BENSALAH M., 1999.** – La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcenien (avant pays d'Algérie occidentale) : Stratigraphie, paléo-environnement, dynamique sédimentaire et tectogénèse alpine. Bull. Serv. Géol. Algérie. Vol 10, n°2, Pp. 127 – 157.
- 35- **BENEST M., 1972.** – Les formations carbonatées et les grands rythmes du jurassique supérieur des monts de Tlemcen (Algérie). C. R. Acad. Sci. Paris. Serie D, t, 275, 1469 – 1471.
- 36- **BENNAS N., SÁINZ-CANTERO C.E. & OUAROUB A., 2001.** – Nouvelles données sur les Coléoptères aquatiques du Maroc : les Hydraenidae Muslant, 1844 (Coleoptera) du Rif. Zool. Baetica, 12 : 135 – 168. ISSN : 1130 – 4251, vol. 12, 135 – 168.
- 37- **BENSAOULA F. & ADJIM M., 2008.** – La mobilisation des ressources en eau : contexte climatique et contrainte socio-économiques (Cas de la Wilaya de Tlemcen). Larhyss Journal, ISSN 1112- 3680, n° 07. Pp. 79 - 92.
- 38- **BENSAOULA F. & COLLIIGNON B., 1986.** – Evaluation des coûts de production de l'eau selon divers types d'ouvrages hydrauliques : les données récentes dans la Wilaya de Tlemcen. Colloque « Les ressources en eau et l'aménagement du territoire ». Oran.
- 39- **BENZECRI J.P., 1973.** – L'analyse des données. I : la taxonomie. II : l'analyse des correspondances. Dunod ed. Paris, 65 p / 619 p.
- 40- **BERRAHOU A., CELLOT B. & RICHOUX P., 2001.** – Distribution longitudinal des macroinvertébrés benthiques de la Moulouya et de ses principaux affluents (Maroc). Ann. Limnol/ 37 (3) : 223 – 235.
- 41- **BERTRAND H. & LEGRO C., 1960.** – Hydrocanthares (excl. Gyrinidae) recueillis à Madagascar (mission BERTRAND, 1960). Cah. O.R.S.T.O.M, ser, Hydrobiol, Vol V, n° 3 /4, 1971, 241 – 249.
- 42- **BEUTEL R.G., 1996.** – Haliplidae. Crawling water beetles. The Free of Life Web project.
- 43- **BIGOT L., 1974.** - Flore et faune des habitats naturels de la Camargue. Rev. Horticulture, 3, 5 – 23, 4, 25 – 28.

- 44- **BLANCHET H., 2004.** – Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du bassin D'arcachon. Thèse Doctorat en océanographie. Ecole doctorale science du vivant.
- 45- **BLANCHETTE C., 2004.** – Relation entre la faune aquatique et son habitat. Techniques du milieu naturel. Faune aquatique. 147 – 330 – 85. CEGP de St – Félicien.
- 46- **BLONDEL J., 1979.** – Biogéographie et écologie. Masson ed. Paris. 173p.
- 47- **BOLBAOCĂ D.S. & JÄNTSCHIT L., 2006.** – Pearson vers Spearman, kendell's Tau correlation Analysis on Structure. Activity Relationships of Biologic Active Compounds. Leonardo Journal of Sciences. ISSN 1583 – 0233. P. 179 – 200.
- 48- **BONTOUX J., 1993.** – Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées, eaux de boissons. Ed CEBEDOC. 169 p.
- 49- **BOUKLI HACENE S., 1995.** – Contribution à l'étude de l'organisation écologique des Coléoptères de la Sabkha d'Oran et des stratégies adaptatives de deux espèces carnassières: *Microlestes abeilli* Dufun (Libiidae) et *Pogonus chalceus* March (Carabidae, Techinae). Thèse . Mag. Ecologie . Inst. Biologie. Univ. Tlemcen. 107 p.
- 50- **BOUKLI HACENE S. & HASSAINE K., 2009.** – Bioécologie des peuplements de Coléoptères des milieux salés et humides de l'Ouest algérien. Matériaux orthoptérologiques et entomocénologiques, (14) 2009 : 103-109.
- 51- **BOUKLI HACENE S. & HASSAINE K., 2010.** - Les Coléoptères dans les milieux salés et humides de l'ouest algérien : Organisation des guildes et stratégies adaptatives. Actes de la CIFE VI, Travaux de l'Institut Scientifique, Série Zoologie, Rabat, 2010, N° 47, Tome I, 31-36.
- 52- **BOULUNIER T., NICHOLAS J.D., SAUER J.R., HINESS J.E. & POLLOCK K.H., 1998.** - Estimating species richness : the importance of heterogeneity in species detectability. Ecology 73 (3) the Ecological Society of America: 1018.
- 53- **BOUMEZBEUR A., AMEUR N., CHEMIN DOUDOU M. & MOULAY MELIANI K., 2003.** - Grotte karstique de Ghar Boumaâza, wilaya de Tlemcen. Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar. Direction générale des forêts.

- 74- **COGERINO L., CELLOT B. & BOURNAUD M., 1995.** – Microhabitat diversity and associated macroinvertebrates in aquatic banks of a large European river. *Hydrobiologia*. 304: 103 – 115.
- 75- **COJOCARU I. & POPESCU I.E., 2004.** – La diversité des Coléoptères aquatiques (Insecta, Coleoptera) du marais de Vacărești (Bucarest). *Analele Științifice ale Universității « Al. I. Cuza » Iași, Biologie Animală, Tom. L.*
- 76- **COLLIGNON B., 1986.** – Hydrogéologie appliquée des aquifères karstiques des Monts de Tlemcen (Algérie). Thèse de Doctorat. Nouveau régime. Univ. Avignon. 282 p.
- 77- **CRIADO F.G. & ALÁEZ M.F., 1994.** – Distribución longitudinal de Hydraenidae y Elmidae (Coleoptera) en la Cuenca del río Órbigo (León, España). *Orsis*, 9 : 37 – 57.
- 78- **DAGET J., 1976.** – Les modèles mathématiques en écologie. Masson ed. Paris, 172 p.
- 79- **DAGET J., 1979.** – Les modèles mathématiques en écologie. Masson ed., P.U.L. Paris – Québec, 494 p.
- 80- **DAHMANI B., HADJI F. & ALLAH F., 2002.** - Traitement des eaux du bassin hydrographique de la Tafna N.W Algérie). *Désaliénation* 152. 113 – 124.
- 81- **DAJOZ R., 1971.** – Précis d'écologie. 2^{ème} édition. Dunod. Paris.
- 82- **DAJOZ R., 1975.** – Précis d'écologie. 3^{ème} édition, Dunod. Paris. 549 p.
- 83- **DAJOZ R., 1976.** – Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. Edition Dunod. Paris : 195 p.
- 84- **DAJOZ R., 1996.** – Précis d'écologie. 6^{ème} Edition. Dunod. Paris. 551 p.
- 85- **DANIEL O., 1998.** – Uso Del Modelo de monitomio (DIMO) y del índice de Qinghong (Q), en el análisis de la diversidad de especies vegetales de un fragmento del Bosque atlántico Brasileño. Congreso Latioamericano. IUFRO. 1, Valdivia – Chile, 1998. Aais...IUFRO. Tema 3. CD- ROM.
- 86- **DARILMAZ M. & KRYAK S., 2006.** - A contribution to the knowledge of the Turkish Water Beetles Fauna (Coleoptera). *Mun. Ent. Zool.* Vol. 1, No. 1.

- 87- **DAUVIN J.C., 1984.** – Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadz. Thèse Doctorat d'état. Université Paris VI (France), 2 vol : 661 p.
- 88- **DECAMP H., 1971.** – La vie dans les cours d'eaux. Presse Universitaire de France. Que sais-je ? N° 1452 – 128 p.
- 89- **DERVIN A., 1988.** – Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales? ITCF (Institut Technique des Céréales et des Fourrages). Manuel STAT – ITCF, 63 p.
- 90- **DESPREZ M., 1981.** – Etude du macrobenthos intertidal de l'estuaire de la Seine. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle. Université de Rouen (France) : 186 p.
- 91- **DEVANTAY E., 2002.** - Les dytiques.
- 92- **DIREN., 2009.** - Prélèvements des macroinvertébrés benthiques. Laboratoire d'hydrobiologie de la DIRN. (Direction régionale de l'environnement. Ile de France). Ile de France.
- 93- **DJEBAILI S., 1984.** – Steppe algérienne, phytosociologie et écologie. O.P.U. Alger, 171 p.
- 94- **DOPAGNE C., & DETHIER M., 2000.** – Insectes et Mollusques aquatiques des étangs « Les cours » à Bolland (Pays de Herve, Belgique). Nature Mosana, Vol. 53 (2000). N° 2.
- 95- **DOPAGNE C., 1989** – Les Dytiscidae de trois mares nouvellement créées à la Montagne Saint – Pierre (Lanaye, Province de Liège). Bull. Ann. Soc. R. Belge Ent., 125 : 298 – 302.
- 96- **DOPAGNE C., 1995.** – Hygrobiidae, Noteridae et Dytiscidae. In Enumeratio Coleopterorum Belgicae, 1. Ed. G Coulon. Soc. R. Belge Enti 29 – 37.
- 97- **DU CHATENET G., 2005.** – Coléoptères d'Europe. Carabes, Carabiques et Dytiques. Adepgha. Volume 1. N.A.P Edition.
- 98- **DUBIEF J., 1959.** – Le climat du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sahara, tome 1, 312 p.
- 99- **DUCHEZ J. & LOY M., 2005.** – La classification ascendante hiérarchique. Projet d'Analyse de données. Insa. Rouen.

- 100- DUSSART ., 1996.** – Limnologie. L'étude des eaux continentale. 2^{ème} édition ; Boubée, Paris.
- 101- EL ALAOUI A., 1983.** – Contribution à l'étude des Coléoptères Hydrocanthares de la zone Littorale entre Knitra et Mohamedia. Bulletin de l'institut Scientifique, Rabat, n° 7, p. 127 – 142.
- 102- EMBERGER L., 1952.** – Report on the arid and semi-arid regions of north western Africa. Publ. NS/AZ/89; WS/072. 119. Incl. Bibl. 44 p. London.
- 103- EMBERGER L., 1955.** – Une classification biogéographique des climats. Trav. Lab. Bot. Zool. Fac. Sci. Ser. Montpellier 7. Pp. 3 – 43.
- 104- EMBERGER L., 1963.** – Comment comprendre le territoire phytogéographique méditerranéen Français et la position systématique de celui-ci. *Naturalia mouspeliensia*. 14 : 47 – 54.
- 105- ERMAN Ö.K. & ERMAN O., 2008.** – Dytiscidae species (Coleoptera) in Artvin and Rize provinces of North-eastern Turkey. *Munis Entomology and Zoology* 3 (2): 582 – 593.
- 106- ERTORUN N. & TANATMIŞ M., 2010.** – *Hydraena* species diversity of South Marmara Region in Turkey (Coleoptera). *Munis Entomology and Zoology*, 5 (2): 608 – 622.
- 107- F.A.O., 2005.** – Algérie. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- 108- FAURIER C., FERRA C., MEDORI P., DEVAUX J. & HEMPTIENNE J.L., 2002.** - *Ecologie Approche scientifique et pratique*. 5^{ème} édition. Edition Tec et Doc. Franc 408 p.
- 109- FERY H., 1992.** – Revision der *saginat* – Gruppe der Gattung *Coelambus*. *Thamson (Coleoptera: Dytiscidae)*. *Linzer boil. Beitr*, 24 (1): 339 – 358.
- 110- FIKÁČEK M., 2009.** – Order Coleoptera, Family Helophoridae. *Arthropod Fauna of the UAE*, 2/ 142 – 144.
- 111- FORGE P., 1976.** – Les Coléoptères. Clé de détermination.
- 112- FRANSISCOLO M.E., 1979.** – Fauna d'Italia: Coleoptera; Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Vol. XIV. Edizioni Calderini, Bologna, 840 p.

- 113- FRONTIER S. & PICHOD-VIALE D., 1998.** – Ecosystème – Structure – Fonctionnement- Evolution. 2^{ème} édition. Dunod. 292 p.
- 114- FRONTIER S., 1976.** - Utilisation des diagrammes rang- fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J.Rech. Océanogr.*, 1 (3) : 35 – 48.
- 115- FROUIN P., 1996.** – Structure et fonctionnement des écosystèmes benthiques dans lagons soumis aux perturbations anthropiques – Le Lagon de Tahiti, Polynésie Française- Thèse de Doctorat en Ecologie Animale. Université Française du Pacifique.
- 116- GAGNEUR J., 1987.** – Sur la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques en Algérie. *T.S.M. L'eau.* 209 – 212.
- 117- GAGNEUR J. & YADLI.H.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.
- 118- GALIBERT L., 1968.** - L'Algérie ancienne et moderne.
- 119- GARRIDO – GONZÁLEZ J., DÍAZ – PAZOS J.A. & RÉGIL – CUETO J.A., 1994.** – Coleópteros acuáticos de Extremadura II (Hydraenidae, Hydrochidae, Helophoridae, Hydrophilidae, Dryopidae y Elmidae). *Boln. Asoc. Esp. Ent.*, 18 (1 – 2): 133 – 133. ISSN: 0210 – 8984.
- 120- GARRIDO J. & GAYOSO A., 2005.** – Elmidae y Dryopidae del sistema Ibérico (España) (Coleoptera, Byrrhoidae). *Bulletin de la société entomologique de France*, 110 (3) : 359 – 366.
- 121- GAUJOUS D., 1995.** – La pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. 2^{ème} édition. Technique et documentation : Lavoisier. 220 p.
- 122- GAYOSO COUCE A., 1998.** – Les Coleopteros acuáticos de la familia Elmidae Curtis, 1830 de Galicia. Tesis de Licenciatura, Universidad de Santiago de Compostela : 103 p.
- 123- GHENIM A., SEDDINI A. & TERFOUS A., 2005.** – Contribution à l'évaluation de l'impact sur l'environnement du barrage Sikkak (Nord ouest Algérien). XXIII^{ème} Rencontres Universitaires de Genie Civil – Risques et environnement.

- 124- GHENIM A., SEDDINI A. & TERFOUS A., 2007.** – Production et exportation des sédiments en suspension lors des événements de crue. Cas du bassin versant de l’oued Mouilah. Laryss Journal, ISSN 1112 – 3680, n° 6. Pp. 35 – 44.
- 125- GILLER S. & MALMQVIST B., 1998.** – The Biology of Streams and Rivers. Oxford University Press. Oxford. Pp. 296.
- 126- GLEMAREC M., 1964.** – Bionomie benthique de la partie orientale du Golfe du Morbihan. Cahiers de Biologie marine 5. 33 – 96.
- 127- GONZÁLEZ J., BASELGA A. & NOVOA F., 2007.** – Diversity of water beetles (Coleoptera : Gyrinidae, Haliplidae, Noteridae, Hygrobiidae, Dytiscidae and Hydrophilidae) in Galicia, Northwest Spain : Estimating the Completeness of the Regional Inventory. The Coleopteriste Bulltin 61 (1): 95 – 110. Dos : 10 – 1649 / 919. 1.
- 128- GRALL J. & COÏC N., 2006.** – Synthèse des méthodes d’évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Laboratoire des sciences de l’environnement marin. REF. Ifremer Dyneco / Vigies/ 06 – 13 / Rebent.
- 129- GRALL J. & GLEMAREC M., 1997.** – Biodiversité des fonds de maërl en Bretagne : approche fonctionnelle et impacts anthropiques. Vie Milieu, 47 (4) : 339 – 349.
- 130- GRALL J. & HILY C., 2003.** – Traitement des données stationnelles (Faune). Rebent. FT. 10 -2003 - 01. doc.
- 131- GUEORGUIEV V.B., 1981.** – Résultat de l’expédition zoologique du musée national de Prague en Turquie Coleoptera : Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae. Acta Entomologica. MuseiNationalis Prague, 40 : 399 – 424.
- 132- GUIGNOT F., 1947.** – Faune de France. Coléoptères Hydrocanthares. Paris. France.
- 133- HAMLAT A., 2005.** – Contribution à la gestion des ressources hydriques des bassins versants (bassin de la Tafna) par l’application du modèle SWAT. Mémoire de Magistère, USTO ; Département d’hydraulique.
- 134- HANSEN M., 1987.** – The Hydrophilidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, Fauna Entomologica Scandinavia, 253 p.

- 135- HELD U., 2010.** – Pièges des corrélations : les coefficients de corrélation de Pearson et de Spearman. Biostatistique. Horten – Zentrum, Universitäts Spital, Zürich. Forum Med Suisse.
- 136- HEROIN E., 2004.** – Aménagement et vie aquatique. Camagref.
- 137- HILL M.O., 1974.** – Correspondance analysis: aneglected multivariate methode. Appl. Statist. 23, 340 – 354.
- 138- HILY C. & BOUTEILLE M., 1999.** – Modifications of the specific diversity and feeding quilds in an intertidal sediment colonized by an eelgrass meadow (*Zosteramarina*) (Brittany, France), C.R. Acad. Sci. Paris, 232: 1121 – 1131.
- 139- HILY C., 1984.** – Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Thèse Doctorat d'état. Université. Bretagne Occidentale, Brest (France) : 696 p.
- 140- HOLMEN M., 1987.** – The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmrk, I. Gyrinidae Fauna Entomologica Scandinavia. 20. E.J. Brill, Leiden, 168 p.
- 141- ILIOPOULOU – GEORGUDAKI J., KANTZARIS V., KATHARIOS P., GEORGIADIS T.H. & MONTESANTOU B., 2003.** - An application of different bioindicators for assessing water quality : a case study in the rivers alfeios and Pineios (Peloponniosos, Greece). Ecological Indicators, (2) 345 – 360.
- 142- INCEKARA U, MART A & ERMAN O., 2005.** - Some Note Two Newly Reccorded Aquatic Coleoptera (Hydrophilidae, Helophoridae) Species from Turkey. F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (2), 449 – 454.
- 143- JÄCH A.M & BALKE M., 2008.** – Global diversity of water beetles (Coleoptera) in fresh water. Hydrobiologia, 595: 419 – 442.
- 144- JÄCH M.A. & PROKIN A.A., 2005.** – Faunistic notes on the Hydraenidae, Elmidae and Dryopidae of the Middle Russian Forest – Steppe Zone (Coleoptera). Entomological Problems, 35 (1): 0 – 0.
- 145- JORDA S., 2005.** – Algérie. Etat et territoire. Atlas. Imago Mundi.

- 146- KADDOURI A. & BERTHELEMY C., 1986.** – Révision des *Hydraena* du Maroc, d'Algérie et de la Tunisie (Coleoptera, Hydraenidae). Thèse de 3^{ème} cycle. Hydrobiol. N° 86 TO43 0079. 155p.
- 147- KARAMAN B., KRYAK S. & DARILMAZ M.C., 2008.** – Faunistic study of the aquatic beetles (Coleoptera) of Trabzon Province (Turkey). Munis Entomology and zoology 3 (1): 437 – 446.
- 148- KENNER R.D, LARSON D.J & ROUGHLEY R.E., 2003.** - New Aquatic Records for Canada (Coleoptera: Haliplidae, Dytiscidae). Journal of the Entomological Society of British Columbia.
- 149- KLEIN B., 2010.** - Rôle des habitats pour la conservation de la biodiversité en milieu agricole. INPACQ Canneberges. Ressources naturelles. Québec.
- 150- KLIMASZEWSKI J., 2009.** – Biodiversité : 200 ans de recherche sur les Coléoptères. Ressources naturelles Canada. L'éclaircie Numéro 49.
- 151- KOPPEN MAYNARD P., 1981.** – Soil survey of Calhoun County, Iowa. U.S. Dept of Agriculture, Soil Conservation Service. B0006EBUGI. 109 p.
- 152- KORTI M., 1994.** – Guide touristique de Tlemcen et de sa région. Edition de l'Office du Tourisme de Tlemcen. Imprimerie Ibn Khaldoun. Tlemcen.
- 153- KRYAK S., CANBULAT S., SALUR A. & DARILMAZ M., 2006.** – Additional notes on aquatic Coleoptera fauna of Turkey with a new record (Helophoridae, Hydrophilidae). Munis Entomology and Zoologie, 1 (2): 273 – 278.
- 154- KRYAK S., SALUR A., CANBULAT S. & DARILMAZ M., 2009.** – Additional notes on Gyrinidae fauna of Turkey (Coleoptera). Munis Entomology and Zoology, 1 (1): 57 – 62.
- 155- LACROIX E., 2009.** – Lui: il faut des bulles! Dytique. Insect world. Version 2.5.
- 156- LARSON D.J. & ROUGHLEY R.E., 1991.** – Family Dytiscidae. Predaceous Diving Beetles. 71. Iny. Bousquet (ed). Checklist of beetles of Canada. 62 p.

- 157- LAWRENCE J.F. & NEWTON A.F.J., 1995.** – Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). Pp 779 – 1006 in J. Pakaluk and S.A.Slipinski (eds) *Biology, phylogeny and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80 th Birthday of Roy A. Crowson*, Muzeum: Instytut Zoologii Pan, Warszawa.
- 158- LAWRENCE J.F. & BRITTON E.B., 1991.** – Coleoptera. P p. 543 – 683. In: CSIRO, *Insects of Australia. Volume 2*. Clbourne University Press, Carlton, Victoria.
- 159- LE BRIS H., 1988.** – Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires : la rade de Lorient et la baie de Vilaine. Thèse Doctorat 3^{ème} cycle. Université de Bretagne Occidentale, Brest (France) : 311 p.
- 160- LE MOAL L., 2002.** – L'analyse en composantes principales. L'ACP sous SPSS.
- 161- LE SAGE L., 1991.** – Family Dryopidae: long – toed water beetles. In: Bousquet y (Ed) *checklist of beetles of Canada and Alaska*. Agriculture Canada Publication 1861 / E: 171 – 172.
- 162- LEBART L., MORINEAU A. & FENELON J.P., 1982.** – Traitement des données statistiques méthodes et programmes. Dunod édition. Paris. 518 p.
- 163- LEGENDRE J., 1973.** - Phytoplankton organization in Baie des chaleurs (Gulf of St Lawrence). *J.Ecol*, 61: 135 – 149.
- 164- LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1979.** – Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques ; II. La structure des données écologiques. Masson ed. Paris : 197p et 247p.
- 165- LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1984.** – Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques ; II. La structure des données écologiques. 2^{ème} ed : Masson et presses de l'université du Québec. Paris. 206 p./ 335 p.
- 166- LEGOUT C., 2003.**- Le bassin versant. Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et en environnement. Université Joseph Fourier.
- 167- LETREUCH B., 1991-** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Ed. OPU.TI, TII, Alger, 414p.

- 186- NICHOLAS J.D., SAUER J.R., HINES J.E., POLLOCK K.H. & BOULUNIER T., 1998.** – Estimating species richness : the importance of heterogeneity in species detectability. *Ecologie* 73 (3) the Ecological Society of America: 1018.
- 187- NILSON A.N. & FERY H., 2006.** – World catalogue of Dytiscidae: *Koleopterologische Rundschau* 76: 55 – 74.
- 188- NILSON A.N. & HOLMEN M., 1995.** – The aquatic Adephaga 5 Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. *Fauna Ent. Scand.* 32. E.J. Brill, Leiden, 192 p.
- 189- NILSON A.N., 2001.** – World catalogue of Insects. Volume 3. Dytiscidae (Coleoptera). Apollo Books, Stenstrup, 935 p.
- 190- NILSON A.N., 2003.** – Family Dytiscidae. In : Löbl, I. and Smetana A. (Eds), *Catalogue of Palearctic Coleoptera. Volume 1. Archostemata; Myxophaga – Adephaga.* Apollo Books, Stenstrup, 35 – 78 p.
- 191- NILSON A.N., 2004.** – World catalogue of Dytiscidae – corrections and additions, 2 (Coleoptera: Dytiscidae). *Koleopterologische Rundschau*, 74, 157 – 174.
- 192- NILSON A.N., 2005.** – Catalogue of Palearctic Coleoptera: Noteridae and Dytiscidae. *Version 12. 11. 2006.*
- 193- NISBET M. & VERNEAUX J., 1976.** – Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classe entant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annls. Limnol.* 6(2) : 161 – 190.
- 194- PALLETTIER L., 2002.** – Le bassin de la rivière Saint – Maurice: les communautés benthiques et l'intégrité biotique du milieu, 1996. Direction de suivie de l'environnement. Ministère de l'environnement. Gouvernement du Québec.
- 195- PEET R.K., 1974.** – The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and System atics*, 5, 285 – 307.
- 196- PEREZ – BILBAO A., BENETTI J. & GARRIDO J., 2010.** – New data on Elmidae and Dryopidae in ponds of the Natura 2000 Network of Galicia (NW Spain) (Coleoptera, Polyphaga). *Bulletin de la société Entomologique de France.* Vol. 115, n°2. Pp. 185 – 192. ISSN 0037 – 928x.

- 197- PERRIER R., 1927.** – La faune de France illustrée. Tome 5. Coléoptères. Edition Delgrave. Paris. T.V.1^{ère} partie. 192 p.
- 198- PERRIER R., 1932.** – La faune de France illustrée. Tome 6. Coléoptères. Edition Delgrave. Paris. T.V.2^{ème} partie. 230 p.
- 199- PICHAN J.C., 1986.** – Les insectes. Edition Masson. Paris.
- 200- PIELOU E.C., 1966.** – Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and measure. Amer. Natur. 100: 463 – 465;
- 201- PONEL P., 2001.** – Coléoptères de l'étang du Bolmon et du Cordon du Jai. Intérêt de patrimonial, mesures de conservation. Laboratoire de botanique historique et Polynologie (Case 451). IMEP – CNRS UMR 6116, Faculté des Sciences de St Jérôme, F- 13397 Marseille cedex 20.
- 202- PUERTO A. & RICO M., 1997.** – Edaphic variability and floristic structure on mediterranean grassland slopes. Arid soil. Research and rehabilitation 11: 9 – 22.
- 203- PUISSANT S. & SOLDATI F., 2000.** – Contribution à la connaissance de l'entomofaune de l'étang de Vendres (34), Basse Plaine de l'Aude, rive gauche. Office pour l'information éco-entomologique du Languedoc – Roussillon (O.P.I.E. – L.R).
- 204- QINGHONG L., 1995.** – A model for species diversity monitoring at community level and its applications. Environmental Monitoring and Assessment, V.34, n, 3, P 271 – 287.
- 205- RAMADE F., 2003.** – Elément d'écologie. Ecologie fondamentale. 3^{ème} édition. Dunod. Paris.
- 206- RAMADE F., 1982.** – Elément d'écologie. Ecologie appliquée. Mac. GRAW HILL / 452 p.
- 207- RAMADE F., 1984.** – Eléments d'écologie. Ecologie fondamentale. Mc Graw – Hill. Paris. 190 p.
- 208- REAUDIN D., 2009.** – Coléoptères aquatiques. Insectes Coléoptères. Invertébrés continentaux des pays de la Loire – Gretia.
- 209- RIBERA I., ISARD J. & REGIL J.A. (in press)?** – Coleopteros acuáticas de los estanques de Cap many (Gerona). I: Hydradephaga. Scientia Gerundensis.

- 210- RODIER J., 2005.** – L'analyse de l'eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires, eaux de mer. Edition Dunod. Paris : 365 p.
- 211- ROUGHLEY R.E., 2001.** – Haliplidae. In Ross H. Arnett Jr. and Michael C. Thomas. American Beetles (CRC Press, 2001). Vol 1.
- 212- ROUGHLEY R.E., 2009.** - Family Hydrophilidae. (Water scavenger beetles).
- 213- ROUTLEDGE R.D., 1979.** – Diversity indices: wich ones are admissible? Journal of theoretical Biology, 76 (4), 503 – 515.
- 214- SANDRE., 2008.** – Eaux superficiellrs continentals. Processus d'acquisition des données biologiques (version 3.0). Dictionnaire des données. (Systee d'Information sur l'eau), 109 p.
- 215- SCHELL V.A. & KEREKES J.J., 1989.** – Distribution, abundance and biomass of benthic macroinvertebrates relative to Ph and nutrients in eight lakes of Nova Scotia . Canada. Water, Air and soil pollution, 46 : 359 – 374.
- 216- SCHIZZEROTTO A., 1985.** – Gli idoade fagi della torbiera divigalzano (Trento) (Coleoptera : Haliplidae, Dytiscidae). Vol. 62, Pp. 79 – 85.
- 217- SELKA G. & KERDAL D.E., 2005.** – Evaluation des effets environnementaux du barrage Sikkak sur la plaine de lin Youcef (N.W Algérie).
- 218- SELTZER P., 1946.** – Le climat de l'Algérie. Univ. Alger. Inst. Météo et phys. Du globe. Carbonel. 219 p.
- 219- SHANNON C.E. & WEAVER W., 1963.** – The mathematical theory of communication. Urbana: University of Illinois Press. 117p.
- 220- SHANNON C.E., 1948.** – A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal 27: 379 – 423, 623 – 656.
- 221- SHAVERDO H.V., ROUGHLEY R.E. & MOUSSEAU T., 2002.** - New Reccords of Dytiscidae (Insecta : Coleoptera) in Monitoba. Scientific Note. Proceeding of the Entomological Society of Monitoba, Volume 58.
- 222- SIMPSON E.H., 1949.** – Measurment of diversity. Nature 163: 688.

Annexes

Annexes 1

Caractéristiques des stations de prélèvement

Identification de la station	
<i>Nom du cours d'eau</i>	
<i>Localisation</i>	
<i>Date de prélèvement</i>	
Météo	
Caractéristique du lit	
<i>Largeur</i>	
<i>Profondeur moyenne</i>	
<i>Conditions hydrauliques</i> : <input type="checkbox"/> hautes eaux, <input type="checkbox"/> moyennes eaux, <input type="checkbox"/> basses eaux	
<u>Rive gauche</u>	<u>Rive droite</u>
Nature des berges	
<ul style="list-style-type: none"> • naturelle, artificielle • plates, inclinées, verticales 	
Végétation des rives	
<ul style="list-style-type: none"> • absente, épars, dense • herbacée, arbustive, arborée 	
Environnement	
<ul style="list-style-type: none"> • prairial, forestier, agricole, urbain 	
Ensoleillement	
<ul style="list-style-type: none"> • nul, moyen, fort 	
Granulométrie du fond	
<i>Sédiment</i>	
<i>Sable</i>	
<i>Gravier</i>	
<i>Pierres</i>	
<i>Blocs</i>	
<i>Vase</i>	
Végétation aquatique	
<i>Algues</i>	
<i>Bryophytes</i>	
<i>Spermaphytes</i>	

Tableau d'échantillonnage

Nom du cours d'eau :

Nom de la station :

Date :

Hydrologie :	Etiage	Moyennes eaux	Autres situations						
Température de l'eau (°C)	Oxygène		pH	Conductivité (µS)					
Vitesse superficielle V (cm/s)				V	Très	rapide	moyen	lent	Nul
Supports				S	rapide				
Bryophytes				9					
Spermaphytes immergés				8					
Éléments organiques grossiers (litière, branchages, racines)				7					
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) taille>25mm				6					
Granulats grossiers 25mm >taille>2,5mm				5					
Spermaphytes émergents de strate basse				4					
Sédiments fins organiques, "vases"< 0,1mm				3					
Sables et limons grains <2,5mm				2					
Surfaces naturelles et artificielles (roches, dalles,sols) Blocs >250mm				1					
Algues ou à défaut, marne et argile				0					
Ombrage (0-1)									
Position (bord – centre)									

N. B. Chaque case représente un microhabitat

Répété pour chaque prélèvement trois fois l'opération

La taille de la station est définie par la longueur sensiblement égale à 10 fois la largeur du lit mouillé au moment du prélèvement.

Techniciens sur le terrain

Station	Opérateur 1	Opérateur 2	Physicochimie	Secrétaire

Annexe 2 : Caractéristiques physiques des 154 relevés effectués

	Courant					Spermap Spermaph			Elements sédiments de Granulats gr Sables				Vases	Surface		Ensol	
	T.rapid	rapid	moye	lent	nul	Bryophy	immergé	émergès	Algues	org.	Grotaille>25mm	25>T>2,5m	limons<	<0,1mm	artificiell		ombre
MH1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
MH2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1
MH3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
MH4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MH5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0
MH7	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1
MH8	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
MH9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
MH10	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
MH11	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1
MH12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
MH13	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
MH14	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
MH15	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1
MH16	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1
MH17	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
MH18	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1
MH19	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MH20	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
MH21	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
MH22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
MH23	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
MH24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
MH25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH26	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
MH27	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1
MH28	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1
MH29	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1
MH30	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
MH31	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH32	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
MH33	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH34	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
MH35	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
MH36	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
MH37	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
MH38	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1
MH39	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
MH40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MH41	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
MH42	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
MH43	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH44	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
MH45	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MH46	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH47	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
MH48	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0
MH49	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1
MH50	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
MH51	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0
MH52	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
MH53	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1
MH54	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
MH55	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
MH56	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MH57	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
MH58	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1

MH59	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	
MH60	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH61	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
MH62	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	
MH63	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	
MH64	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH65	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	
MH66	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH67	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	
MH68	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH69	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	
MH70	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	
MH71	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH72	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH73	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH74	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	
MH75	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	
MH76	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	
MH77	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH78	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	
MH79	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
MH80	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	
MH81	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH82	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
MH83	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	
MH84	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	
MH85	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
MH86	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH87	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	
MH88	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
MH89	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	
MH90	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	
MH91	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	
MH92	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
MH93	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	
MH94	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
MH95	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	
MH96	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
MH97	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
MH98	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH99	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	
MH100	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	
MH101	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	
MH102	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	
MH103	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
MH104	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
MH105	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH106	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
MH107	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
MH108	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	
MH109	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	
MH110	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
MH111	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	
MH112	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	
MH113	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	
MH114	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
MH115	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	
MH116	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	
MH117	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
MH118	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	
MH119	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
MH120	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	
MH121	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	

MH122	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
MH123	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH124	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH125	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
MH126	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
MH127	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH128	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
MH129	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1
MH130	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH131	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH132	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH133	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH134	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH135	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
MH136	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
MH137	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
MH138	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1
MH139	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH140	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
MH141	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1
MH142	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
MH143	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH144	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
MH145	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
MH146	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1
MH147	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
MH148	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH149	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH150	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
MH151	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH152	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1
MH153	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
MH154	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1

Annexe 3

Matrice des résultats de mesure des paramètres physicochimiques destinés à l'ACP

		T eau	pH	O2 dissous	O2 dissous	Conductivité	Salinité
		°C		mg/l	%	µs/cm	mg/l
T1 = Ghar Boumaâza	T1- avr-09	16	7,63	9,25	107,5	636	0,1
	T1- mai-09	17,1	7,43	4,4	50,7	633	0,1
	T1- jun-09	16,5	7,68	12,2	138,7	628	0,1
	T1- oct-09	18,5	7,5	9,19	110	618	0
	T1- mar-10	15,7	8,68	35,8	398	21	0
T2 = Hounche	T2- avr-09	17	8,42	11,63	130,9	3000	0,3
	T2- mai-09	17,08	8,16	5,8	68	1050	0,3
	T2- jun-09	21,1	8,2	8,43	103	1066	0,3
	T2- oct-09	20,2	8,12	10,35	124,8	1133	0,3
T3 = Khemis	T3- avr-09	18	8,29	7,7	86	597	0
	T3- mai-09	18,6	8,23	9,6	110,7	562	0
	T3- jun-09	24,5	8,35	3,22	41,6	514	0
	T3- oct-09	22,3	8,43	12,57	157,7	593	0
T4 = Chouly	T4- avr-09	18,4	8,47	4,93	53	520	0
	T4- mai-09	23,8	8,42	8,66	112,9	496	0
	T4- jun-09	27,9	8,22	4,28	57,9	464	0
	T4- oct-09	20,4	8,43	10,12	123	501	0
	T4- mar-10	14	8,81	0,11	1,2	507	0
T5 = Isser amont	T5- avr-09	18,1	8,17	6,49	75,7	817	0,2
	T5- mai-09	17,7	7,57	9,17	102,3	810	0,2
	T5- jun-09	20,4	8	5,2	63,6	812	0,2
	T5- oct-09	18,3	8,11	7,91	95,2	795	0,1
	T5- mar-10	16,3	8,82	/	/	779	0,1
T6 = Isser - Remchi	T6- avr-09	15,9	8,47	/	130	2830	1,3
	T6- mai-09	19,8	7,91	5,3	58,3	3100	1,5
	T6- jun-09	20,4	8	5,2	63,6	812	0,2
	T6- oct-09	20,9	8,19	9,32	105,2	2500	1,2
	T6- mar-10	16,3	8,82	/	/	779	0,1
T7 = Pierre de chat	T7- avr-09	16,3	8,5	11,9	121	2540	1,2
	T7- mai-09	19,8	7,91	5,3	58,3	3100	1,5
	T7- jun-09	24,6	8,52	12	150	1960	0,8
	T7- oct-09	23,4	8,64	11,93	140,9	2010	0,9
T8 = Tafna-Remchi	T8- avr-09	17	8,5	7,03	72,3	2180	1
	T8- mai-09	19,8	8,34	5,77	63,3	1622	0,6
	T8- jun-09	27	8,69	/	/	1690	0,7
	T8- oct-09	23,3	8,18	9,9	115,8	8060	4,5
T9 = Boughrara	T9- avr-09	16,8	8,15	10,03	106	1357	0,5
	T9- mai-09	18	8,08	10,84	116,1	1252	0,4
	T9- jun-09	20,2	8,14	9,8	111	1279	0,4
	T9- oct-09	21,8	7,89	/	/	4780	2,5
T10 = Tafna-Sabra	T10- avr-09	17	8,14	/	85	920	0,2
	T10- mai-09	19,6	8,41	5,2	59	753	0,1
	T10- jun-09	31	7,77	/	/	1485	0,6
	T10- oct-09	22,4	8,62	6,75	84,3	981	0,3

	stations étudiées				
	Tronche	Khemis	Chouly	Isser amont	Isser-De
<i>...postulatus</i>	0	0	3	3	
<i>ctes clarkii</i>	0	0			
<i>es optatus</i>					
<i>s bomb...</i>					

Annexe 4

Annexes

Annexe 5

Annexe 5: Répartition des abondance des espèces dans les microhabitats

	MH1	MH2	MH3	MH4	MH5	MH6	MH7	MH8	MH9	MH10	MH11	MH12	MH13	MH14	MH15	MH16	MH17	MH18	MH19	MH20	MH21	MH22	MH23
<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>	0	0	0	15	0	1	0	0	11	2	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
<i>Potamonectes clarkii</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
<i>Stictonectes optatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Deronectes bombycinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	6	2	0	0
<i>Graptodytes optatus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrpoglyphus geminus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Yola bicarinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agabus didymus</i>	1	3	0	0	0	4	0	2	0	0	0	6	0	0	0	0	4	0	0	1	1	0	0
<i>Agabus conspersus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agabus brunneus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agabus bipustulatus</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Agabus sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0
<i>Meladema coriacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laccophilus hyalinus</i>	0	3	5	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laccophilus minutus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Laccophilus sp.</i>	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Neohalpius lineaticollis</i>	0	0	0	7	0	1	0	11	0	0	0	8	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0
<i>Gyrinus dejeani</i>	0	3	4	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Gyrinus urinator</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
<i>Aulonogyris striatus</i>	0	0	0	0	0	16	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Gyrinus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Berosus hispanicus</i>	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anacaena sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laccobius sp1.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laccobius sp2.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Laccobius sp3.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Laccobius sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Helochaeres lividus</i>	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Limnoxenus niger</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrophilus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Helophorus pistaceus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
<i>Hydraena tetacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochthebius sp1.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	42	0	0
<i>Ochthebius sp2.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochthebius sp3.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ochthebius sp4.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oulimnius sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Dryops sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	1	0	0	6	0	0	0
Somme totale	3	11	23	25	0	4	31	0	29	2	0	0	63	6	0	4	0	8	7	0	40	47	0

MH24	MH25	MH26	MH27	MH28	MH29	MH30	MH31	MH32	MH33	MH34	MH35	MH36	MH37	MH38	MH39	MH40	MH41	MH42	primo totale
0	0	0	1	14	1	3	1	4	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	64
0	0	0	0	0	15	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	24
0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	1	0	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	1	1	0	3	10	0	5	0	0	3	0	8	0	0	0	0	0	0	53
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	3
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	22	1	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	4	0	52
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	6	0	6	0	0	12	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	44
0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
0	0	0	1	22	33	0	16	14	0	27	0	3	0	0	0	0	4	0	151
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	18
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	1	0	23
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43
0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
0	1	12	5	54	117	4	40	19	0	49	2	26	0	0	3	1	10	0	646

Annexe 6

Répartition saisonnière des abondances des espèces

Nom des espèces	Hiver	Printemp	Eté	Automne	Somme total
<i>Stictotarsus duodecimpustulatus</i>	3	22	4	35	64
<i>Potamonectes clarkii</i>	0	20	2	2	24
<i>Stictonectes optatus</i>	0	2	2	1	5
<i>Deronectes bombycinus</i>	0	22	2	0	24
<i>Graptodytes optatus</i>	0	1	0	0	1
<i>Hydrpglyphus geminus</i>	0	3	8	0	11
<i>Yola bicarinata</i>	0	1	1	0	2
<i>Agabus didymus</i>	3	43	1	6	53
<i>Agabus conspersus</i>	0	3	0	0	3
<i>Agabus brunneus</i>	0	1	0	0	1
<i>Agabus bipustulatus</i>	0	2	0	0	2
<i>Agabus sp.</i>	1	50	1	0	52
<i>Meladema coriacea</i>	0	0	1	0	1
<i>Laccophilus hyalinus</i>	3	20	9	12	44
<i>Laccophilus minutus</i>	0	1	0	5	6
<i>Laccophilus sp.</i>	0	2	22	0	24
<i>Neohaliplus lineaticollis</i>	0	68	35	48	151
<i>Gyrinus dejeani</i>	0	9	6	3	18
<i>Gyrinus urinator</i>	0	2	4	1	7
<i>Aulonogyrus striatus</i>	0	16	3	1	20
<i>Gyrinus sp.</i>	0	3	2	0	5
<i>Berosus hispanicus</i>	1	12	3	7	23
<i>Anacaena sp.</i>	0	2	0	0	2
<i>Laccobius sp1.</i>	0	1	1	0	2
<i>Laccobius sp2.</i>	0	2	0	0	2
<i>Laccobius sp3</i>	0	1	0	0	1
<i>Laccobius sp.</i>	0	0	2	0	2
<i>Helochares lividus</i>	0	7	3	1	11
<i>Limnoxenus niger</i>	0	1	0	0	1
<i>Hydrophilus pistaceus</i>	0	1	0	0	1
<i>Helophorus sp.</i>	0	6	0	0	6
<i>Hydraena tetacea</i>	0	3	0	1	4
<i>Ochthebius sp1.</i>	0	43	0	0	43
<i>Ochthebius sp2.</i>	0	5	0	0	5
<i>Ochthebius sp3.</i>	1	0	0	0	1
<i>Ochthebius sp4.</i>	0	0	1	0	1
<i>Oulimnius sp.</i>	0	2	1	1	4
<i>Dryops sp.</i>	0	19	0	0	19
Somme totale	12	396	114	124	646