

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEEN

THESE

Pour obtenir le Diplôme de

DOCTORAT D'ETAT

En

HYDROBIOLOGIE

Par

Nouria BELAIDI-ALIANE

**Rôle du Milieu Hyporhéique dans le Fonctionnement
de l'Ecosystème Oued. Dynamique de la Faune
Hyporhéique à l'Aval d'un Barrage Pollué».**



Soutenue le 18 novembre 2004 devant le jury :

**BENABADJI N.
GAGNEUR J.
SAMRAOUI B.
THOMAS A
BOUTIN C.**

Professeur univ. Tlemcen
Maître de conférence ups Toulouse
Professeur univ. Annaba
Maître de conférence ups Toulouse
Maître de conférence ups Toulouse

Président
Directeur de thèse
Rapporteur
Rapporteur
Rapporteur



REMERCIEMENTS

Je voudrais tout d'abord remercier mon directeur de thèse, Monsieur GAGNEUR James, pour m'avoir proposé ce sujet et pour les nombreux conseils toujours avisés qu'il m'a apporté pour arriver au bout de ce grand défi.

J'adresse mes remerciements à Monsieur Noury BENABADJI pour avoir bien voulu présider ce jury.

Je suis vivement reconnaissante à Boudjemaa SAMRAOUI, Alain THOMAS et Claude BOUTIN qui ont accepté de faire partie de mon jury. Plus particulièrement je voudrais remercier Monsieur BOUTIN pour ses conseils fructueux lors de nos entrevues, ainsi que Monsieur THOMAS pour avoir participé à la détermination des Ephéméroptères.

Pareillement je remercie Messieurs Pierre MARMONIER, et Frederic AZEMAR pour m'avoir initié à la détermination des crustacés.

Je remercie également Monsieur Narcisse GIANI pour son aide à la détermination des oligochètes

Mes remerciements s'adressent aussi à l'équipe du laboratoire d'hydrobiologie de Toulouse pour leur accueil chaleureux.

Enfin, je souhaite remercier ma famille et mes amis (es) qui m'ont soutenu durant ces dernières années.



ملخص

إن وادي تافنة في شقه المتوسط معرض إلى آثار التطور العمراني و الصناعي لمدينة مغنية وهذا بالتقاط المياه القدرة الغير معالجة. إن هذا التلوث خطير يؤدي عادة إلى تدهور المحيط الحيوي. زيادتا عن هذا بناء سد حمام بوغرارة الذي غير نظام سليانه.

يتناول هذا العمل دراسة الكائنات السطحية و الشبه الجوفية لوادي تافنة في شقيه المتوسط والأدنى في المنطقة السفلية للسد التي أجازت مقارنة كثافة و فرة و تنوع الكائنات في كل المراحل المائية. و من ثم تحديد آثار تسيير السد على مهبط النهر.

كما أن دراسة الكائنات الجوفية لهذه المنطقة من خلال الآبار الموجودة تبين مدى آثار تلوث المياه الشبه الجوفية على نوعية المياه الجوفية.

النتائج المحصل عليها في هذه الدراسة أظهرت نقصا كبيرا في الكائنات وخصتا الجوفية منها. تمثل القشريات 53 في المائة من الكائنات الكلية. و يمكن تفسير هذا النقص بهجرة الكائنات إلى الاعمان حيث الاستقرار إما الإخلاء العام لهذا الاوساط.

إن تعاقب قوة وضعف السيلان يؤثر على الكائنات الجوفية أكثر من الكائنات السطحية. و من جهة أخرى قد تبين انه هناك تغاير مكاني و زماني في المنطقة الشبه الجوفية.



RESUME

La moyenne Tafna est exposée à plusieurs perturbations liées aux activités humaines : effluents urbains, industriels et agricoles. L'installation récente d'un réservoir en amont du site d'étude a fortement modifié le régime d'écoulement particulièrement en rallongeant la période de basse eau de sorte que l'aval soit de temps en temps alimenté par les lâchers d'eau de barrage. L'étude des deux milieux hyporhéique et benthique de cette zone a permis de comparer la densité, la richesse taxonomique et la diversité, en utilisant l'ANOVA 1 et l'indice de Shannon H' durant trois périodes hydrologiques (hautes eaux, étiage et lâchers de barrage), et par conséquent mettre en évidence les effets de la gestion du réservoir sur les hydrosystèmes avals. Par ailleurs, l'étude de la faune des puits de la moyenne et basse Tafna a permis de voir si la contamination du sous-écoulement avait des conséquences sur la qualité des eaux de la nappe phréatique.

La richesse taxonomique et l'abondance des crustacés stygobies sont faibles. Les crustacés d'eau de surface représentent 53% de la faune globale, dont 50% sont des Cyclopoidae. Les Daphniidae sont plus abondants (37%) dans le milieu benthique que dans la zone hyporhéique. L'alternance de fort et faible débit, semble affecter davantage la faune hyporhéique que les communautés benthiques. Le concept de stabilité, habituellement admis au sujet du milieu hyporhéique, n'est pas valable dans notre cas. En effet nos résultats ont montré une grande hétérogénéité spatiale (habitat en mosaïque) et temporelle selon le régime d'écoulement.

Mots clés : Algérie, Faune Hyporhéique, l'écoulement, Barrage, Pollution



ABSTRACT

The mid Tafna wadi (N-W Algeria) is exposed to several man induced influences: urban, industrial and agricultural effluents. The recent installation of a reservoir upstream of the study site has strongly modified the flow regime especially by lengthening the period of low water level so that the lower reach is occasionally fed by water releases. Investigations on the hyporheos and benthos of this zone have compared densities, taxa richness and diversity, using ANOVA 1 and Shannon's H' during three hydrological periods (natural high water, low flow and reservoir water releases), and consequently to highlight effects of the reservoir management on downstream hydrosystems. In addition, the study of the phreatic fauna of Tafna river have allowed to see whether the contamination of the underflow had consequences on the quality of water of the ground water.

Species richness and abundance of stygobite crustaceans are low. Surface water Crustaceans are 53% of the overall fauna, and as in the hyporheic zone, Cyclopoidae reach 50% of the Crustaceans. Daphniidae are more abundant (37%) in the benthic habitat than in the hyporheic zone. The alternation of high discharges and low flow, appears to affect the hyporheos more than the benthic communities. The stability concept, ordinarily admitted concerning the hyporheic habitat, does not fit with our results showing a great range of spatial (mosaic habitat) and temporal changes according to the flow regime.

Keywords: Algeria, hyporheos, flow regime, reservoir management, pollution.



SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	5
Chapitre I : MATERIEL ET METHODES.....	7
1.1. La zone d'étude	7
1.1.1. Présentation de la Tafna.....	7
1.1.1.1. Géographie et réseau Hydrographique.....	7
1.1.1.2. Géologie.....	9
1.1.1.3. Climat et Hydrologie.....	9
1.1.1.4. Végétation.....	11
1.1.1.5. Actions de l'homme.....	11
1.1.2. Le site d'étude.....	12
1.1.3. Le profil amont-aval de la moyenne et basse Tafna.....	13
1.1.4. Les Puits de la moyenne Tafna.....	14
1.1.5. Aperçu de la qualité des eaux de la moyenne Tafna.....	17
1.2. Prélèvements faunistiques.....	17
1.2.1. Faune hyporhéique.....	17
1.2.2. Faune superficielle.....	18
1.2.3. Faune des puits.....	18
1.3. Traitement des échantillons.....	19
1.4. Traitement des données.....	19
1.4.1. Indices de structure.....	19
1.4.2. Anova 1.....	19
1.4.3. AFC.....	19
Chapitre II : FAUNISTIQUE.....	21
2.1. Les Oligochètes.....	21
2.2. Les Ostracodes.....	23



2.3. Les Isopodes.....	25
2.4. Syncarides.....	27
2.5. Amphipodes.....	27
2.6. Cladocères.....	28
2.7. Copépodes.....	29
2.8. Les Insectes.....	30
Chapitre III : COMPOSITION ET EVOLUTION DE LA FAUNE.....	32
3.1. Composition de la faune hyporhéique.....	32
3.2. Composition de la faune superficielle.....	34
3.3. Composition de la faune des puits.....	35
3.4. Comparaison entre la faune hyporhéique et la faune superficielle.....	37
Chapitre IV : VARIATIONS SPATIO-TEMPORELLES DE LA FAUNE	
HYPORHEIQUE.....	40
4.1. Distribution longitudinale.....	40
4.2. Evolution lit- rives.....	46
4.3. Impact des lâchers de barrage sur les communautés hyporhéiques.....	50
4.4. Résultats de l'analyse statistique.....	51
4.4.1. Evolution spatiale.....	51
4.4.2. Evolution temporelle.....	53
4.5. Distribution amont-aval des peuplements hyporhéique et benthique au cours des lâchers.....	55
DISCUSSION.....	62
CONCLUSION.....	65
BIBLIOGRAPHIE.....	67
ANNEXES.....	75



INTRODUCTION

La zone hyporhéique décrite par Orghidan (1959) constitue un écotone dont la grande hétérogénéité structurale, dépendant principalement de la géomorphologie du cours d'eau, de la circulation de l'eau dans le sédiment et des échanges entre l'eau de surface et les eaux souterraines, a été montrée dans de nombreuses études (Gibert *et al.* 1991, Mermillod-Blondin *et al.* 2000, Chafiq *et al.* 1992, Dole-Olivier & Marmonier 1992, Boulton & Stanley 1995, Rouch 1995, Dole Olivier *et al.* 1997). En conséquence, ces échanges influencent la dynamique des nutriments (Grimm & Fisher 1984, Claret *et al.* 1997, Malard *et al.* 2002) aussi bien que celui de la communauté d'invertébrés (Dole 1985, Marmonier & Dole 1986). D'ailleurs, la profondeur, la porosité et l'oxygène dissous semblent être des facteurs déterminants pour la distribution verticale des invertébrés (Poole & Steward 1976, Dole 1985, Maridet *et al.* 1992).

Le milieu hyporhéique peut constituer un refuge important pour la faune benthique pendant les perturbations environnementales telles que les crues et l'acidification épisodique (Marmonier & Dole 1986, Marmonier & Creuzé des Châteliers 1991, Griffith & Perry 1993). Contrairement, dans les rivières temporaires des régions arides et semi-arides, le milieu hyporhéique semble ne pas jouer ce rôle pendant l'assèchement des cours d'eau (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991, McElravy & Resh 1991, Del Rosario & Resh 2000). En effet, des mécanismes adaptatifs sont développés et des stratégies plus efficaces que la survie dans la zone hyporhéique sont recherchées par la faune aquatique. L'assèchement régulier et généralement long contribuerait certainement à la structure de la faune dans le milieu hyporhéique.

Dans l'oued Tafna (région méditerranéenne), la zone interstitielle a été moins étudiée que le compartiment benthique, en raison des difficultés du prélèvement. En effet, le substrat du lit du cours d'eau, soit rocheux, soit riche en blocs et galets cimentés par l'argile, gêne l'introduction des tubes de prélèvement (Bendiouis 1991, Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991). Cependant, les conditions extrêmes (concernant principalement la température et la salinité) régnant dans le cours moyen de la Tafna (Belaidi-Aliane 1992), les fortes activités humaines (industries, agriculture, eaux d'égouts domestiques) et récemment l'installation du barrage d'Hamam Bouhrara, tendent à perturber le fonctionnement normal du système oued. En effet, une étude récente de Taleb *et al.* (sous presse) a mis en évidence la contribution de ces facteurs au fonctionnement de l'écosystème oued d'un point de vue



physico-chimique. Toutefois la dynamique de la faune de la zone hyporhéique reste mal connue ainsi que ses relations avec la faune souterraine au cours du cycle des saisons.

Le but de ce travail est d'étudier la composition de la faune hyporhéique, souterraine et superficielle, leurs variations temporelles et leur hétérogénéité spatiale, afin de mettre en évidence le rôle de la zone hyporhéique dans le fonctionnement de cette partie de l'oued Tafna, d'examiner l'influence de la qualité de l'eau des lâchers, et de la gestion du réservoir par les modifications de la structure de la communauté hyporhéique.



Chapitre I : MATERIELS ET METHODES

1.1-La zone d'étude

1.1.1- Présentation de la Tafna

1.1.1.1- Géographie et réseau Hydrographique

Le bassin versant de la Tafna d'une superficie de 7245 km², est situé dans l'Ouest Algérien et correspond globalement à la wilaya de Tlemcen. Il est limité à l'Ouest par les Monts de Beni-Snassen au Maroc, à l'Est par Djebel Sebaa Chioukh, au Sud par les Monts de Tlemcen, et au Nord par les Monts des Traras (fig.1).

- L'oued Tafna est le principal cours d'eau du bassin versant, il prend naissance dans les Monts de Tlemcen au niveau de la grotte de Ghar Boumaza (Il s'agit de la résurgence d'une rivière souterraine longue de 10 km) à 1100 m d'altitude et atteint la mer après un parcours de 170 km. Il présente une pente de 0.65 % et une orientation SE-NW qui devient SW-NE puis S-N. Il coule d'abord dans une vallée encaissée entre des rives abruptes, creusée dans les terrains jurassiques. Il reçoit l'Oued Khémis juste avant d'être retenu par le barrage de Béni-Bahdel. A partir de là, l'Oued se reforme à l'aval de la retenue par les résurgences et les apports latéraux dans une vallée encaissée jusqu'au bordj de Sidi Medjahed puis pénètre dans le bassin tertiaire et traverse la plaine de Maghnia où il reçoit l'Oued Mouilah, puis à l'aval il traverse la plaine de Remchi, il coule dans une vallée argileuse et reçoit son principal affluent, l'Oued Isser. Les terrasses et le fond de la vallée sont occupés par des terrains cultivés, les pentes sont couvertes de garrigues et les sommets de végétations arbustives.

- L'oued Isser est l'affluent rive droite de la Tafna. Il prend naissance au niveau de Ain-Isser à 900 m d'altitude et présente une pente moyenne de 0.69 % et une orientation SW-NE qui change brusquement et devient E-W. Il coule dans une vallée alluviale, généralement peu encaissée. Au Nord d'Ouled El Mimoun, l'Isser draine un bassin tertiaire, reçoit l'Oued Chouly sur sa rive gauche et l'Oued Bou Hadi sur sa rive droite, puis il pénètre dans une vallée argileuse où il suit un lit tortueux jusqu'à sa confluence avec la Tafna à environ 60 m d'altitude. Il reçoit l'Oued Sikkak avant de se jeter dans la Tafna à 80 m. La vallée est principalement vouée aux cultures fruitières et maraîchères. Les hauteurs sont occupées par les garrigues.



A)

B)

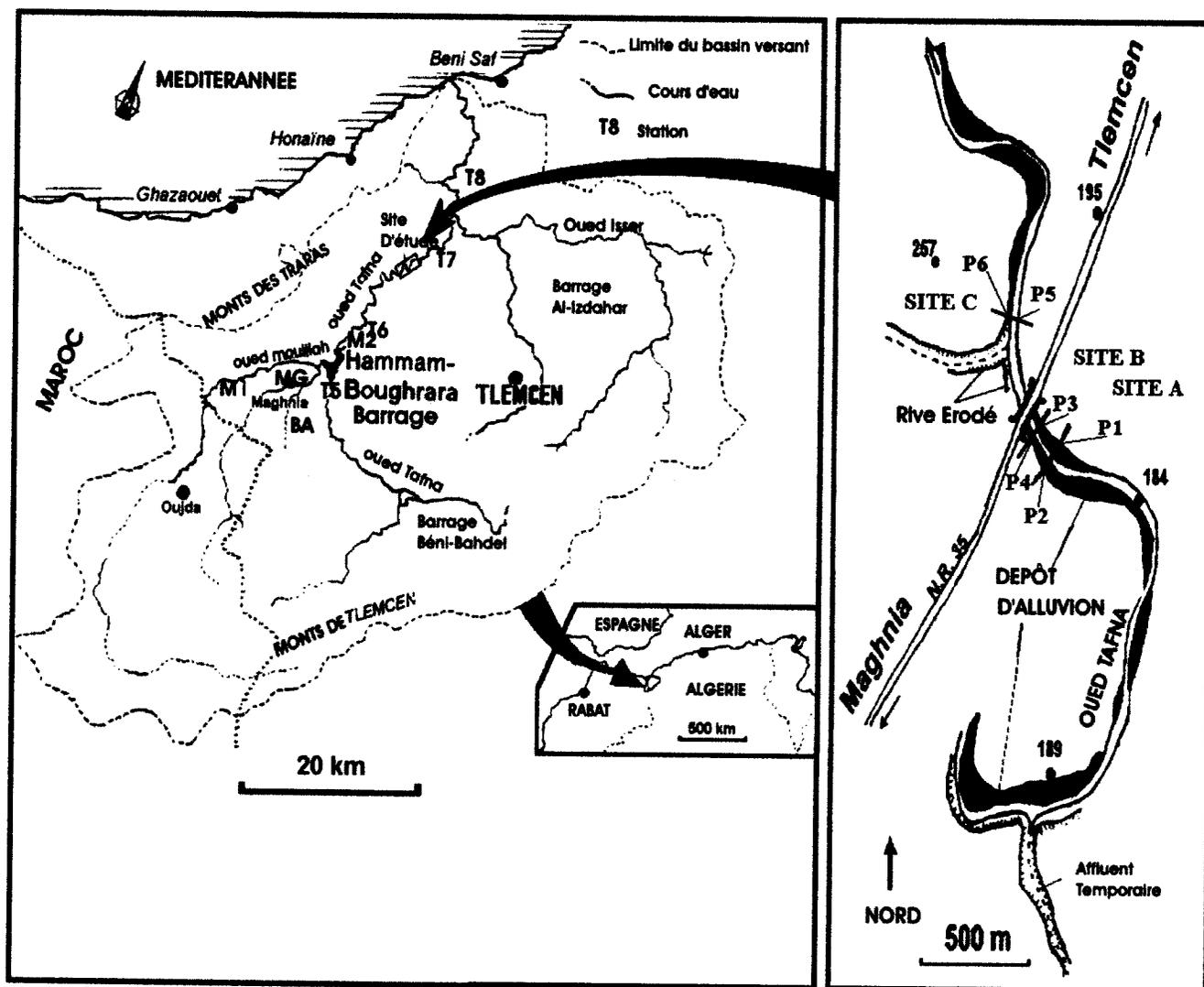


Fig.1 A : Réseau hydrographique du bassin versant de la Tafna, avec localisation des stations. B : Site d'étude hyporhéique avec localisation des piézomètres de P1 à P6



- L'oued Mouilah, affluent rive gauche de la Tafna, prend son origine dans la région d'El Abed (Algérie) à 1250 m d'altitude, traverse le Maroc (sous le nom d' oued Isly) avec un écoulement temporaire puis revient en Algérie, au niveau de la région de Maghnia, avec un écoulement permanent. Il récupère les effluents au niveau de la ville d'Oujda puis reçoit l'oued Ouerdeffou, principal collecteur des eaux usées urbaines et industrielles de la ville de Maghnia, sur sa rive droite. Il conflue ensuite avec l'oued Tafna à 8 km de la ville de Maghnia, au niveau du barrage de Hammam Boughrara à 260 m d'altitude.

1.1.1.2-Géologie

Le bassin versant de la Tafna appartient dans sa partie Sud au jurassique supérieur, caractérisé par la présence prédominante de calcaire et de dolomies. Par contre vers le Nord, les oueds drainent un bassin tertiaire du Miocène constitué de marnes et d'argiles, recouvert par les dépôts d'alluvions récente du quaternaire, des galets aux limons, tout le long des oueds (fig.2).

1.1.1.3- Climat et Hydrologie

Le bassin versant de la Tafna subit un climat de type méditerranéen. L'étage sub-humide comprend les Monts de Tlemcen, alors que vers le Nord la tendance varie du semi-aride à l'aride. La région est caractérisée par une saison froide et pluvieuse à partir du mois de novembre jusqu'au mois d'avril, et une période chaude et sèche, à partir du mois de mai jusqu'au mois d'octobre.

Le régime hydrologique des oueds comprend une période de hautes eaux hivernale, avec un écoulement relativement important aux moment des fortes précipitations, et une période des basses eaux estivale, avec un débit réduit jusqu'à l'assèchement total des oueds à partir de la zone du piedmont, en particulier durant ces dernières décennies. En effet, la faiblesse et l'irrégularité des précipitation combinées aux températures estivales très élevées dès le mois d'Avril (la valeur maximale estivale dépasse 38°C), et une forte évaporation de l'eau, provoquent l'assèchement des cours d'eau. Seules les zones de sources présentent un écoulement permanent. Cet assèchement est accentué par l'implantation de nouvelles retenues (barrage de Hammam Boughrara à l'Ouest et le barrage Al-Izdahar à l'Est du bassin versant). Et comme la majorité des cours d'eau méditerranéens, l'oued Tafna se caractérise par des crues violentes.



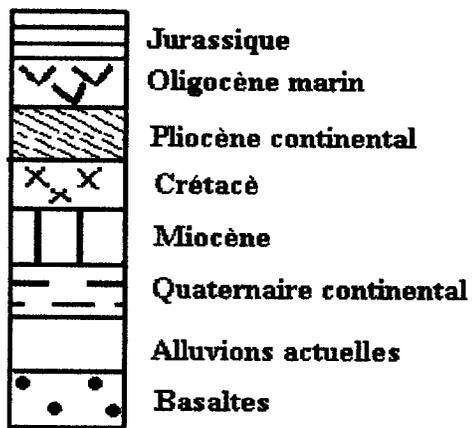
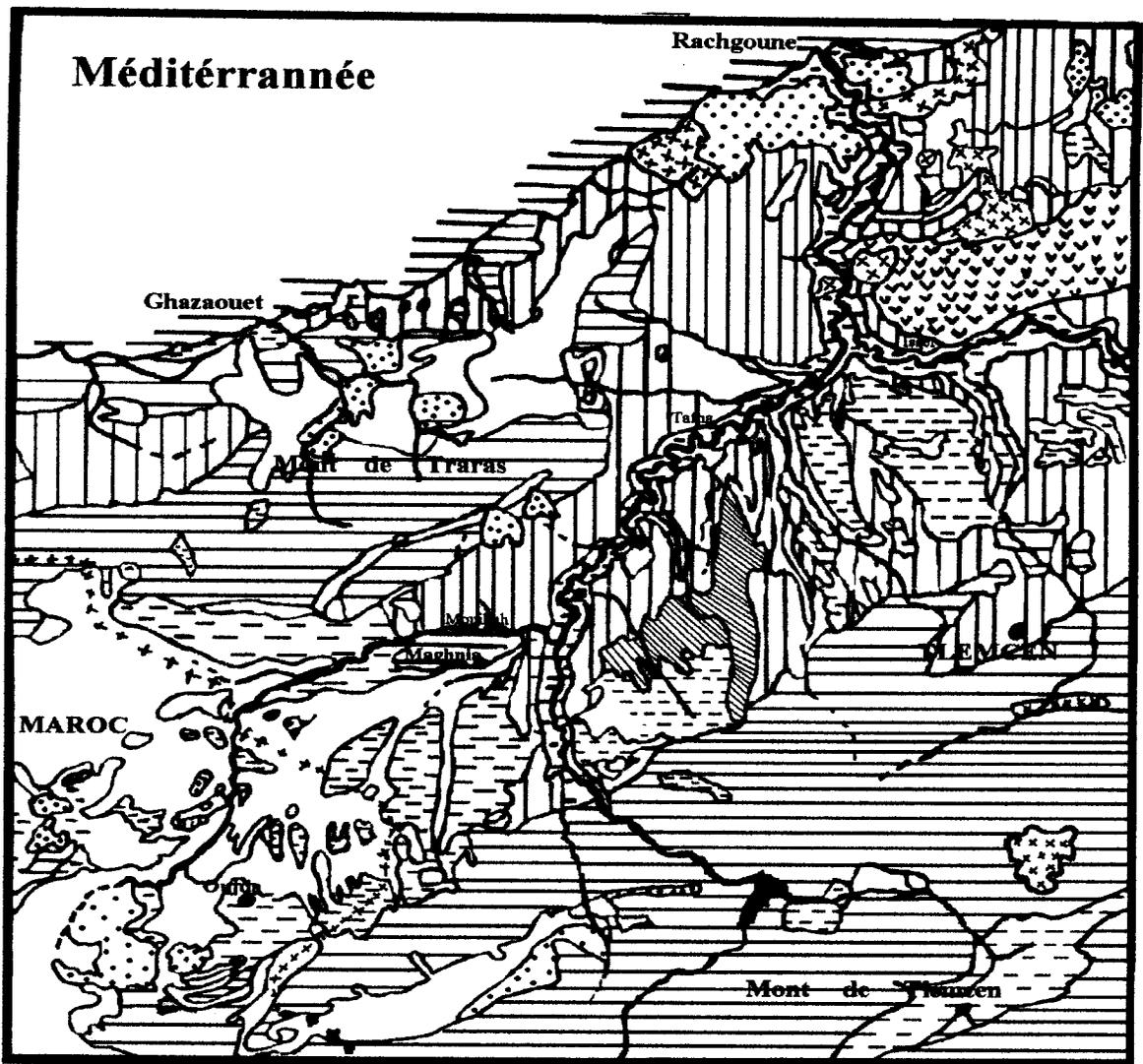


Fig. 2 Carte géologique du bassin versant de la Tafna



1.1.1.4- Végétation

Le réseau hydrographique de la Tafna draine un bassin de plus de 7000 km², dont la morphologie change de l'amont vers l'aval. Car les vallées étroites, encaissées et assez boisées de l'amont, s'élargissent et s'ouvrent en aval avec une végétation naturelle très réduite, voire absente.

Au Sud, les Monts de Tlemcen sont caractérisés par deux associations végétales suivant l'altitude :

- Au dessus de 1200 m d'altitude, nous rencontrons une association de Chêne Vert, de Pin d'Alep, de Genet, de Lentisque, de Ciste et d'Herbacées telles que le Romarin, la Scille et l'Asphodèle. Le Chêne Liège se rencontre surtout sur des terrains riches en silice.

- Au dessous de 1200 m d'altitude, nous rencontrons une association d'Oxycèdre, quelques vestiges de Chêne vert, de Palmier Nain et de Thyuas.

Vers l'Est des Monts de Tlemcen et suite aux dégradations, la forêt a été remplacée par les garrigues et les cultures.

Au Nord, les plaines de Maghnia et de Remchi sont caractérisées par les cultures (céréaliculture, arboriculture), par le maraîchage le long des cours d'eau (Tafna, Mouillah et Isser) et par une végétation naturelle très dégradée.

1.1.1.5- Actions de l'homme

- **Aménagements hydrauliques** : Plusieurs barrages ont été construits dans le bassin versant de la Tafna afin de satisfaire les besoins en eau, d'abord dans sa partie amont, et récemment dans sa partie aval. Le plus récent est celui de Hammam Bouhrara.

Ce barrage fut édifié en 1998 avec une profondeur de 18 m et une capacité de 177 Hm³. Il est localisé dans la commune de Hammam Bouhrara, située au Nord-Ouest algérien à environ 10 km au Nord-Est de la ville de Maghnia, à 260 m d'altitude. Il est alimenté par les eaux de l'Oued Tafna, principal cours d'eau et de l'Oued Mouillah, affluent rive gauche. Ce dernier est caractérisé par une eau très polluée parce qu'elle reçoit les rejets non traités des entreprises de la zone industrielle (E.R.I.A.D, E.N.C.G, E.N.O.F , E.C.V.O) et les rejets urbains de la ville de Maghnia par l'intermédiaire de l'Oued El Abbes et l'Oued Ouerdeffou.

L'eau de la retenue est lâchée d'une manière intermittente, en particulier durant les basses eaux, à une profondeur de 6 à 14 m (en fonction du volume de la réserve) avec des débits de



0.3 m³/s à 4 m³/s. Ces eaux lâchers sont ensuite captées à l'aval de la Tafna pour être canalisée et transférée dans la région d'Oran.

- **Activités industrielles** : l'implantation des industries devient de plus en plus importante dans le Nord-Ouest Algérien et plus particulièrement dans la région de Maghnia. Cette industrialisation affecte directement le milieu aquatique par les rejets d'effluents non traités et très concentrés directement dans les oueds (oued El Abbes et oued Ouerdeffou : affluents de l'oued Mouillah)

- **Activités agricoles** : les plaines de Maghnia et Remchi sont exploitées par le secteur agricole, avec une irrigation directement à partir du cours d'eau par pompage, contribuant ainsi à l'assèchement d'une partie importante des oueds et par creusement de puit à proximité ou au niveau même du lit des cours d'eau lorsque ces derniers sont asséchés, induisant ainsi un abaissement du niveau de la nappe alluviale. De plus l'utilisation des engrais chimiques et des pesticides contribue à la pollution de l'eau, en induisant dans le cours d'eau une pollution diffuse par les eaux de ruissellement.

1.1.2-Le site d'étude

Une zone de 300 m a été considérée dans cette étude. Elle se situe dans la moyenne Tafna à 20 km en aval du barrage de Hammam Boughrara, au pont de la route N° 35 de Maghnia à Tlemcen, à 184 m d'altitude, une latitude de 34°87'23''N et une longitude de 1°35'69''W (fig.1). Cette zone est caractérisée par un lit mineur large de 7m en moyenne, un fond constitué essentiellement d'éléments grossiers (blocs, cailloux, galets, graviers) au centre du cours d'eau, alors que dans les zones rivulaires ou à écoulement ralenti s'installent des substrats fins et instables formés de sables et de limons, une couverture végétale du lit relativement importante au printemps, composée principalement de *Chara* sp dans les mouilles et d'algues filamenteuses dans les rapides. Le lit de l'oued est bordé par une végétation clairsemée constituée de plantes herbacées et d'arbustes. L'absence d'arbres sur les rives expose entièrement le cours d'eau au soleil d'où un fort échauffement des eaux en été. La profondeur de l'eau varie en fonction des périodes hydrologiques, elle atteint un maximum de 1 m.



3 stations ont été choisies le long de cette partie du cours d'eau :

La station A : elle se situe à l'amont du site. Il s'agit du début d'une mouille

La station B : elle se situe à 100 m de la précédente. Il s'agit de la fin d'une mouille

La station C : elle se localise plus bas à 100m en aval du site. Il s'agit d'un rapide

1.1.3- Le profil amont-aval de la moyenne et basse Tafna

Pour l'étude du profil benthique et hyporhéique dans la moyenne et basse Tafna, trois stations ont été prospectées sur une section de l'oued de 50km de long, à l'aval du barrage de Hammam Boughrara. Dans toutes ces stations, les habitats lotiques constituent la majeure partie de l'écosystème. Les habitats limniques sont limités aux rives.

La station T6 : c'est la plus fortement polluée. Elle est située immédiatement à l'aval de la retenue, au pont de la route N° 35 de Maghnia à Tlemcen, à 220 m d'altitude, 34°55'41''N de latitude et une longitude de 1°37'59''W. Le lit à cette station présente une largeur moyenne de 3 m, une profondeur de 0,10 à 0,50 m, un substrat constitué d'éléments grossiers au centre du lit dominés par les galets et les graviers, recouvert d'une couche de vase réductrice et d'argile sur les rives. Le couvert végétal des rives y est très clair avec quelques espèces d'arbustes, alors que la végétation aquatique est limitée aux algues filamenteuses qui se développent au printemps. L'eau est généralement trouble avec une couleur grisâtre.

La station T7 : Cette station est située à 30 km en aval du Barrage d'Hammam Boughrara, au pont de la route N°35 reliant Maghnia à Tlemcen, à 110 m d'altitude, 35°2'56''N de latitude et 1°26'31''W de longitude. Elle présente une largeur moyenne de 4.5m, une profondeur de 0.3 m et une eau trouble, boueuse en hiver et verte durant les autres saisons. Le fond est sableux et caillouteux au niveau des rives, par contre il est formé de galets et de blocs au centre du lit. La couverture végétale est absente. Les rives sont bordées par quelques espèces d'arbustes.

La station T8 : Cette station se localise à proximité du village Pierre du Chat, 1 km en amont de la confluence Tafna-Ed Diab et 6 km en aval de la confluence Tafna-Isser, au pont de la route N° 22 qui relie Tlemcen à Oran, à 80 m d'altitude, 35°12'03''N de latitude et 1°28'29''W de longitude. Elle présente un fond particulièrement caillouteux, recouvert par



des galets et des blocs, une largeur importante avec un maximum durant les hautes eaux (20m en moyenne) et une profondeur de 0.10 à 0.50 m. La couverture du fond est nulle par contre les rives sont bordées par une végétation qui reste toutefois très clairsemée et qui se limite à quelques espèces arbustives tel que le laurier rose (*Nerium oleander*)

1.1.4- Les Puits de la moyenne Tafna

Pour la récolte de la faune stygobie, les puits représentent le moyen le plus simple (Boutin 1984). Nous avons donc prospecté 11 puits creusés dans la vallée de la moyenne Tafna dans un secteur long de 40 km à partir du village Tafna (Fig.3). Il s'agit d'une nappe libre qui circule dans les marnocalcaires du quaternaire des plaines.

Puits Pu1 : Ce puits se situe à 2 km du croisement Zenata- Maghnia, à 180 m d'altitude, 35°01'21'' de latitude et 1°30'41'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 11m et contient une colonne d'eau de 3 m. C'est un puits non protégé dont l'eau est utilisée pour l'irrigation.

Puits Pu2 : Ce puits est localisé à quelques mètres à l'ouest du puit Pu1, à 180 m d'altitude, 35°01'14'' de latitude et 1°30'41'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 14m et contient une colonne d'eau de 4 m. L'eau de ce puits est utilisée pour l'irrigation.

Puits Pu3 : Ce puits se situe à proximité du Puits 2, à 179 m d'altitude, 35°1'28'' de latitude et 1°30'55'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 9m et contient une colonne d'eau de 2 m. L'eau de ce puits est utilisée pour l'irrigation.

Puits Pu4 : Ce puits est localisé à 1 km après le puits 3, à 180 m d'altitude, 35°01'08'' de latitude et 1°31'50'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 15m et contient une colonne d'eau de 9 m.

Puits Pu5 : Ce puits est situé à environ 1 km à l'aval du Puits Pu6, à 192 m d'altitude, 34°59'55'' de latitude et 1°34'55'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 15 m et contient une colonne d'eau de 2 m. Ce puits est utilisé par un atelier de parpaings



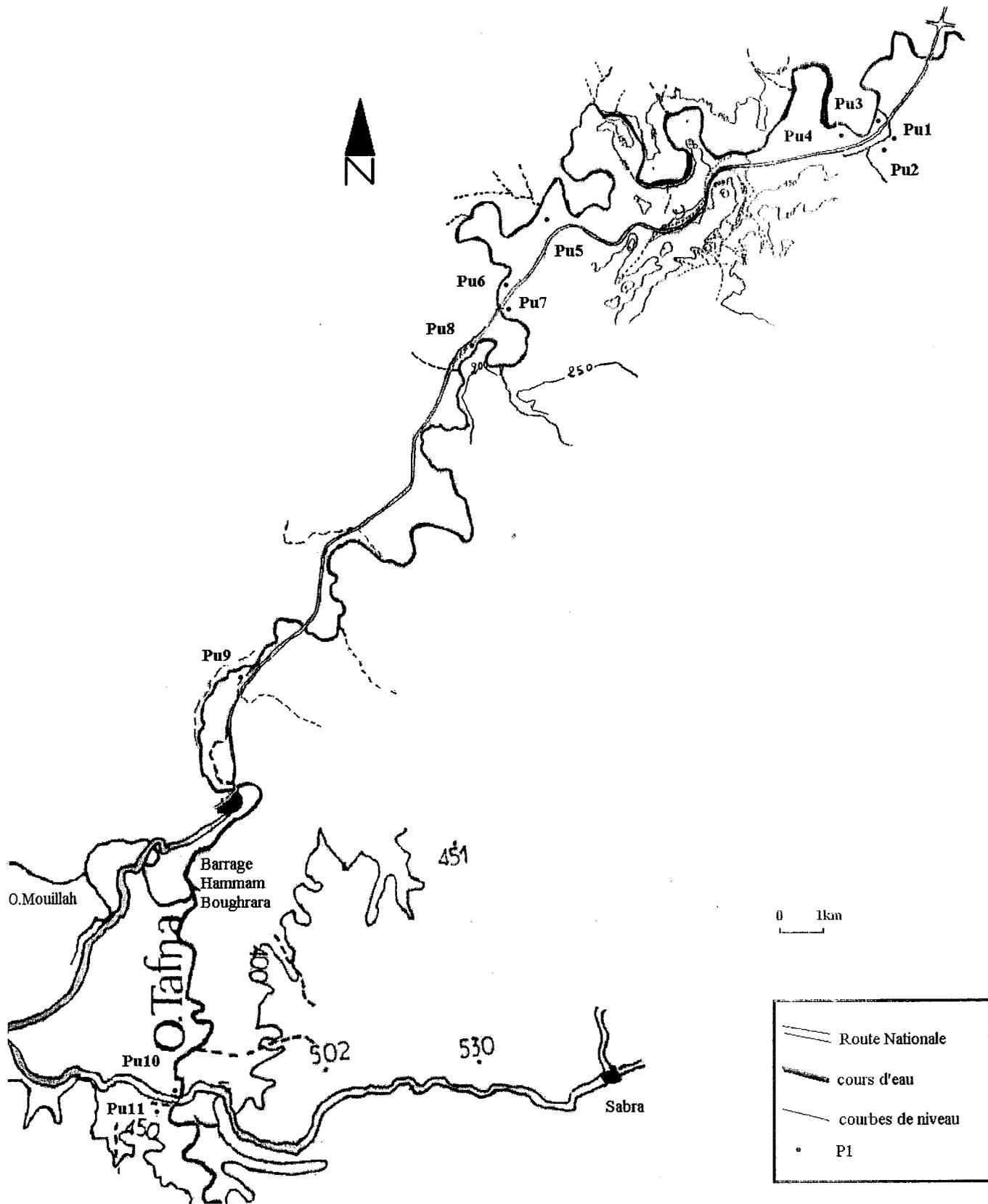


Fig.3 Carte de situation des puits



Puits Pu6 : Ce puits se situe à 20 km environ à l'aval du barrage de Hammam Boughrara, et à quelques mètres du site d'étude, à 189 m d'altitude, 34°58'59'' de latitude et 1°35'21'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 6m et contient une colonne d'eau de 1.5 m. L'eau de ce puit est utilisée pour l'irrigation, mais d'une manière très rare.

Puits Pu7 : Ce puits est localisé à 20 km en aval du barrage de Hammam Boughrara, au pont de la route N°35 qui relie Maghnia à Tlemcen, à 192 m d'altitude, 34°58'50'' de latitude et 1°35'21'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 7 m et contient une colonne d'eau de 3 m. Ce puits est utilisé par un atelier de parpaing où l'eau est pompée chaque matin et est stockée dans un réservoir.

Puits Pu8 : Ce puits est localisé à 18 km à l'aval du village de Hammam Boughrara, à 194 m d'altitude, 34°58'17'' de latitude et 1°35'45' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 9m et contient une colonne d'eau de 2,5 m. Ce puits est utilisé pour l'irrigation.

Puits Pu9 : Ce puits se situe à environ 1 km à l'aval du village de Hammam Boughrara, à 238 m d'altitude, 34°54'50'' de latitude et 1°38'57'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 11m et contient une colonne d'eau de 3 m. Ce puits est utilisé pour l'irrigation

Puits Pu10 : Ce puits est situé à proximité du village Tafna, au pont de la route N°7 qui relie Maghnia à Tlemcen, à 300 m d'altitude, 34° 49' 25'' de latitude et 1°39'20'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur de 8 m, contient 3m d'eau en moyenne. Ce puits est utilisé par un atelier de parpaing.

Puits Pu11 : Ce puits est située à proximité du village Tafna, à quelques mètres au Sud du puits Pu10, à 310 m d'altitude, 34°49'18'' de latitude et 1°39'12'' de longitude. La surface de l'eau est à une profondeur moyenne de 4m et contient une colonne d'eau de 3 m. Ce puits est utilisé pour l'irrigation.



1.1.5- Aperçu de la qualité des eaux de la moyenne Tafna

Le chimisme de l'oued Tafna est caractéristique des cours d'eau nord africains, avec une forte minéralisation de l'eau et de fortes amplitudes thermiques notamment sur les parties avales des oueds. Un gradient de salinité amont-aval a été mis en évidence dans le réseau hydrographique dont le paramètre chlorures est prépondérant (Belaidi 1992). Dans la moyenne Tafna, son taux moyen atteint 1200 mg/l pendant l'étiage en T6. La présence de l'ammoniaque, des nitrites, et des fortes valeurs de la DBO₅ sont indicatrices d'une pollution organique importante. En effet l'impact des rejets organiques urbains et industriels de la ville de Maghnia se traduit dans l'oued Tafna par un enrichissement des eaux en matière organique (la DBO atteint des valeurs moyennes de 46 mg/l, 39 mg/l et 14 mg/l en T6, T7 et T8 respectivement) et en NH₄-N (la valeur moyenne atteint 7.4 mg/l pendant l'hiver en T6). Quant à l'oxygénation de l'eau, elle est assurée surtout par la végétation aquatique. Une sursaturation est observée au printemps et en été. D'autre part, le pH basique dans l'ensemble du réseau, devient acide sous l'influence des effluents industriels (Taleb et *al.* sous presse).

1.2- Prélèvements faunistiques

1.2.1- Faune hyporhéique

Dans le site étudié : la faune hyporhéique a été prélevée dans une série de six piézomètres placés dans chacune des deux rives : la rive gauche et la rive droite, des stations A (amont du site), B (intermédiaire) et C (aval du site). Un piézomètre (L) a été également installé au milieu du lit du cours d'eau au niveau de la station B pour l'étude du transect transversal.

La période d'échantillonnage, au niveau du site, va d'avril 1999 jusqu'à avril 2001. Elle recouvre des périodes hydrologiques très différentes. Trois séries de prélèvements ont eu lieu avant le début des lâchers d'eau du barrage (une série pendant les hautes eaux, deux séries durant l'étiage) et huit séries de prélèvements durant et après les lâchers d'eau du réservoir. Notons que les premiers lâchers, depuis la mise en eau de la retenue, ont eu lieu durant le mois d'Août 1999.



Le long du cours amont aval : Deux séries de prélèvements ont été réalisées dans les stations T6, T7 et T8 au cours de l'année 2001, après l'installation du barrage, dans 1 seul piézomètre

Les échantillons hyporhéiques ont été prélevés à une profondeur de 50 cm dans le sédiment (jusqu'à 1.50 m en étiage lorsque le cours d'eau est asséché). A chaque prélèvement, un volume de 50 litres d'eau (Gibert et al, 1981) mélangée au sédiment a été pompé en utilisant la technique de pompage Bou-Rouch (Bou et Rouch 1967, Bou 1974). Ce mélange est élué par brassage successifs et le surnageant qui contient la majeure partie des animaux et des débris est filtré sur un tamis de 150 µm de vide de maille.

1.2.2- Faune superficielle du cours d'eau

-Les prélèvements de la faune benthique, au niveau du site étudié, ont été conduits de mars 2000 à avril 2001 à raison de 8 séries de prélèvements.

-Pour le profil amont aval, deux séries de prélèvements ont été réalisées au cours de l'année 2001.

Les échantillons benthiques ont été prélevés à trois mésohabitats différents définis par deux paramètres physiques du milieu (le substrat et la vitesse du courant) en utilisant un filet de type Surber de 1/10^{ième} de mètre carré avec un vide de maille de 300 µm.

1.2.3- Faune des puits

La récolte de la faune des puits a été réalisée lors de 6 séries d'échantillonnages, de Mai 2000 à Juin 2001 à l'aide du filet phréatobiologique, type Cvetcov (Bou, 1974) de 20 cm de diamètre à l'ouverture, composé d'un cône filtrant avec un vide de maille de 150 µm, à raison de 20 coups de filet par prélèvement. Nous avons complété notre récolte par l'installation d'un piège appâté, de type nasse mis au point par Boutin et Boulanouar (1983) pendant 8 et 24 heures, dans lequel nous avons introduit un appât de viande.



1.3-Traitement des échantillons

Les échantillons obtenus dans chacun des trois milieux, ont été formolés à 5% et ont été transportés au laboratoire où les organismes sont triés sous binoculaire dans leur totalité, et ce pour l'ensemble des prélèvements. Les déterminations sont poussées au plus loin possible grâce aux clés de déterminations utilisées (Tachet et *al.* 1980, 2002) et les différents groupes faunistiques obtenus sont identifiés jusqu'au niveau de l'espèce avec l'aide des systématiciens, chaque fois que cela a été possible : Oligochètes (N. Giani), Isopodes (C. Boutin et M.Messouli), Ephéméroptères (A. Thomas), Ostracodes (P. Marmonier) Copépodes et Cladocères (F.Azemar).

1.4- Traitement des données

1.4.1- Indices de structure

les résultats faunistiques ont été analysés par les indices de structures largement utilisés dans le diagnostic ou le suivi de la qualité biologique d'un milieu tel que l'abondance relative, la richesse taxonomique et la diversité (par le H' de Shannon ').

1.4.2- Anova 1

L'analyse de la variance à un critère a été employée pour comparer les densités, la richesse taxonomique et la diversité des trois stations pendant les différentes périodes hydrologiques, pour mettre en évidence l'impact de la gestion du barrage sur la faune hyporhéique.

Afin d'obtenir une distribution normale des données, nous avons exprimé les valeurs logarithmiquement.

1.4.3- AFC

L'étude faunistique dans le site a été complétée par une analyse synthétique spatio-temporelle de la communauté hyporhéique et benthique. Cette analyse fait appel au logiciel ADE 4 de



Chessel et de Doledec (1991). Les résultats préliminaires ont été analysés au moyen d'une AFC (l'analyse factorielle des correspondances). Celle-ci a été effectuée à partir d'un tableau comprenant 66 lignes (dates et stations) et 28 colonnes représentant les variables d'espèces. Les abondances des espèces ont été transformées en log 10 afin d'atténuer le poids des espèces très abondantes et de mieux prendre en compte les espèces moins bien représentées. L'évolution saisonnière de la communauté a été déterminée en utilisant une analyse discriminante inter-classe (Between group Analysis), pour comparer le rang d'abondance parmi les différentes périodes hydrologiques (hautes eaux, basses eaux, lâchers et après lâchers d'eau du réservoir) à chaque station du site étudié. L'évolution spatiale a été recherchée en utilisant une analyse discriminante inter-classe (Between group Analysis) où la matrice est traitée en tenant compte uniquement des 3 stations A B et C.



Chapitre II : FAUNISTIQUE

L'examen de la liste faunistique montre la présence de 7 groupes zoologiques dans la zone étudiée. Il s'agit des Oligochètes, des Crustacés et des Insectes. Les autres groupes, moins représentés, sont les Mollusques, les Nématodes, les Hydracariens et les Collemboles.

Pour chacun des taxons, les sites de récoltes sont indiqués par leur code. S signifie prélèvement benthique, H prélèvement hyporhéique. Une astérisque (*) indique que l'espèce est nouvelle pour l'Algérie.

2.1-Les Oligochètes

Sur les 7 taxons récoltés (9223 individus), 4 espèces ont été déterminées spécifiquement. Elles appartiennent aux genres *Tubifex*, *Limnodrilus*, *Nais* et *Paranais*. Alors que nous n'avons pas pu identifier à l'espèce les individus de *Trichodrilus*, *Haplotaxis* et *Enchytraeus*.

***Tubifex tubifex* (Muller, 1774) A B C L S T6S T6H T7S**

Cette espèce est présente dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel, au niveau de toutes les stations de la moyenne Tafna. Le maximum d'abondance est atteint en T6. De plus elle se rencontre à 1085m d'altitude dans les deux milieux (Gagneur *et al.* 1986, Gagneur & Yadi 2000). Cette espèce avait déjà été signalée en Algérie, au Maroc et en Tunisie (Gauthier 1928, Boumaiza 1986).

***Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862 A B C L S T6H T7H**

Cette espèce est présente dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel. Le maximum d'abondance est atteint dans l'hyporhéique du chenal du site étudié L. Elle colonise aussi les stations de la haute Tafna, jusqu'à une altitude de 1045m (Gagneur *et al.* 1986, Gagneur & Yadi 2000), mais reste absente au dessous de 100m. Cette espèce est connue du Maroc et de la Tunisie (Boumaiza *et al.* 1986).



***Paranais birsteini* Sokolskaya 1971 A B C L S T6S T6H T7S T7H T8S T8H**

Cette espèce a été prélevée dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel, au niveau de toutes les stations de la moyenne et basse Tafna. Le maximum d'abondance a été enregistré dans le milieu superficiel et plus particulièrement dans la station T8. Cette espèce a été récoltée aussi dans des stations de plus haute altitude (500m) et dans les cours d'eau saumâtres (Gagneur *et al.* 1986). Elle est présente dans toute l'Afrique du Nord (Boumaiza *et al.* 1986)

***Nais elinguis* Muller 1773 S T6S T6H T7S T7H T8S T8H**

Cette espèce a été récoltée surtout dans le milieu superficiel de toutes les stations. Son abondance maximale est observée au niveau de la station T6, elle se localise entre 45m et 665m d'altitude (Gagneur *et al.* 1986) et dans les sources (Gagneur & Yadi 2000). C'est une espèce d'eau fortement minéralisée qui a été déjà signalée en Algérie (Gauthier 1928 & Maupas cité par Seurat 1930), au Maroc et en Tunisie (Boumaiza *et al.* 1986).

***Trichodrilus* sp. A B C L S**

Ce genre est présent surtout dans le milieu hyporhéique du site. Son maximum d'abondance se localise au niveau des stations A et B. L'espèce *T. allobrogum* Claparède, 1862 a été prélevée dans les petits ruisseaux permanents ainsi que dans le milieu hyporhéique de la haute Tafna (Gagneur *et al.* 1986).

***Haplotaxis* sp. C L S**

Ce genre est numériquement très faiblement représenté, nous n'avons pu le déterminer, mais l'espèce *Haplotaxis gordioides* (Hartmann, 1821) a été déjà récoltée dans le bassin versant de la Tafna entre 470 et 535 m d'altitude (Gagneur *et al.* 1986).

***Enchytraeus* sp. A B C S T7S T7H**

Ce genre se rencontre dans le milieu hyporhéique avec un maximum d'abondance dans la station C, alors que dans le milieu superficiel il présente un effectif très faible. Ce genre a été



récolté par Gagneur *et al.* (1986), Gagneur & Yadi (2000) dans la Tafna et ses affluents et n'a pu être déterminé spécifiquement.

2.2-Les Ostracodes

5 espèces d'ostracodes appartenant à 4 genres ont été recensées dans la zone étudiée.

***Heterocypris incongruens* (Ramdohr 1808) A B C L S T7S**

Cette espèce a été récoltée non seulement dans le milieu hyporhéique, mais aussi dans le milieu superficiel. Son abondance maximale est enregistrée dans le sédiment du lit du cours d'eau L. Elle a déjà été rencontrée dans la Tafna, au dessus de 900m d'altitude (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991)

Dans la péninsule ibérique, elle se rencontre dans des eaux assez polluées et cohabite avec *H. salina*. Toutes deux très tolérantes à la pollution organique (Mezquita *et al.* 1999a). Elle est caractéristique des eaux minéralisées bicarbonatées riches en sulfates ou (et) en chlorures (Mezquita *et al.* 1999c). De plus elle colonise les côtes de la Mer Noire en Turquie (Kilic 2001). *Heterocypris incongruens* est une espèce cosmopolite, circum-méditerranéenne, commune en Europe et en Afrique du Nord (Meisch, 2000).

****Heterocypris salina* (Brady 1862) A B C L S**

Elle est présente dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel et elle abonde dans la station A. Première citation de la Tafna.

Cette espèce paléarctique, préfère les petit cours d'eau et les eaux légèrement salées. Elle se rencontre dans la Péninsule Ibérique dans des eaux assez polluées (Mezquita *et al.* 1999b). *Heterocypris fretensis* est considérée par Baltanas *et al.* (1996) comme un synonyme de *Heterocypris salina* et les deux morphotypes cohabitent. Elle est caractéristique des eaux minéralisées bicarbonatées riches en sulfates et en chlorures avec une température élevée (Mezquita *et al.* 1999c). Elle colonise les côtes de la Mer Noire en Turquie (Kilic 2001) et sa présence en Amérique du Nord peut suggérer, selon Kulkoyluoglu (2000), un rapport historique possible avec la faune Européenne. Cette espèce peut être considérée comme un



bon indicateur de la composition ionique des eaux qui reflètent la géologie locale (Mezquita *et al.* 2001).

***Ilyocypris bradyi* Sars 1890 A B C L S**

Cette espèce est présente dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel et elle abonde dans la station C.

Le genre *Ilyocypris* a été déjà signalé en Algérie (Gauthier 1938) et dans le réseau hydrographique de la Tafna au niveau du milieu hyporhéique (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991). *I. bradyi*, espèce holarctique, se rencontre en Europe, en Afrique du Nord, en Asie du Centre, en Chine et en Amérique du Nord (Meisch, 2000). En France, cette espèce a été récoltée dans le milieu interstitiel (Marmonier & Creuzé des Chateliers 1991). Elle vit dans des substrats aussi bien boueux que sableux.

Elle a été citée aussi des petits cours d'eau salés d'Allemagne, de la Pologne et de la Belgique (Klie 1938). Dans la Péninsule Ibérique, *I. bradyi* se rencontre dans les eaux de bonne qualité bicarbonatées, peu minéralisées, à température fraîche, mais riches en macrophytes (Mezquita *et al.* 1999c).

***Herpetocypris brevicaudata* (Kaufmann 1900) A B C L S T6S**

Cette espèce est prélevée dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel, mais elle abonde dans la zone benthique (S).

Elle a déjà été citée en Algérie au niveau de l'amont de la Tafna (> 900m d'altitude) dans les deux milieux par Gagneur et Chaoui-Boudghane (1991).

C'est une espèce qui est rencontrée dans la partie occidentale de la Méditerranée, dans toute l'Europe et en Afrique du Nord (Algérie). Elle se rencontre dans différentes zones climatiques, dans des rivières permanentes, dans les lacs et dans les étangs, ainsi que dans certaines rivières temporaires Nord africaines (Gonzalez Mozo *et al.* 1996)

Elle a été citée d'Espagne dans les Pyrénées et plus particulièrement dans la partie caractérisée par un climat continental avec une forte influence méditerranéenne (Roca & Baltanas, 1993). Dans la Péninsule Ibérique, elle se rencontre dans les eaux de bonne qualité, mais riches en macrophytes où elle cohabite avec *I. bradyi* (Mezquita *et al.* 1999a). Cette espèce thermophile est caractéristique des eaux bicarbonatées, bien oxygénées et chaudes



(Mezquita *et al.* 1999c). C'est un ostracode commun de cette région et peut être considéré selon Mezquita *et al.* (2001) comme indicateur des eaux propres.

***Pseudocandona pratensis* (Hartwig, 1901): A C T6S**

Cette espèce a été capturée dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel, plus particulièrement dans les stations C et T6S. Le genre *Pseudocandona* a été récolté par Gagneur et Chaoui-Boudghane (1991) dans les Monts de Tlemcen au niveau du milieu hyporhéique.

Dans la Péninsule Ibérique, cette espèce est caractéristique des eaux chaudes bicarbonatées, minéralisées, riches en sulfates et (ou) en chlorures (Mezquita *et al.* 1999c).

2.3-Les Isopodes

Trois genres d'Isopodes, appartenant à trois familles (Microparasellidae, Cirolanidae et Asellidae), ont été récoltés dans la zone d'étude. Ils n'ont pas pu être identifiés spécifiquement par manque d'adultes dans les prélèvements. Ce sont des formes stygobies, dépigmentées et anophtalmes.

***Microcharon* sp. A B C T7H**

Cet Isopode très fragile a été récolté uniquement dans le milieu hyporhéique. Son absence dans les prélèvements des puits ne peut être liée qu'à la méthode de récolte. En effet toutes les espèces de ce genre sont des formes phréatobies assez strictement liées au milieu interstitiel et qui ne se déplacent qu'entre les grains de sable. La suppression des grains de sable environnants entraîne selon Coineau (1971) la mort de l'organisme.

Ce genre a été récolté dans le milieu hyporhéique de la haute Tafna (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991). Il a été récolté aussi dans le milieu hyporhéique et dans les puits en Arizona (Boulton *et al.* 1992).

Ce groupe est très diversifié dans le bassin méditerranéen et compte environ 70 espèces. De plus, les espèces dulcicoles stygobies dérivent d'ancêtres marins de surface qui auraient colonisé les eaux souterraines continentales lors des régressions marines du Turonien ou du Sénonien (Coineau 1994). Ce qui explique leur remarquable euryhalinité (Notenboom 1991).



Six espèces du groupe *messoulii* sont localisées dans le sud d'Espagne, au Maroc et dans le sud de la Kabylie en Algérie (Coineau 1994)

Concernant les espèces d'Algérie, *Microcharon zibani* Pesce & Tete, 1978 et *M. karamani* Pesce & Tete, 1978 ont été récoltées dans les puits de Biskra et Dirah respectivement.

Au Maroc, les Isopodes du genre *Microcharon* sont diversifiés. Citons *M. boutini* dans le Haut Atlas de Marrakech (Boulanouar *et al.* 1995), *M. ourikensis* dans les eaux souterraines de la vallée d'Ourika (Yacoubi-Khebiza *et al.* 1997), *M. alamaie* localisée dans les sources froides (Berrady *et al.* 2000).

***Typhlocirolana* sp. : A B I T7H P3 Pu6 Pu7 Pu8**

Ce grand crustacé stygobie a été récolté dans le milieu hyporhéique et dans les puits de la moyenne Tafna. Il a été récolté aussi dans le milieu hyporhéique de la haute Tafna (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991)

Il s'agit vraisemblablement d'un représentant d'une espèce nouvelle pour la science dont l'étude serait intéressante (Boutin *in litteris*) en raison de la multiplicité des espèces de ce genre présentes au Maghreb occidental (Maroc et Algérie) et du caractère strictement endémique de la plupart de ces espèces dont certaines, comme cela a été observé au Maroc, sont limitées aux eaux souterraines d'une seule vallée

En Algérie, ils abondent du nord au sud (Notenboom, comm. pers. In Boutin 1984). Trois espèces de *Typhlocirolana* ont été récoltées. Il s'agit de *T. fontis*, *T. buxtoni* et *T. gurneyi* (Gurney 1908, Boutin *et al.* 2002).

Au Maroc, ces Isopodes sont largement répandus (Boutin 1984, Boutin & Boulanouar 1984). Plusieurs espèces de *Typhlocirolana* ont été rencontrées dans des centaines de localités (Botosaneanu *et al.* 1985, Boutin & Idbennacer 1989, Boutin & Coineau 2000). L'espèce *T. haouzensis*, décrite du Maroc par Boutin *et al.* (2002), présente une plus grande affinité avec *T. fontis* qu'avec les autres espèces d'Algérie.

Notons que la famille des Cirolanidae constitue un groupe d'Isopodes stygobies très diversifié : 68 espèces appartenant à 19 genres étaient recensées (Botosaneanu 2001).



***Proasellus* sp. Puit Pu1 Pu3 Pu8**

Ce genre a été rencontré uniquement au niveau des puits de la zone d'étude. Il pourrait s'agir d'une espèce nouvelle pour l'Algérie. Car parmi les six espèces recensées, appartenant au genre *Proasellus*, deux seulement sont dépigmentées et anophtalmes. L'espèce *Proasellus notenboomi*, a été récoltée dans la rivière souterraine de la Tafna et décrite par Henry et Magniez (1981). Les Asellidae d'Afrique du Nord sont limités au seul genre périméditerranéen *Proasellus*, mais celui-ci est aussi largement répandu en Europe occidentale (Henry & Magniez 1989, Boulanouar *et al.* 1991). Le Maghreb constitue, pour ces Isopodes, seulement un secteur d'expansion secondaire provoquée par la période pluviale du quaternaire, dont les représentants sont étroitement liés à ceux de la Péninsule Ibérique (Magniez 1997).

2.4-Syncarides B

C'est le groupe le moins représenté dans nos prélèvements. La description spécifique a été impossible par manque d'adultes mâles (qui sont indispensables pour observer des caractères spécifiques) dans les prélèvements. C'est d'ailleurs à cause de cette espèce inconnue de Tlemcen que Boutin (comm. pers.) avait nommé l'espèce présente au Maroc *Iberobathynella maghrebensis* pour ne pas faire uniquement référence au Maroc. Notons qu'un représentant indéterminé de Parabathynellidae a été récolté dans le milieu hyporhéique de la haute Tafna (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991).

2.5-Amphipodes

Ce groupe est représenté par deux taxons stygobies dépigmentés et anophtalmes, appartenant à deux familles : Salentinellidae et Gammaridae.

*** *Salentinella angelieri* Ruffo & Delamare-Deboutteville, 1952 : Puit 6**

Cette espèce n'a été rencontrée que dans les eaux souterraines de la zone d'étude.

Les Salentinellidae vivent tous dans les eaux souterraines douces ou faiblement saumâtres. Leur distribution semble liée à la région ouest méditerranéenne (Péninsule balkanique, Italie,



France méridionale, Espagne méridionale, Maroc (Notenboom 1991). L'espèce *S. angelieri* est à vaste répartition le long des côtes méditerranéennes. Elle se localise dans les grottes, les puits et les eaux du sous-écoulement en Grèce, Yougoslavie, Italie centrale, Corse, Sardaigne, Espagne méridionale et Maroc. La distribution de cette espèce coïncide avec celle du genre (Notenboom 1990) et elle peut vivre dans les eaux légèrement saumâtres (Notenboom 1991). Au Maroc, c'est la seule espèce recensée. Pour l'Algérie, c'est la première citation.

***Echinogammarus* Stebbing, 1899: B T8H Pu1 Pu5 Pu6 Pu8**

Ces Gammaridae anophtalme et dépigmenté ont été récoltés au niveau du milieu interstitiel (hyporhéique et souterrain). Leur détermination spécifique était impossible par manque d'individus adultes matures dans nos récoltes.

Ce genre circum-méditerranéen est connu d'Afrique du Nord (Algérie, Tunisie), d'Italie et de la Péninsule Ibérique (Karaman & Tibaldi 1973, Lop 1989).

Seule l'espèce *E. valedictus*, occulée, est connue de deux rivières dans les monts du Djurdjura (Nord Est de l'Algérie) (Pinkster & Platvoet 1990)

2.6-Cladocères

Ces petits crustacés très fréquents dans tous les types d'eau sont généralement absents dans les eaux courantes rapides. Sur les 3 espèces récoltées dans la zone étudiée, deux appartiennent à la famille des Daphniidae et la troisième à celle des Chydoridae. Ce sont des espèces caractéristiques du milieu superficiel présentant une large distribution géographique. En ce qui concerne les Daphniidae, seulement une partie des individus récoltés a été déterminée, le reste est en cours.

***Alona rectangula* Sars, 1862: A B C L S**

Cette espèce a été récoltée dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel. Mais son abondance est importante dans le sous écoulement de la Tafna au site d'étude.

Cette espèce commune, d'eau modérément chaude vit dans des biotopes divers aux eaux chargées en détritiques organiques. Elle se rencontre dans les zones littorales des lacs, étang,



marais et eaux temporaires (Amoros 1984). Elle a déjà été récoltée dans les lacs du Nord Est de l'Algérie, riches en végétation ainsi que dans les rivières endiguées (Samraoui *et al.* 1998).

***Ceriodaphnia reticulata* (Jurine, 1820): L S**

Cette espèce a été capturée dans les deux milieux, superficiel et hyporhéique, mais plus particulièrement dans le milieu superficiel. Sa récolte dans le milieu hyporhéique de la zone étudiée, serait liée à leur état: individus avec des œufs de durée ou individus abîmés.

Elle réside dans les eaux eutrophes, riches en macrophytes, parfois dans les ceintures de végétation de lacs et de retenue de barrage. C'est une espèce d'eau modérément chaude et elle est assez commune (Amoros 1984).

***Simocephalus exspinosus* (Koch, 1841): A B C L S**

Cette espèce a été récoltée dans les deux milieux: superficiel et hyporhéique, avec un maximum d'abondance dans le milieu superficiel. Sa présence dans le milieu hyporhéique serait, ici aussi, liée à leur état: individus avec des œufs de durée ou individus blessés.

C'est une espèce des biotopes de petites dimensions, riches en macrophytes, très rare dans les eaux courantes. Espèce commune (Amoros 1984), elle a déjà été citée par Samraoui *et al.* (1998) dans les lacs Nord Est d'Algérie riches en végétation.

2.7-Copépodes

Les Harpacticoides ont été récoltés en densité faible et uniquement dans le milieu hyporhéique, alors que les Cyclopoides dominent numériquement. Ces derniers sont représentés surtout par l'espèce *Acanthocyclops viridis viridis*. Les déterminations spécifiques des Harpacticoides et des autres Cyclopoides sont en cours.

***Acanthocyclops viridis viridis* (Jurine, 1820): A B C L S T6S T7S T7H T8S T8H**

Cette espèce est prélevée avec une abondance numérique importante dans les deux milieux, hyporhéique et superficiel. Dans le milieu hyporhéique, il s'agit de vieux spécimens qui seraient entraînés en profondeur par le courant.



C'est une espèce eurycène, cosmopolite, d'origine lacustre. Elle a un développement préférentiel dans les eaux temporaires dû, non pas à des exigences écologiques étroites, mais à une concurrence moins sévère, du fait de l'élimination des espèces lacustres pélagiques (Champeau 1971). Elle a déjà été récoltée en Afrique du Nord : en Algérie, dans les chotts de Ouargla (Kieffer 1952) et dans les lacs du Nord Est de l'Algérie (Samraoui *et al.* 1998), au Maroc à une altitude de 1800m (François 1949, Lindberg 1952) et en Tunisie (Rose & Vaissière 1952). En Europe, elle a été rencontrée dans les eaux temporaires et dans les puits (Champeau 1971, Dalmas 1973).

2.8-Les Insectes

Les insectes sont représentés par 19 familles dont deux Ephéméroptères (Baetidae et Caenidae), trois Odonates (Aeschnidae, Calopterygidae et Gomphidae), une Trichoptères (Hydropsychidae), deux Hétéroptères (Corixidae et Gerridae), cinq Coléoptères (Elmidae, Dytiscidae, Helophoridae, Dryopidae et Hydrophilidae) et six Diptères (Chironomidae, Ceratopogonidae, Simuliidae, Thaumaleidae, Psychodidae et Stratiomyidae). Seuls les Ephéméroptères ont été déterminés spécifiquement.

Ephéméroptères

Cet ordre est représenté par trois espèces, très robustes et fort communes (Thomas, comm. pers.), recensées dans la moyenne Tafna et appartenant à trois genres et deux familles : les Baetidae et les Caenidae.

***Baetis pavidus* Grandi, 1949: S T6 T7 T8**

Cette espèce a été récoltée uniquement au niveau du milieu superficiel dans la moyenne Tafna. C'est une espèce eurycène qui a déjà été citée d'Algérie, à l'Est par Soldan et Thomas (1983), à l'Ouest (Gagneur & Thomas 1988, Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991, Gagneur & Yadi 2000) et au centre par Lounaci *et al.* (2000).

Cette espèce eurycène, est de loin la plus répandue sur le territoire Tunisien (Kraiem 1987, Boumaiza & Thomas 1995) et Marocain (Badri *et al.* 1987, El Agbani *et al.* 1992, Bouzidi & Giudicelli 1994).



De plus, c'est une espèce connue du sud de la France, d'Italie et de la Péninsule Ibérique. Donc sa distribution concerne tout le pourtour Ouest Méditerranéen.

***Cloeon cognatum* Stephens, 1835: S**

C. cognatum se rencontre au niveau du milieu superficiel de l'oued Tafna.

En Algérie, l'espèce *C. dipterum* a été récoltée par Gagneur et Thomas (1988) dans toutes les basses vallées du bassin de la Tafna et par Gagneur et Chaoui-Boudghane (1991) dans la haute Tafna. Cette espèce eurypote, est largement répandue dans le territoire Tunisien (Boumaiza & Thomas 1995).

***Caenis luctuosa* (Burmeister, 1839): A B C L S T6S T7S**

Cette espèce se rencontre aussi bien au niveau du milieu hyporhéique que du superficiel.

C. luctuosa, espèce paléarctique à très vaste aire de répartition est la plus eurypote, la plus tolérante vis-à-vis de la pollution et la plus robuste du groupe (Boumaiza & Thomas 1986). Elle colonise les eaux à très haute conductivité (Gagneur & Thomas 1988). Elle a déjà été citée d'Algérie (Gagneur & Chaoui-Boudghane 1991, Gagneur & Yadi 2000, Lounaci *et al.* 2000), du Maroc (Badri *et al.* 1987) et de la Tunisie (Boumaiza & Thomas 1986).



Chapitre III : COMPOSITION ET EVOLUTION DE LA FAUNE

3.1-Composition de la faune hyporhéique

La faune récoltée dans l'ensemble des trois stations du site étudié est relativement peu diversifiée puisqu'elle ne comporte que trente sept taxons dont quatre espèces stygobies appartenant aux groupes suivants: Isopodes, Amphipodes et Syncarides (fig 4). De plus, d'autres taxons appartenant aux Copépodes (Cyclopoïdes et Harpacticoides) sont susceptibles de renfermer des espèces stygobies qui n'ont pas encore été déterminées.

Les insectes constituent un groupe zoologique bien diversifié avec dix sept familles, suivi par les Crustacés qui comptent dix familles et enfin les Oligochètes qui ne sont représentés que par cinq familles.

Toutefois, numériquement, les insectes ne représentent qu'un faible pourcentage de la faune hyporhéique totale (4%). Ils sont caractérisés par la dominance des diptères en particulier les familles des Cératopogonidae (43%) et des Chironomidae (26%) et des Trichoptères présents par des stades juvéniles représentant 10% des insectes. Les Epheméroptères sont numériquement moins abondants et ne sont représentés que par la famille des Caenidae avec l'espèce *Caenis luctuosa* (3%). Les Hétéroptères sont dominés par la famille des Corixides (3%) et les Coléoptères, représentés par quatre familles, sont dominés par la famille des Hydrophilides. Les autres taxons sont rares ou présents de manière ponctuelle. Notons que parmi les insectes, 8 taxons n'ont été récoltés qu'une seule fois.

Les crustacés représentent le groupe dominant avec 75% de la faune totale. Les Cyclopoïdes (55%) et les Chydoridae (23%) sont numériquement les plus abondants. Les Ostracodes ne représentent que 13%, avec cinq espèces recensées dont deux sont dominantes : il s'agit d'*Heterocypris incongruens* et d'*Heterocypris salina*. Cependant le nombre d'espèces stygobies et leurs abondances sont très faibles. Deux seulement sont relativement bien représentées dans ce site *Microcharon* sp. et *Typhlocirolana* sp (Isopodes). Alors que les *Echinogammarus* (Amphipodes) et les Syncarides sont très rares

Les Oligochètes et les Nématodes sont relativement abondants et représentent respectivement 11% et 10% de la faune récoltée. Les espèces *Tubifex tubifex*, *Limnodrilus hoffmeisteri* et le genre *Trichodrilus* sont les plus dominants. En effet ils représentent respectivement 28%, 16% et 47% de l'ensemble des oligochètes.



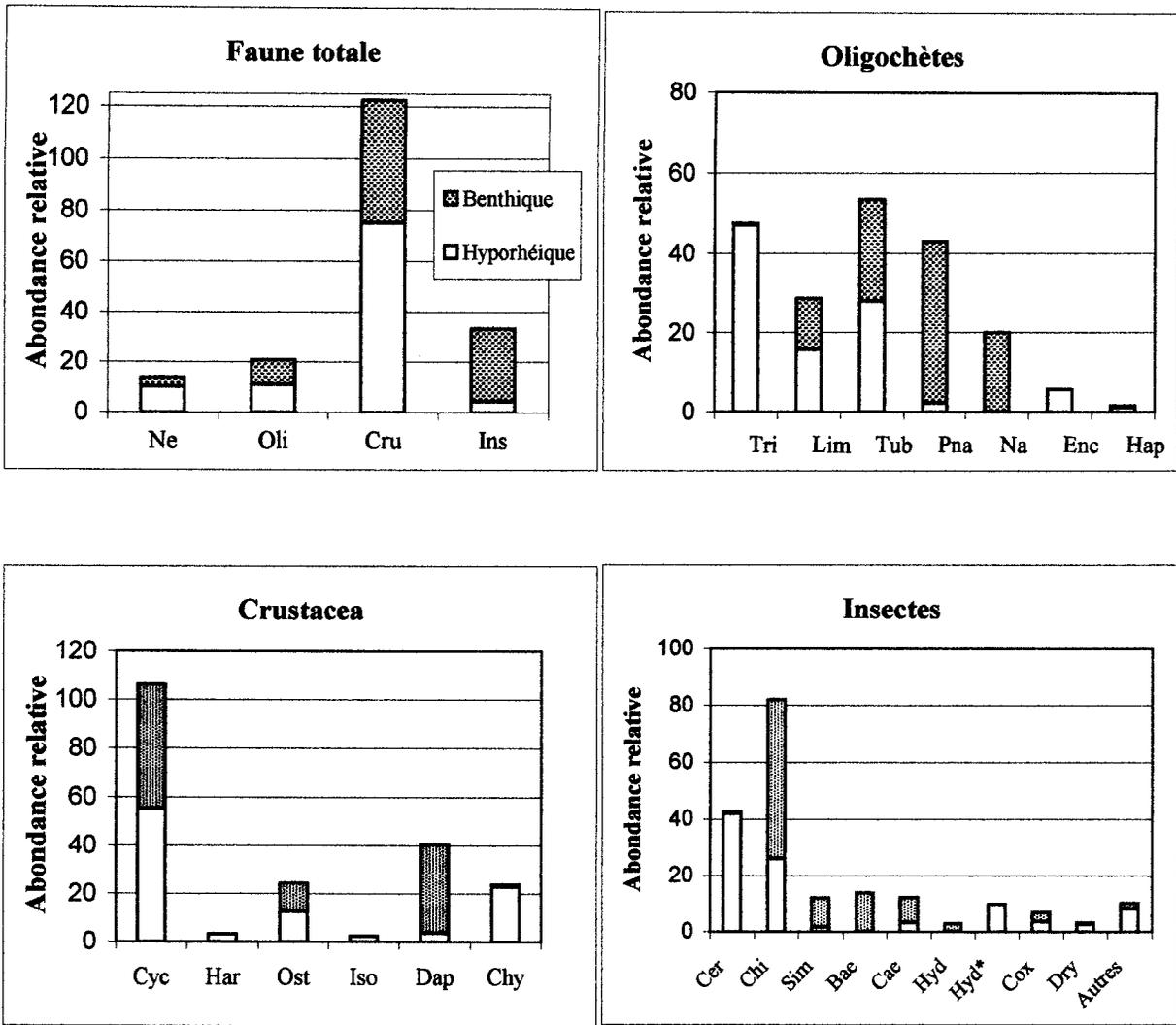


Fig.4 Composition de la faune hyporhéique et benthique dans le site étudié

3.2-Composition de la faune superficielle

Avec 5005 individus, les crustacés constituent le groupe le plus important de la faune superficielle (fig.4), mais il est relativement peu diversifié. Deux familles seulement, les Cyclopoidae et les Daphniidae en constituent la quasi-totalité (88%). Les Ostracodes représentent 12% des individus, mais deux espèces seulement, *Heterocypris incongruens* et *Heterocypris salina*, sont nettement plus abondantes, par rapport à *Ilyocypris bradyi* et *Herpetocypris brevicaudata* qui sont relativement moins représentées. Les Harpacticoidae et les Chydoridae ont été récoltés en densité négligeable. Nous supposons que les plus jeunes pourraient avoir passé au travers des mailles du filet Surber.

Avec dix sept familles, les insectes constituent le groupe le plus diversifié, mais le nombre d'individu reste relativement peu élevé (3074 individus qui représentent 30% de la faune benthique). Les diptères Chironomides sont largement dominants avec 56%, répartis entre trois sous-familles : Orthoclaadiinae; Chironominae et Tanypodinae contre 10% pour les Simulies, alors que les Cératopogonides ne représentent que moins de 1%. Parmi les Epheméroptères, trois espèces ont été recensées dans le milieu superficiel. Il s'agit de *Baetis pavidus*, *Cloeon cognatum* et *Caenis luctuosa* qui constituent ensemble 23% des insectes avec une abondance relativement équivalente pour les trois espèces. Les Trichoptères, représentés par les Hydropsychides et les Héteroptères par les Corixides comptent seulement 3%. Les autres groupes contribuent par des proportions faibles à la diversité du milieu. Il s'agit des Coléoptères et des Odonates.

Les Oligochètes qui constituent 11% de la faune superficielle, comprennent cinq taxons. La famille des Naididae, représentée par deux espèces, *Paranais birsteini* et *Nais elinguis* avec une dominance de *P. birsteini* qui représente 41% des oligochètes. Les Tubificides sont représentés par *Tubifex tubifex* et *Limnodrilus hoffmeisteri* avec une dominance de *T. tubifex* (25%)

Les Nématodes sont récoltés en nombre relativement plus faible puisque leur abondance relative dans nos récoltes reste inférieure à 4% de la faune totale.



3.3-Composition de la faune des puits

L'eau des puits constitue un écotone dans lequel coexistent des espèces d'eau superficielle et des espèces d'eau souterraine (Boutin 1984).

Vingt taxons ont été identifiés dans les puits prospectés de la moyenne Tafna (fig.5). Les crustacés et les insectes représentent les groupes les plus abondants avec respectivement 54% et 45% de la faune récoltée. Les autres sont relativement moins abondants comme les collemboles (insectes terrestres), les gastéropodes et les oligochètes. Ces derniers sont numériquement insignifiants et sont représentés par la seule famille des Lumbriculidae.

Le peuplement des crustacés compte six taxons, dont quatre stygobies. Ils appartiennent aux groupes suivants :

-Les Copépodes, qui constituent le groupe le plus abondant et notamment les Cyclopoidae (94%) alors que les Harpacticoides semblent être des organismes rares dans ce biotope. Leur quasi absence pourrait s'expliquer par les pompages réguliers dans la plupart des puits de la région destinés surtout à l'irrigation des terres cultivées de la plaine de Maghnia, traduisant un dépeuplement du secteur surtout en organismes aussi légers que les Harpacticoides (Rouch *et al.* 1993)

- les Isopodes, représentés par les cirolanidae (*Typhlocirolana* sp.) et les asellidae (*Proasellus* sp.), tous deux sont peu abondants (5%) avec respectivement un effectif total de quatre vingt dix sept et sept individus

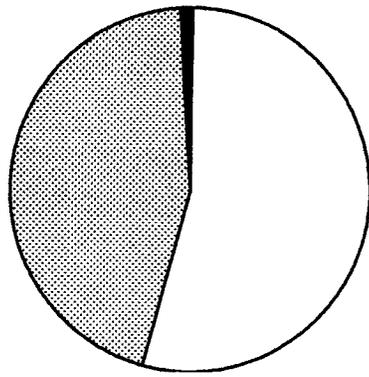
-les Amphipodes, sont les moins représentés avec une abondance relative très faible (1%). Ils comportent deux taxons: les Gammaridae (*Echinogammarus* sp.), relativement plus abondants que les Salentinellidae (*Salentinella angelieri*)

Parmi les insectes, les diptères constituent le groupe dominant et sont représentés par les Culicidés qui abondent dans ces puits (76%) et les Chironomides qui ne représentent que 5% des insectes.

Le nombre de taxons par puits est relativement faible. Il varie de quatre à dix taxons. Le nombre d'espèces stygobies lorsqu'elles existent, varie de un à trois espèces. De plus, l'abondance totale varie de 25 à 1500 individus. Cette importance numérique est liée surtout aux Cyclopoides et aux Culicides. Parmi les phréatobies, le taxon le plus abondant est le genre

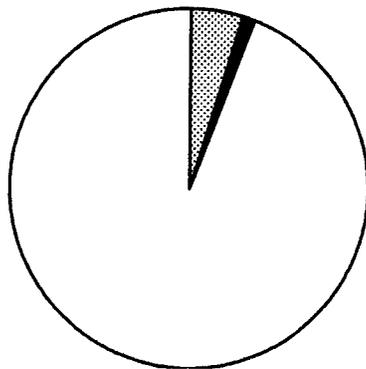


Faune totale



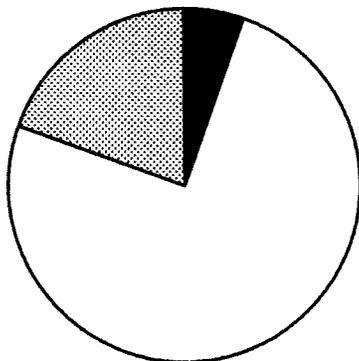
- Oligochètes
- Crustacés
- ▨ Insectes
- Mollusques

Crustacés



- ▨ Cirolanidae
- ▨ Sallentinelidae
- Gamaridae
- ▨ Asellidae
- Cyclopoidae
- ▨ Harpacticidae

Insectes



- Chironomidae
- Culicidae
- ▨ Collemboles
- ▨ Autres

Fig. 5 Abondance relative de la faune des puits



Typhlocirolana alors que les Salentinellidae sont les plus rares. Donc la faune stygobie, présente dans les puits, montre des variations spatiales importantes (fig.6). En effet *Typhlocirolana* ne se rencontre que dans les puits P6, P7 et P8. Nous supposons, qu'en raison de sa taille, *Typhlocirolana* se rencontre là où la granulométrie de l'aquifère est suffisamment grossière pour laisser à l'animal des espaces libres, où encore dans les terrains suffisamment meubles pour un animal fouisseur (Boutin 1984, Boutin et Dias 1987).

Proasellus ne se rencontre que dans les puits P1, P2 et P8. Leur distribution serait liée à l'exploitation des puits. En effet leur densité augmente avec une meilleure protection des puits et une absence de pompage durant la période d'étude.

Salentinella angelieri a été récoltée une seule fois durant la période d'étude dans le puits P6. La rareté de cette espèce pourrait s'expliquer par la sensibilité de ces Amphipodes à la pollution ou à leur distributions en profondeur (Dole-Olivier & Marmonier 1992).

3.4-Comparaison entre la faune hyporhéique et la faune superficielle

Au total, quarante cinq taxons ont été récoltés dans ce site durant la période d'étude : trente sept dans chacun des deux milieux, 26 communs aux deux biotopes (tableau1).

Le calcul de la diversité moyenne par l'indice de Shannon donne non seulement des valeurs très faibles traduisant un niveau de diversité des peuplements très bas, mais aussi ne montre pas de différences significatives entre le milieu hyporhéique et le milieu superficiel.

Cependant, pour la plupart des grands groupes, il y a très peu d'affinité entre les deux milieux. En effet, l'analyse de la composition faunistique montre une forte abondance des insectes dans la zone superficielle avec une dominance des diptères (chironomides et simulies) et des éphéméroptères (Baetidés et Caenidés). Le milieu hyporhéique, par contre, est colonisé surtout par les cératopogonides et les chironomides.

D'autre part, les odonates (Calopterygidae, Aeschnidae et Gomphidae) ne se rencontrent que dans le milieu superficiel; alors que les diptères (Thaumaleidae et Psychodidae) sont peu représentés et uniquement dans la zone hyporhéique. Concernant les trichoptères, les larvules de stade1 sont localisées dans la zone hyporhéique, alors que les autres stades larvaires, plus grands, le sont dans la zone superficielle. Les Corixidae, les Dryopidae, les Hydrophilidae et les acariens sont relativement plus abondants dans le milieu hyporhéique.



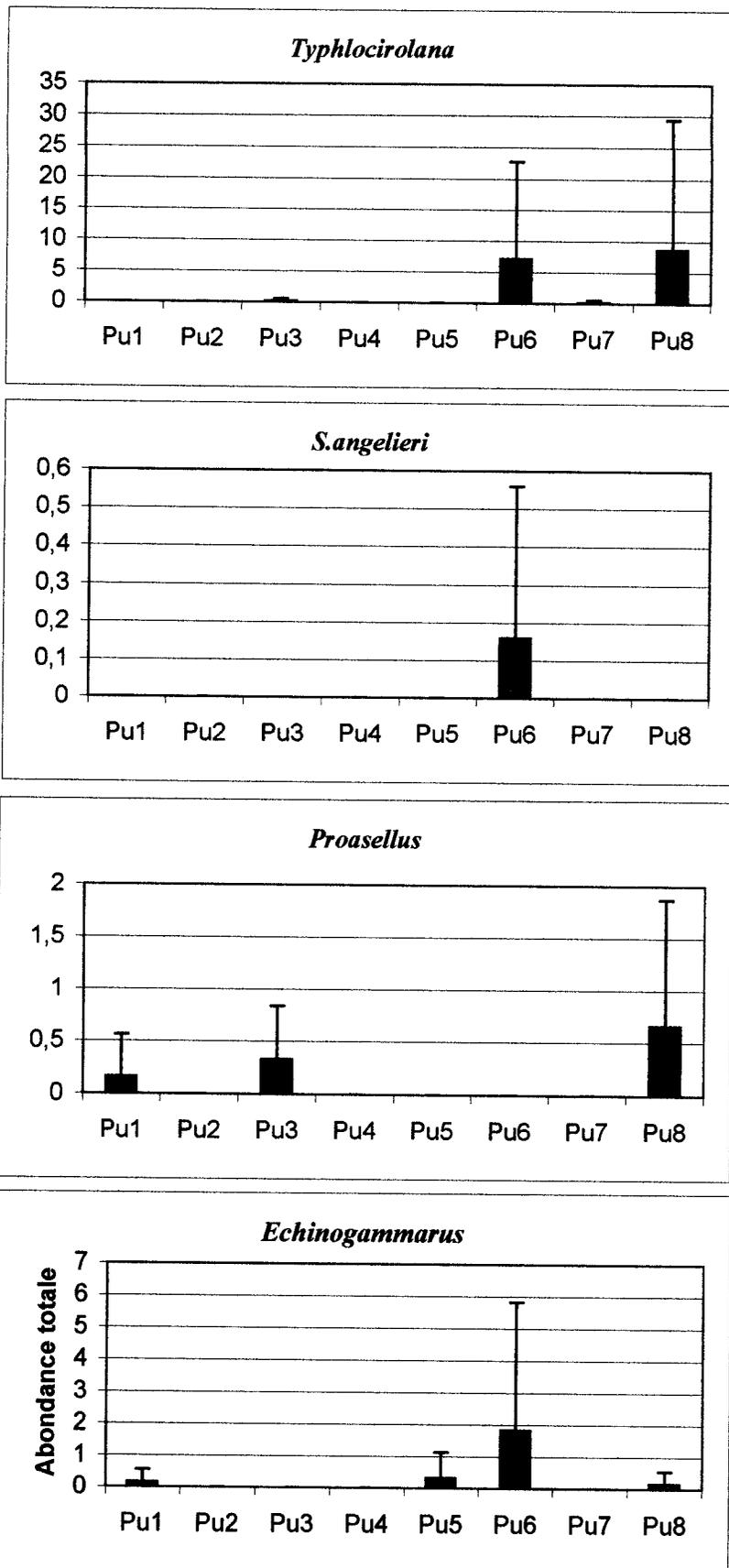


Fig.6 Distribution spatiale des taxons stygobies dans la nappe de la moyenne Tafna



Les crustacés constituent le groupe le plus abondant et il est dominé dans les deux milieux par les Cyclopoides. Cependant, la différence réside dans l'importance des cladocères Daphniidae dans le milieu superficiel

Parmi les Oligochètes, *Nais elinguis* se rencontre uniquement dans la zone superficielle, alors que les genres *Trichodrilus* et *Enchytraeis* semblent appartenir à l'hyorhéos permanent défini par Dole et Chessel (1986). *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex*, *Haplotaxis* et *Paranais birsteini* ont été récoltés dans les deux milieux, mais leurs abondances varient avec le milieu considéré. Ceci est valable pour *Paranais birsteini* qui abonde dans le milieu superficiel et le genre *Haplotaxis* qui est trois fois plus abondant dans le milieu hyporhéique.



Chapitre IV : VARIATIONS SPATIO-TEMPORELLES DE LA FAUNE HYPORHEIQUE

4.1- Distribution longitudinale

La répartition de la faune hyporhéique entre l'amont et l'aval du site étudié a été analysée par la richesse taxonomique, la diversité spécifique (indice de Shannon) (fig.7), la densité des différents taxons (fig.8) et la composition du peuplement dans les stations A, B et C (Tableau 1).

La richesse taxonomique totale est relativement faible dans les trois stations et elle varie peu entre les différents points de prélèvement. Elle est respectivement de 29, 26 et 30 taxons.

Durant la période d'étiage, la richesse taxonomique augmente et atteint un maximum dans la station C. Au contraire, pendant et après les lâchers, c'est la station A qui est la plus riche. Alors que la diversité reste faible dans cette station. Ceci est lié à la pullulation d'un nombre très réduit de taxons. Il s'agit surtout des nématodes, des oligochètes *Trichodrilus* et des copépodes Cyclopoidae. Mais, selon l'analyse de la variance, ni la richesse taxonomique, ni la diversité présentent une différence significative entre les trois stations pour les différentes périodes étudiées.

Cependant, l'analyse de la densité totale des groupes représentatifs, toutes périodes confondues, révèle à l'aval du site une diminution significative de la densité de *Trichodrilus*, Cyclopoidae, *Microcharon* et *Typhlocirolana* ($p < 0.05$). Ce dernier genre est même absent dans cette station. De ce fait on note une certaine hétérogénéité dans la distribution de la faune stygobie. Qui pourrait être liée à la granulométrie des sédiments, et au gradient hydraulique. En effet les résultats granulométriques et ceux du gradient hydraulique présentent des variations spatiales (Taleb & al en préparation).

La densité de *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex*, *Ilyocypris bradyi*, *Heterocypris salina* et des Cératopogonidae est plus importante à l'aval du site. Cependant aucune différence significative n'a été mise en évidence entre A et C, durant toutes les périodes. Par contre, cette différence est significative pour les Cératopogonidae et *L. hoffmeisteri* ($p < 0.05$) durant les lâchers, pour *Ilyocypris bradyi* ($p < 0.042$) et *Heterocypris salina* ($p < 0.055$) après les lâchers et pour *T. tubifex* ($p < 0.05$) pendant l'étiage.



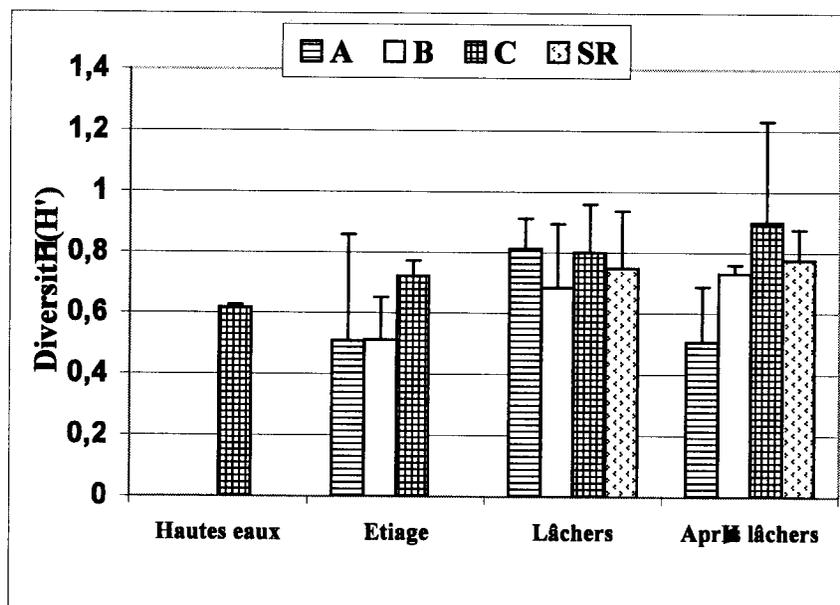
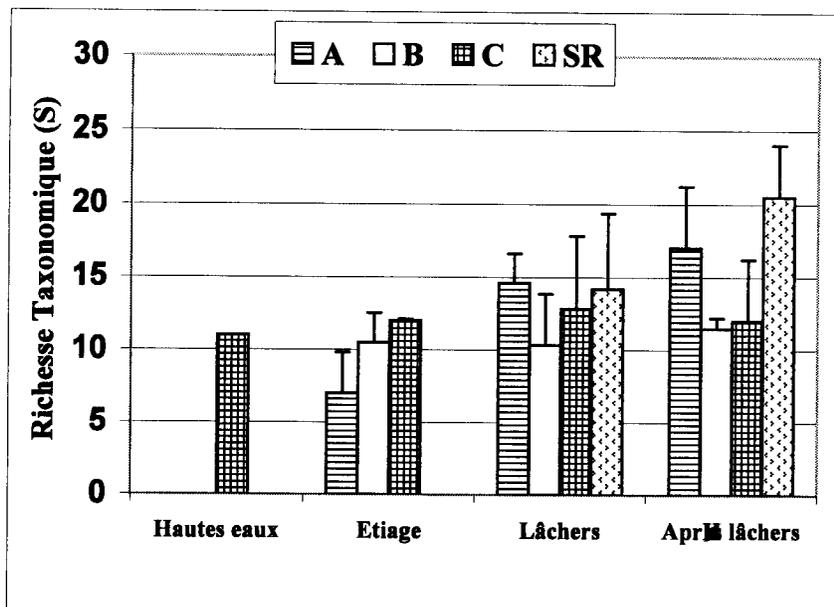


Fig.7 Variation spatio-temporelle de la richesse taxonomique et de la diversité dans le site étudié



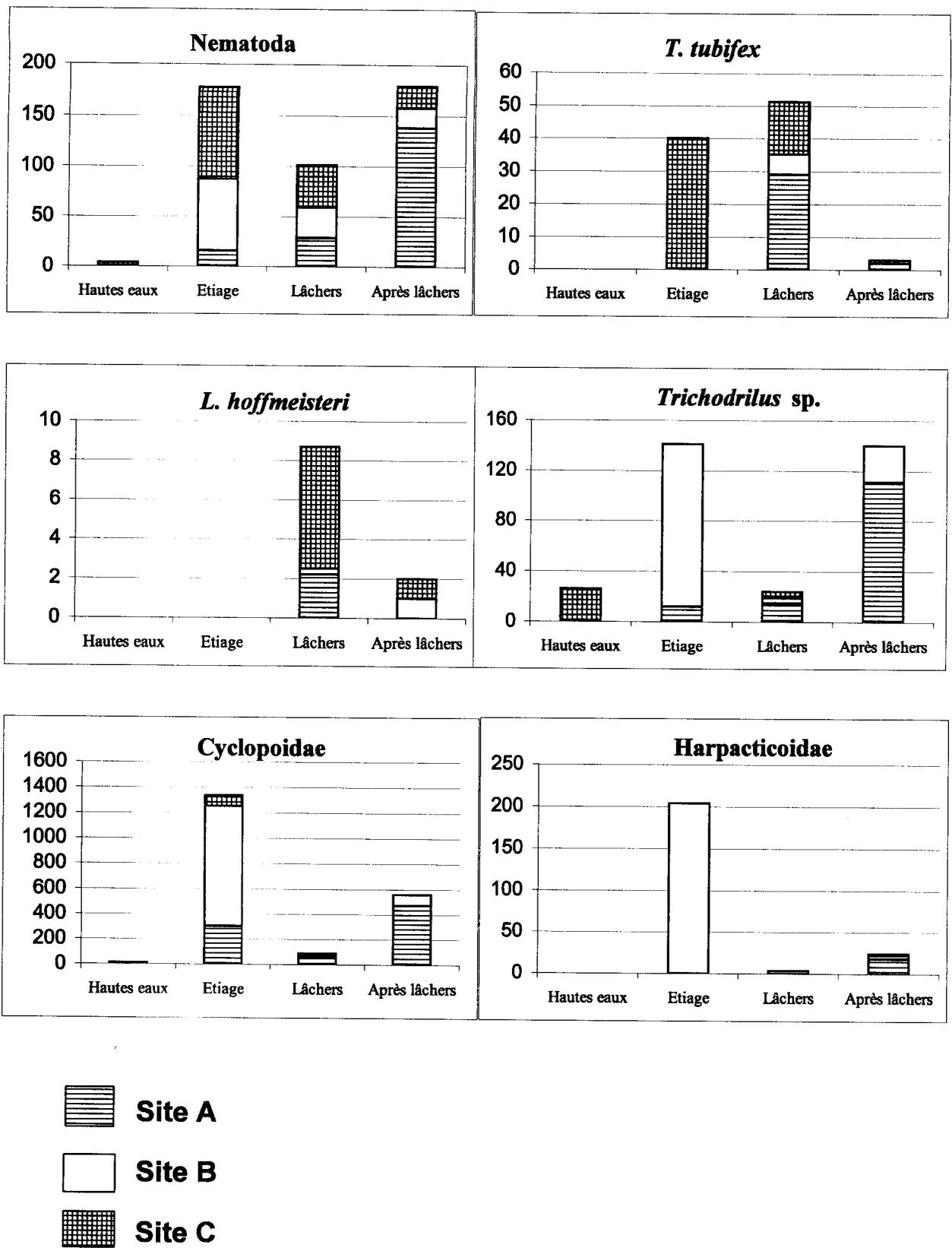


Fig. A Variation spatio-temporelle de la densité dans le site étudié



Le changement des conditions abiotiques a induit le remplacement dans le milieu hyporhéique, des isopodes et des copépodes par les oligochètes (*T. tubifex*) et les nématodes surtout pendant l'été.

Les Harpacticoidae et *Heterocypris incongruens* sont présents dans les trois stations. Très peu nombreux dans les stations A et C, leur densité augmente dans la station B pour atteindre un maximum pendant l'été et après les lâchers. À l'inverse, les Chironomidae, Daphniidae, Chydoridae, Tubificidae et Nématodes, très mal représentés dans la station B, atteignent de plus fortes densités dans les stations A et C, en particulier durant et après les lâchers. Ce qui laisse supposer que les conditions dans la station A ressembleraient de plus en plus à celles de la station C après le fonctionnement du barrage.

Parmi les insectes, quatre familles se localisent uniquement dans la station A, cinq familles se rencontrent uniquement dans la station C et une seule famille (Droyopidae) dans la station B. Cependant, elles ne représentent qu'un faible pourcentage de la faune hyporhéique.



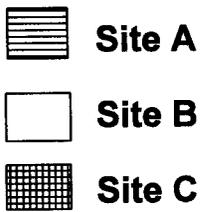
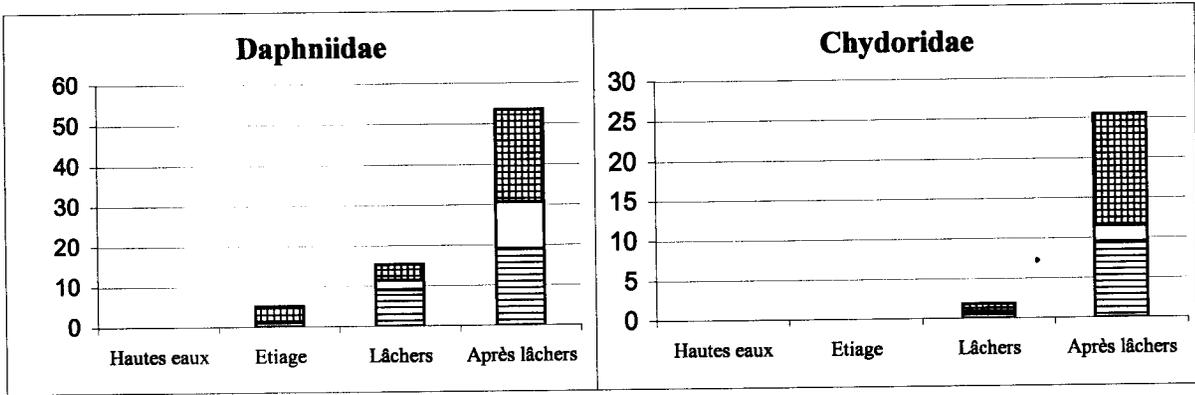
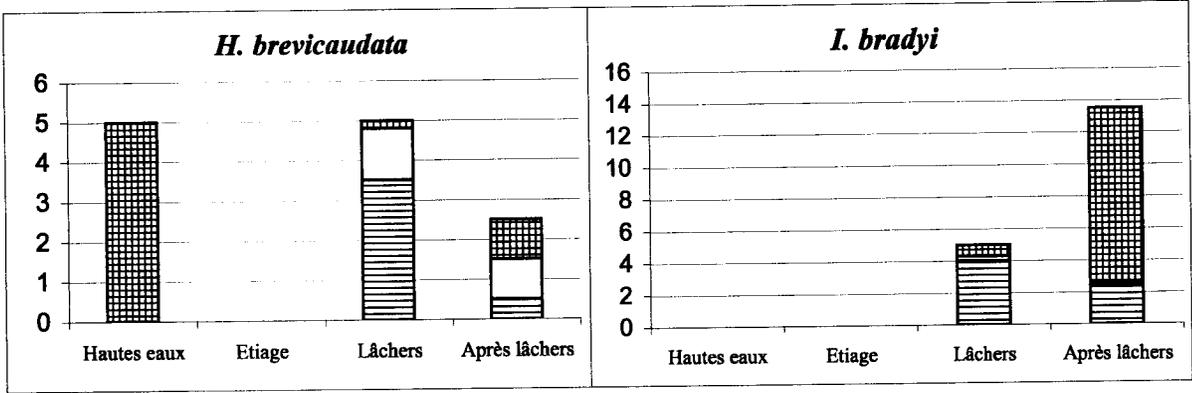
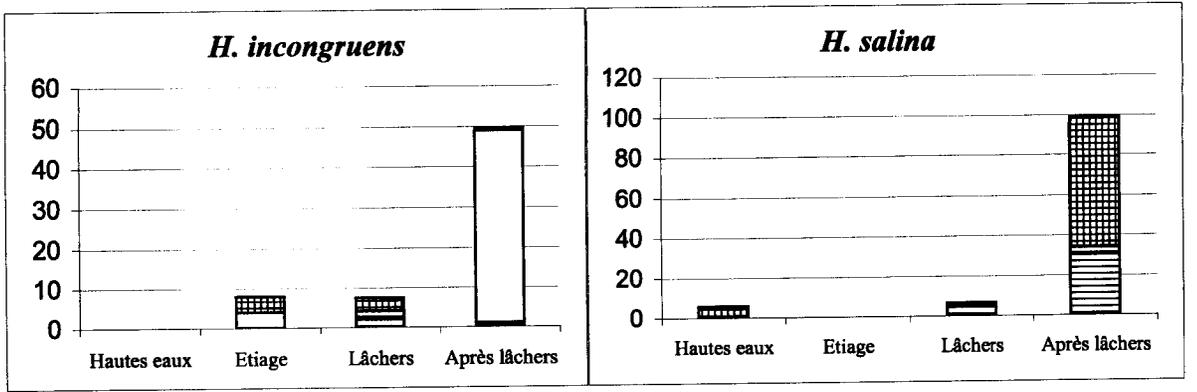


Fig. B Variation spatio-temporelle de la densité dans le site étudié

4.2-Evolution lit- rives

La comparaison de la faune hyporhéique de la zone rivulaire et celle de la partie médiane du lit de l'oued, met en évidence des différences importantes : le lit du cours d'eau présente, d'une façon générale, une richesse taxonomique supérieure à celle enregistrée dans la rive (fig.9). Elle varie de 5 à 14 et de 3 à 10 respectivement. Cette différence devient en moyenne deux fois plus importante durant la période après Lâchers. Au contraire, les valeurs moyennes de l'indice de diversité (H') semble légèrement plus élevées dans la rive. Toutefois, cette différence reste non significative (fig.9).

D'autre part, l'analyse de la densité moyenne des taxons représentatifs de la faune hyporhéique dans les deux localités (fig.10) montre que seul l'isopode *Microcharon* est strictement localisé dans le faciès riverain. Les nématodes, les oligochètes *Trichodrilus*, les copépodes Harpacticidae et les isopodes *Typhlocirolana* sont présents dans les deux habitats. Alors que tous les autres taxons sont numériquement insignifiants dans la rive ou subissent une baisse significative d'effectifs.

L'existence de cette structure spatiale laisse à penser que la migration de la faune majoritairement de type épigé, dans le sous-écoulement a lieu d'une manière plus importante au centre du lit, facilitée par un courant plus important et un substrat plus grossier.

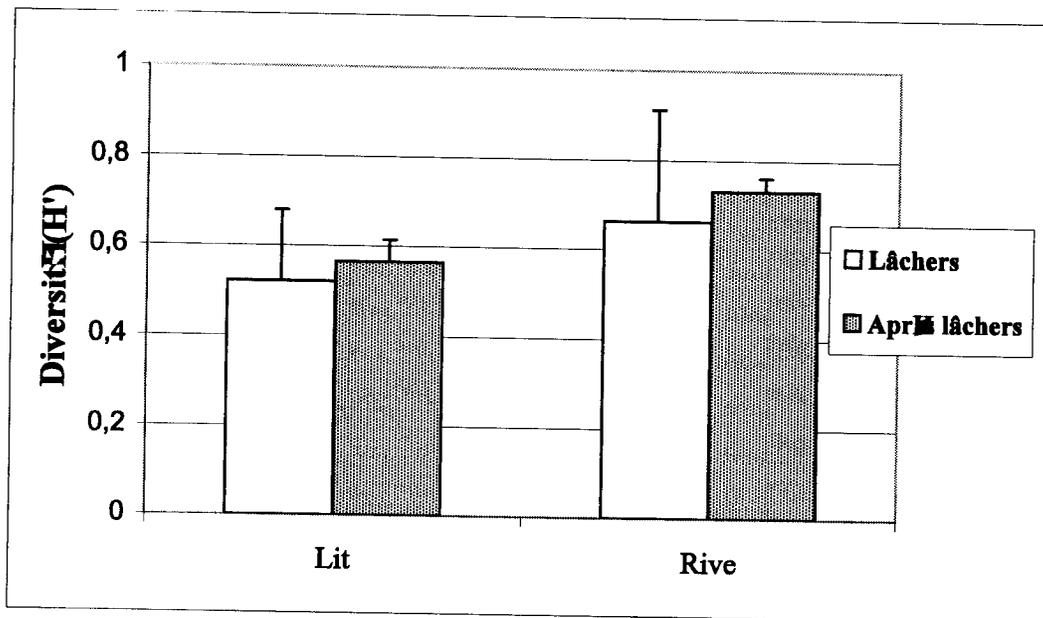
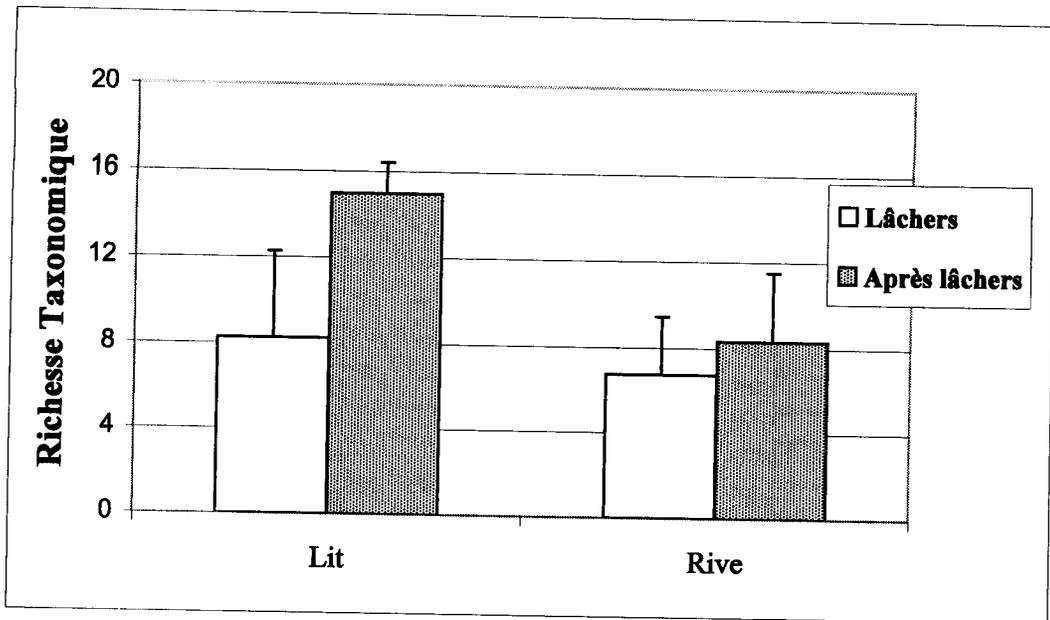


Fig.9 Diversité et richesse spécifique dans le lit et la rive de l'oued



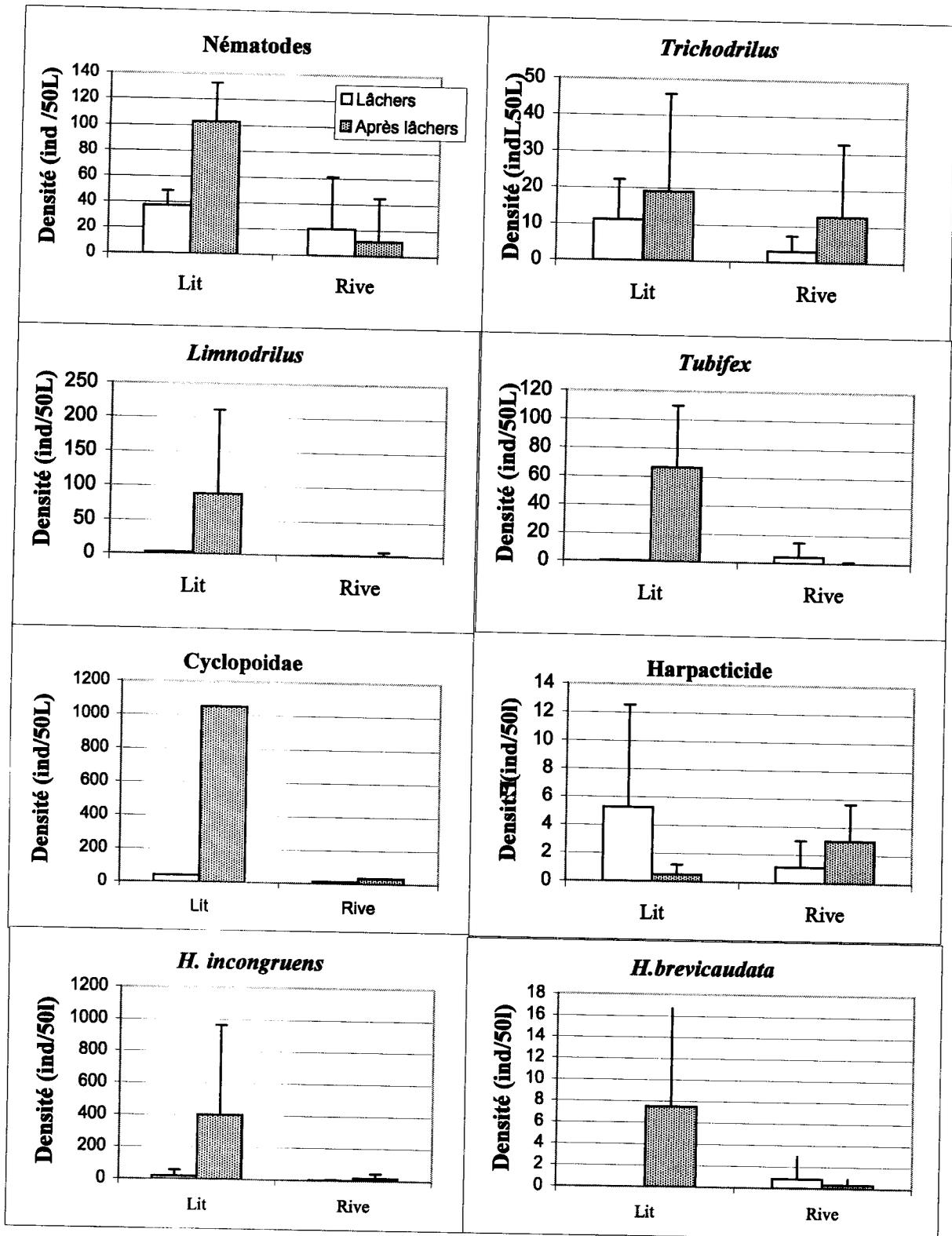


Fig.10 A Comparaison des densités moyennes des taxons dominants dans le milieu hyporheïque entre le lit de l'oued et sa rive



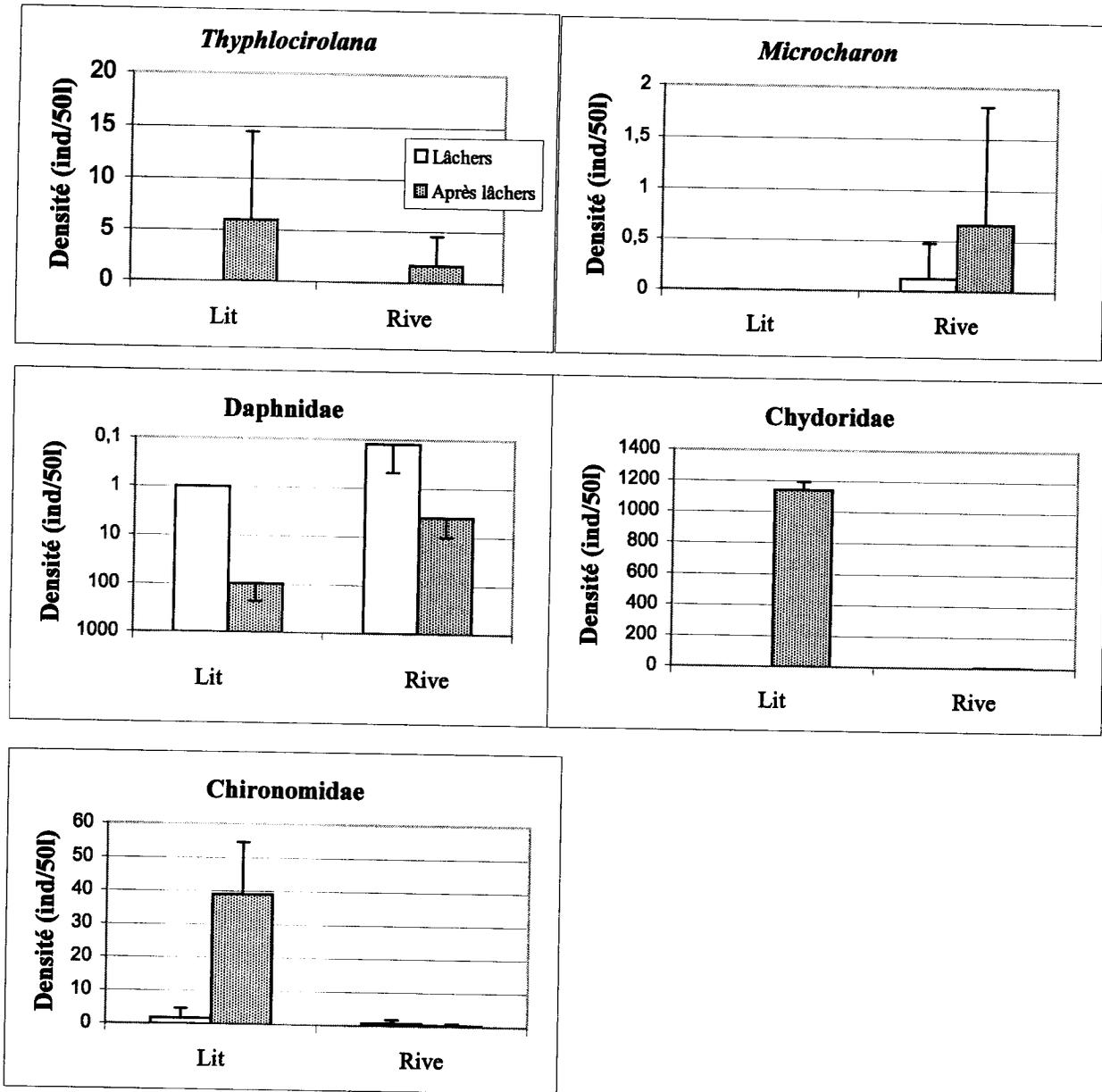


Fig.10 B Comparaison des densités moyennes des taxons dominants dans le milieu hyporheique entre le lit de l'oued et sa rive



4.3-Impact des lâchers de barrage sur les communautés hyporhéiques

Une différence significative de la densité moyenne a été trouvée pour la majorité des taxons entre les différentes périodes (fig. 8).

La densité de *Trichodrilus* sp., des Copépodes (fig. 8A) et des Isopodes (fig. 8c) a fortement diminué juste après les lâchers d'eau du barrage ($p < 0.05$) avec un taux de réduction qui varie de 80 à 97%. Les Amphipodes et les Syncarides disparaissent du milieu hyporhéique pendant et après les lâchers, probablement en réponse aux conditions défavorables produites par l'eau du barrage. Ces taxons ne réapparaissent plus pour le reste de la période d'étude.

En revanche, la densité des Tubificidae et des Cératopogonidae augmente et devient maximale durant la période des lâchers. En effet, ces groupes sont connus comme des taxons tolérants à la pollution. Les densités de *Heterocypris incongruens*, de *Heterocypris salina* et des Daphniidae, faibles avant les lâchers, augmentent durant les lâchers et deviennent maximales après les lâchers ($p < 0.053$). *Ilyocypris bradyi* et les Chydoridae, absents avant les lâchers du barrage, apparaissent durant la période des lâchers et leurs densités augmentent après les lâchers ($p < 0.034$). La présence de ces taxons peut être expliquée par l'origine de l'eau. Les cladocères vivant normalement dans les eaux stagnantes ou à faible écoulement, proviennent fort probablement du réservoir, et leur densité augmente après l'arrêt des lâchers. Les eaux du barrageensemencent les eaux en aval et au moment de la réduction du débit les Daphnies peuvent alors proliférer.

Les Nématodes, les Chironomidae et l'Ostracode *Herpetocypris brevicaudata* semblent ne pas être affectés par les lâchers.

L'analyse de la richesse taxonomique, toutes stations confondues (fig. 7), montre que la plus grande valeur est enregistrée après la période des lâchers comparée à la période qui les précède. Cette augmentation s'observe surtout au niveau des stations A et C. Elle est due à l'apparition d'un certain nombre de diptères tel que Thaumaleidae, Psychodidae et Stratiomyidae dans la station C et de Coléoptères (Helophoridae, Hydrophilidae et Elmidae) à la station A. Cependant, l'analyse de la diversité ne montre pas de différence avant et après la période des lâchers. La seule exception est la station C, où les valeurs de l'indice de Shannon montrent une légère augmentation (fig. 7)



4.4-Résultats de l'analyse statistique

L'analyse factorielle des correspondances a d'abord été réalisée sur la matrice globale considérant les 28 taxons représentatifs du site étudié. Seuls, le plan des deux premiers axes factoriels, qui ont des taux d'inerties relativement élevés donne un aperçu de l'organisation générale de l'ensemble des données. Cette AFC a été ensuite décomposée par une analyse discriminante inter-classe (Between-group Analysis) proposée par (Chessel et de Doledec 1991) pour mettre en évidence les deux principales variations : spatiale et temporelle.

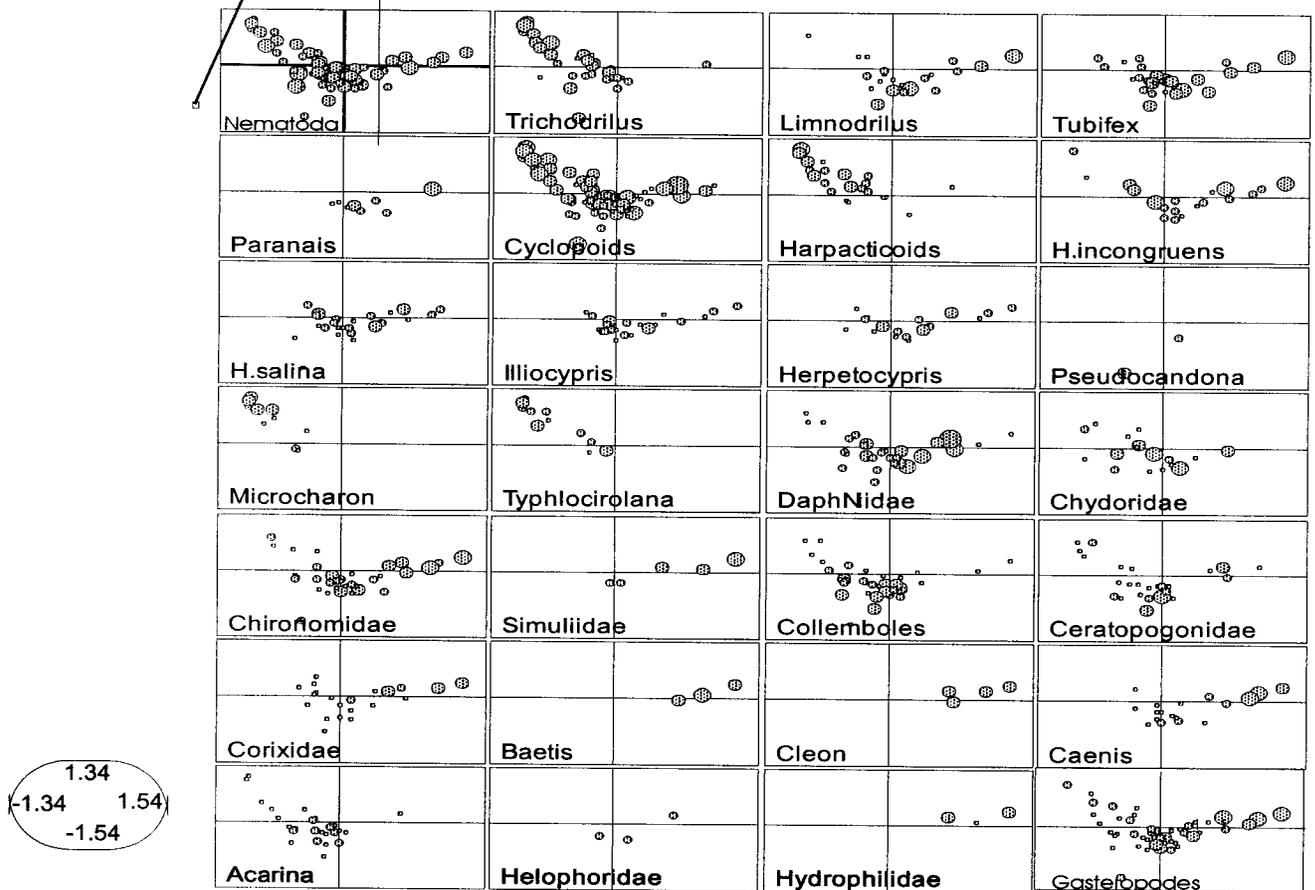
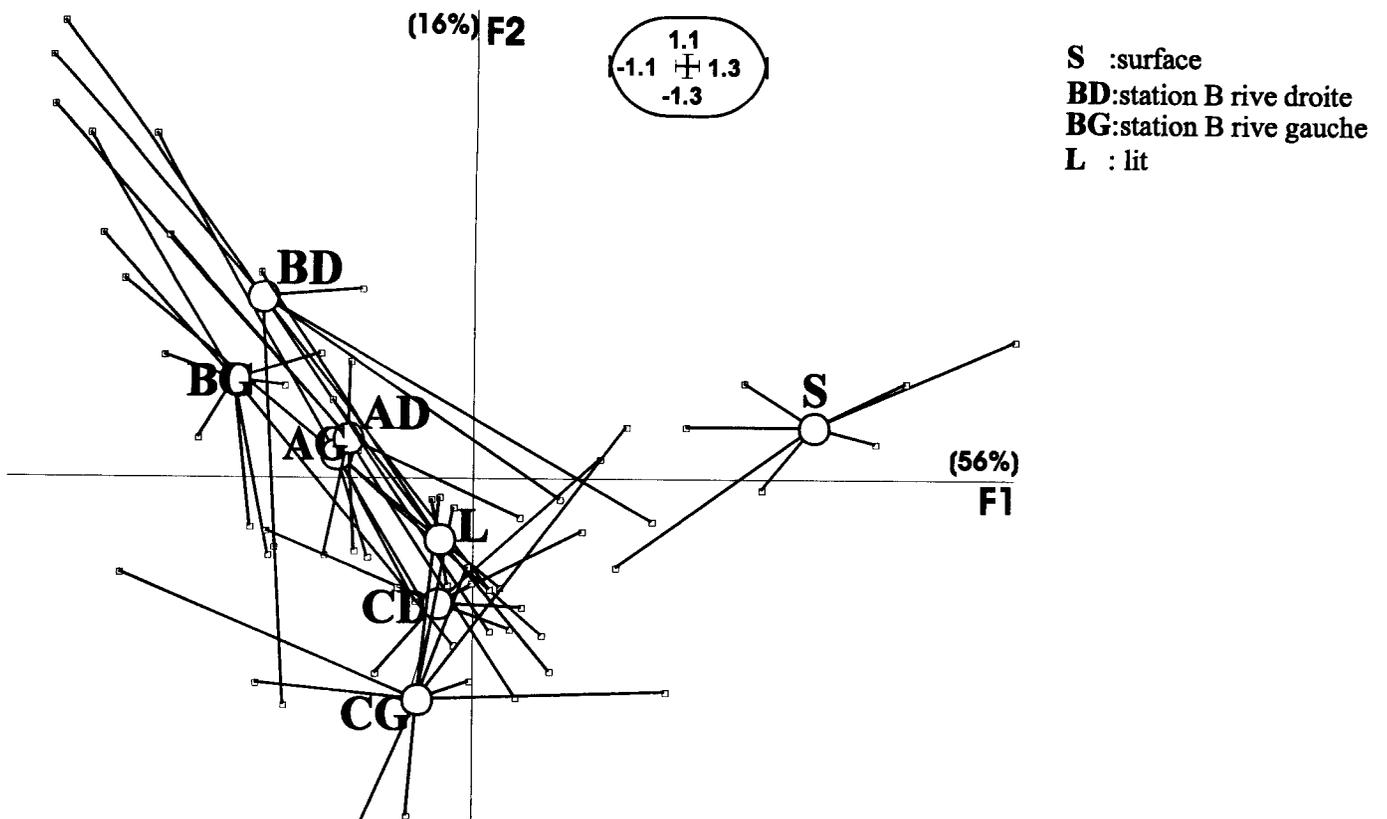
4.4.1-Evolution spatiale

La figure 11 montre la distribution des stations étudiées sur le plan F1-F2 (Between-group Analysis). Ce plan explique 72% de la variabilité contenue dans la matrice de données avec 56 % pour le premier axe.

Globalement le premier axe oppose deux types de biotopes. L'un, négatif sur l'axe F1, correspond aux prélèvements réalisés dans le milieu hyporhéique, caractérisé par des taxons typiquement hypogés. Au contraire, les prélèvements réalisés dans le milieu superficiel sont positifs sur l'axe F1, caractérisés par un pourcentage plus élevé en taxons strictement benthiques (Ephéméroptères *Baetis* et *Cloeon*, Diptères Simuliidae).

Dans la zone hyporhéique, l'hétérogénéité de la communauté, exprimée sur le deuxième axe reflète l'hétérogénéité des conditions abiotiques. En fait, la station C, située au dessous de l'axe F1, est caractérisée par des taxons inféodés généralement à un biotope pauvre en oxygène (Thorne & Williams 1997) comme les groupes à respiration aérienne (Collemboles, Psychodidae, Stratiomyidae), les formes fouisseuses (Caenidae et Ceratopogonidae) et les espèces d'eau stagnante comme les Héteroptères Corixidae et les Coléoptères Dytiscidae (Tableau 1). Cette faune est liée au type de substrat observé dans la station C, c'est à dire des sédiments fins (Taleb et *al.* Sous presse) qui colmatent les interstices et qui réduisent par conséquent les échanges de gaz entre le milieu superficiel et le milieu hyporhéique. La station B, située au dessus de l'axe F1, est plus riche en taxons préférant les eaux plus oxygénées. Ainsi l'axe F2 rend compte de la répartition des taxons en fonction des paramètres abiotiques (porosité, oxygénation) fortement corrélés avec le type de biotope (hyporhéique ou benthique). Ceci explique l'effet Gutman observé sur le plan F1-F2 (courbe en cloche





Taille des cercles est proportionnelle à l'effectif du taxon dans le prélèvement.

Fig.11 Variation spatiale de la faune invertébrée

traduisant une corrélation entre les deux axes). La composition de la faune présente dans le biotope interstitiel dépend donc fortement de conditions locales telles que la porosité du sédiment, l'origine de l'eau et la concentration en oxygène.

La figure.11 montre la répartition spatiale des principaux taxons récoltés. Les Isopodes, les Oligochètes *Trichodrilus* sp. et les Copépodes Harpacticoidae sont localisés dans la zone hyporhéique. Les Oligochètes Naididae, les éphéméroptères Baetidae et les diptères Simuliidae sont plus présents dans les échantillons benthiques. Les autres groupes se rencontrent dans les deux biotopes. Cependant, les copépodes Cyclopoidae, les cladocères Chydoridae et les diptères Cératopogonidae sont plus abondants dans la zone hyporhéique

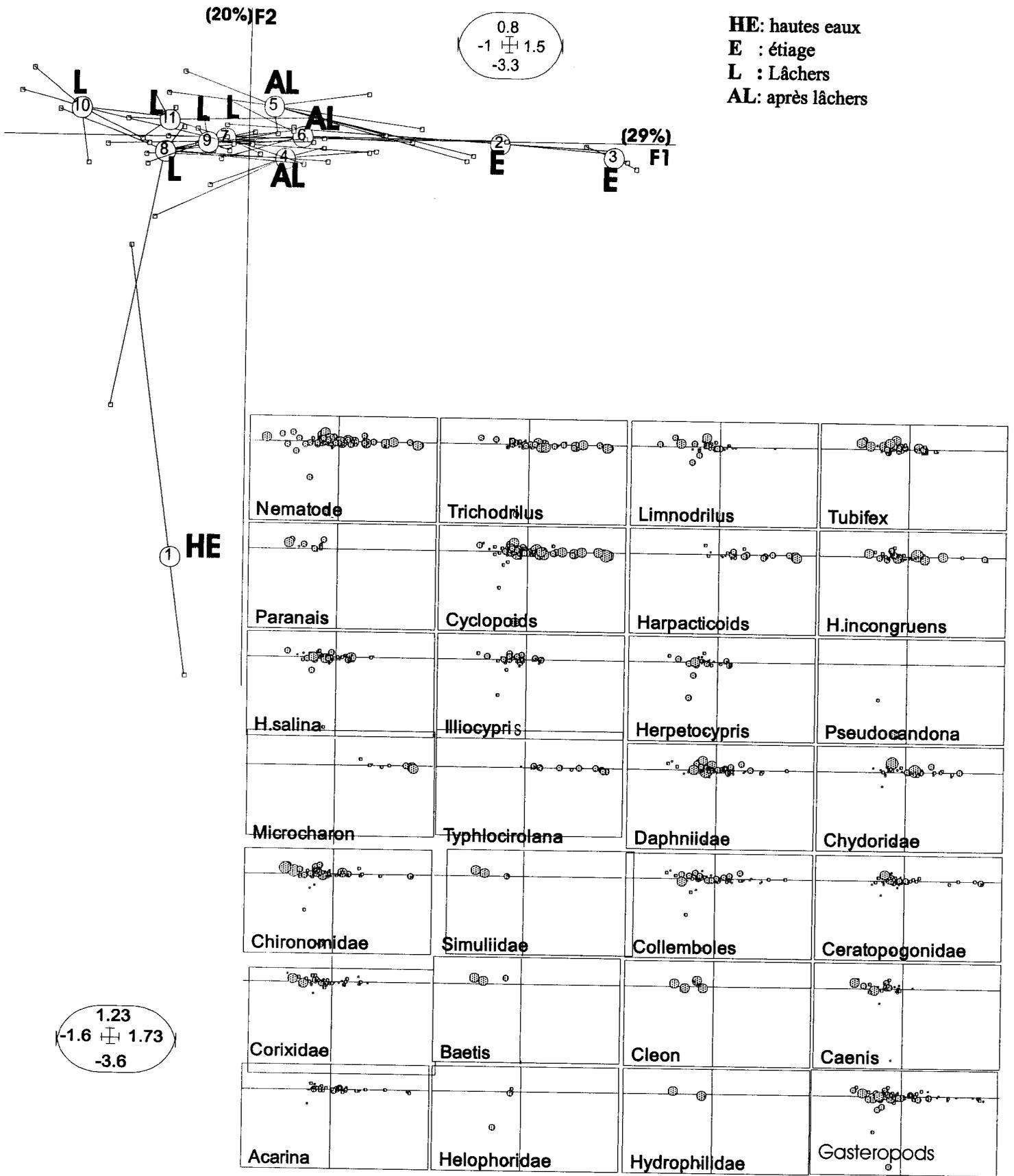
4.4.2-Evolution temporelle

Dans la figure 12, l'axe 1(Between-group Analysis) rend compte de 29 % de la variation totale. Il peut être considéré comme un gradient hydrologique. Il oppose du côté droit de l'axe, les prélèvements de la période d'étiage qui se distinguent par une faune surtout hypogée comme les Isopodes, les Copépodes et les Oligochètes *Trichodrilus*, et, du côté négatif de cet axe, les prélèvements de la période des lâchers d'eau du barrage avec une dominance de la faune épigée avec les Oligochètes, les Chironomidae et les Cératopogonidae. Les prélèvements de la période après les lâchers sont en position intermédiaire sur l'axe, traduisant probablement une structure basée sur la recolonisation du milieu par les organismes des eaux calmes comme les Cladocères

Le second axe (19 % de variation totale) reflète la période des hautes eaux dans la station C caractérisée par une abondance de *Trichodrilus* sp., des Cyclopoidae et *Pseudocandona pratensis* ostracode. En effet, cette dernière espèce ne se rencontre que pendant les hautes eaux, durant la période d'étude

La figure 12 montre l'effet temporel pour les principaux taxons. Parmi ces taxons les Nématodes, les Cyclopoidae et les Chironomidae se rencontrent durant toute la période d'étude. *Microcharon* sp. et *Typhlocirolana* sp sont plus abondants durant la période d'étiage, tandis que *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex*, les Ostracodes (excepté *Pseudocandona pratensi*) et les Cératopogonidae se rencontrent uniquement au moment des lâchers d'eau du barrage. Les Cladocères se rencontrent durant les lâchers, mais présentent un maximum de densité après la période des lâchers





La taille des cercles est proportionnelle à l'effectif du taxon dans le prélèvement

Fig.12 Variation temporelle de la faune invertébrée



4.5-Distribution amont-aval des peuplements hyporhéique et benthique au cours des lâchers.

La faune récoltée dans l'ensemble des trois stations est peu diversifiée puisqu'elle ne comporte que 32 taxons dont 26 sont récoltés dans le milieu superficiel et 18 dans la zone hyporhéique avec seulement trois taxons stygobies : deux Isopodes (*Typhlocirolana, microcharon*) et un Amphipode. (Tableau 2).

La distribution de la faune hyporhéique en comparaison avec la faune superficielle dans le transect amont-aval de la moyenne et basse Tafna après l'installation du barrage a été analysée par la richesse taxonomique, la diversité taxonomique (fig.13), la composition du peuplement dans les stations: aval de la retenue d'Hammam-Bouhrara (T6), aval Remchi (T7) et la Pierre du Chat (T8) (fig.14) et la densité des principaux taxons (fig.15)

Les résultats montrent un peuplement dégradé avec une faible richesse taxonomique particulièrement dans le milieu hyporhéique. De plus, L'indice de Shannon calculé, sur l'ensemble des taxons de chaque station, reste inférieur à 0,8. Les différences observées entre les valeurs moyennes de la richesse taxonomique ainsi que celles de la diversité dans le transect, traduisent une légère hétérogénéité des peuplements. En effet, la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station T6, juste en aval de la retenue, dans le milieu hyporhéique, et au niveau de la station T7 (à 30 km du barrage) dans le milieu superficiel.

La station T6 présente la diversité la plus élevée et également la plus grande richesse taxonomique, mais la communauté interstitielle est composée uniquement d'une faune de type épigée, fréquemment récoltée dans le milieu benthique. Au contraire, les stations situées plus en aval, et dont la diversité et la richesse taxonomique sont les plus faibles, sont colonisées non seulement par une faune d'origine benthique, mais aussi par des taxons stygobies.

L'analyse de la composition faunistique dans les trois stations (fig.14) montre une abondance relativement constante des Chironomidae (Orthocladinae) dans toutes les stations au niveau des deux milieux, hyporhéique (fig.14A) et superficiel (fig.14B), et des Naididae dans le milieu superficiel. Au contraire, l'abondance des Tubificidae plus importante dans la zone hyporhéique de la station T6 diminue significativement ($p < 0.05$) dans les stations avalées. En ce qui concerne les crustacés, les cyclopoidae abondent dans les stations T7 et T8 respectivement au niveau, du milieu hyporhéique et superficiel, les Ostracodes dominent dans le milieu superficiel de la station T7 et les daphniidae sont relativement plus abondants vers



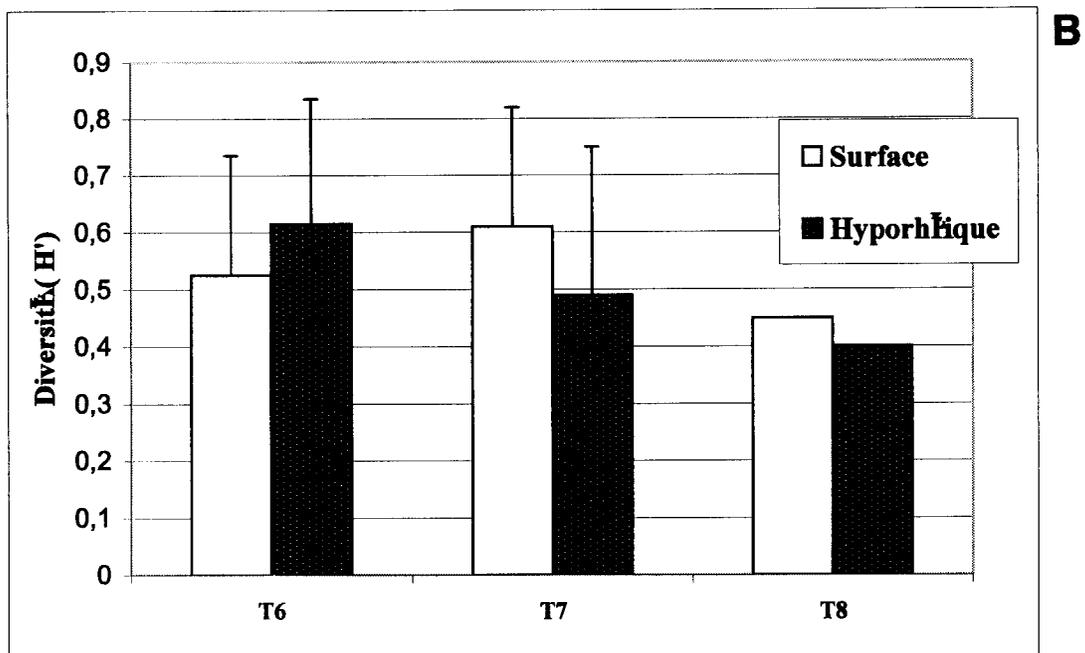
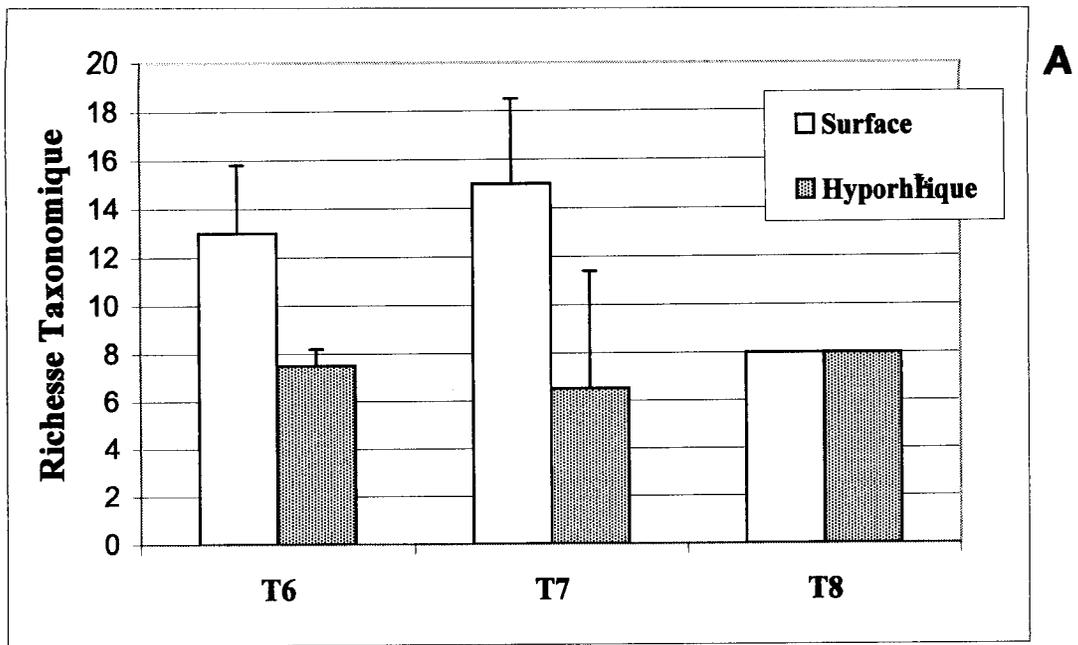


Fig.13 Structure du peuplement superficiel et hyporhéique des stations T6 T7 T8

A : Richesse taxonomique , B : diversité (H')

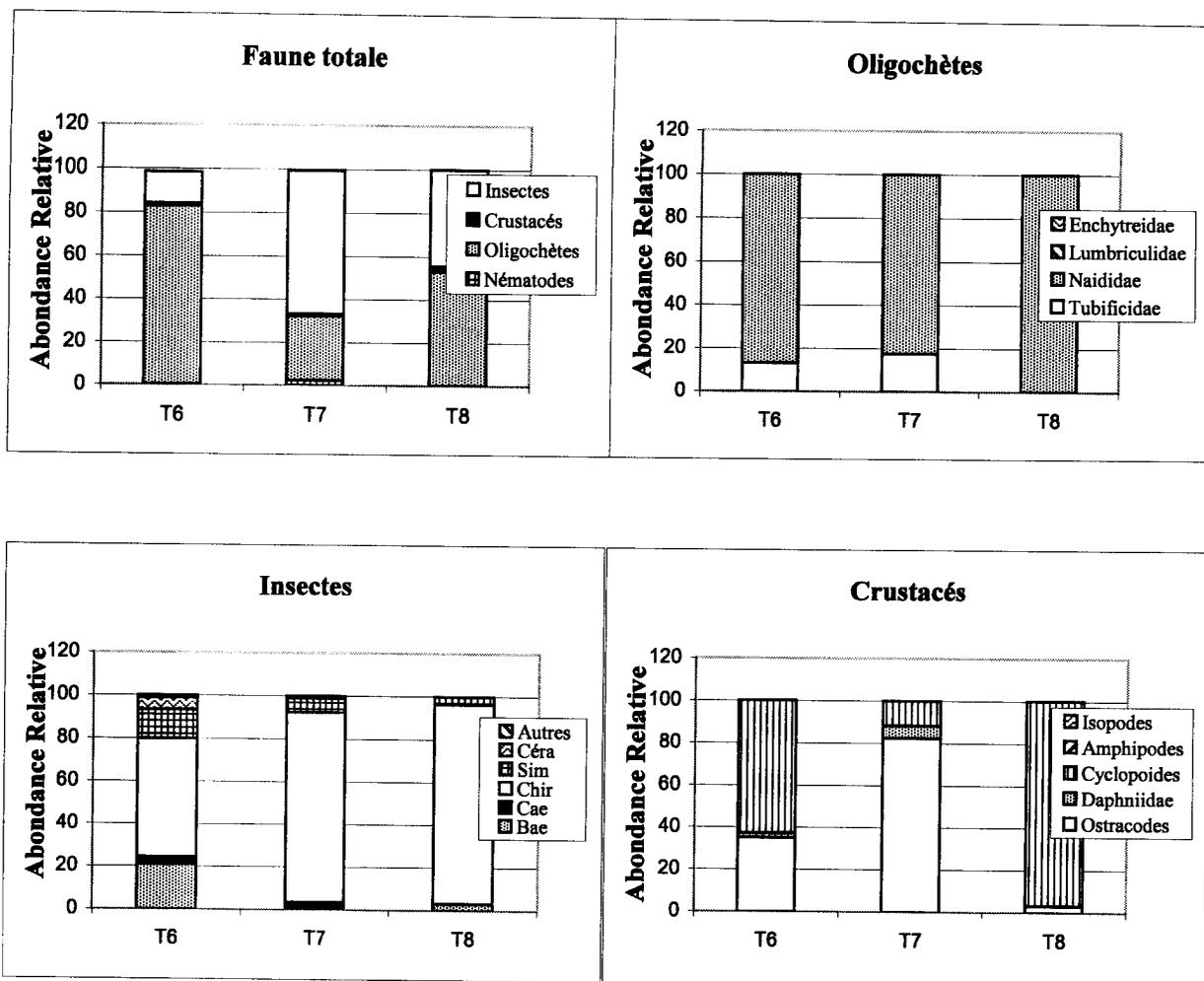


Fig. 14 A Composition relative de la faune superficielle le long du transect Amont-Aval



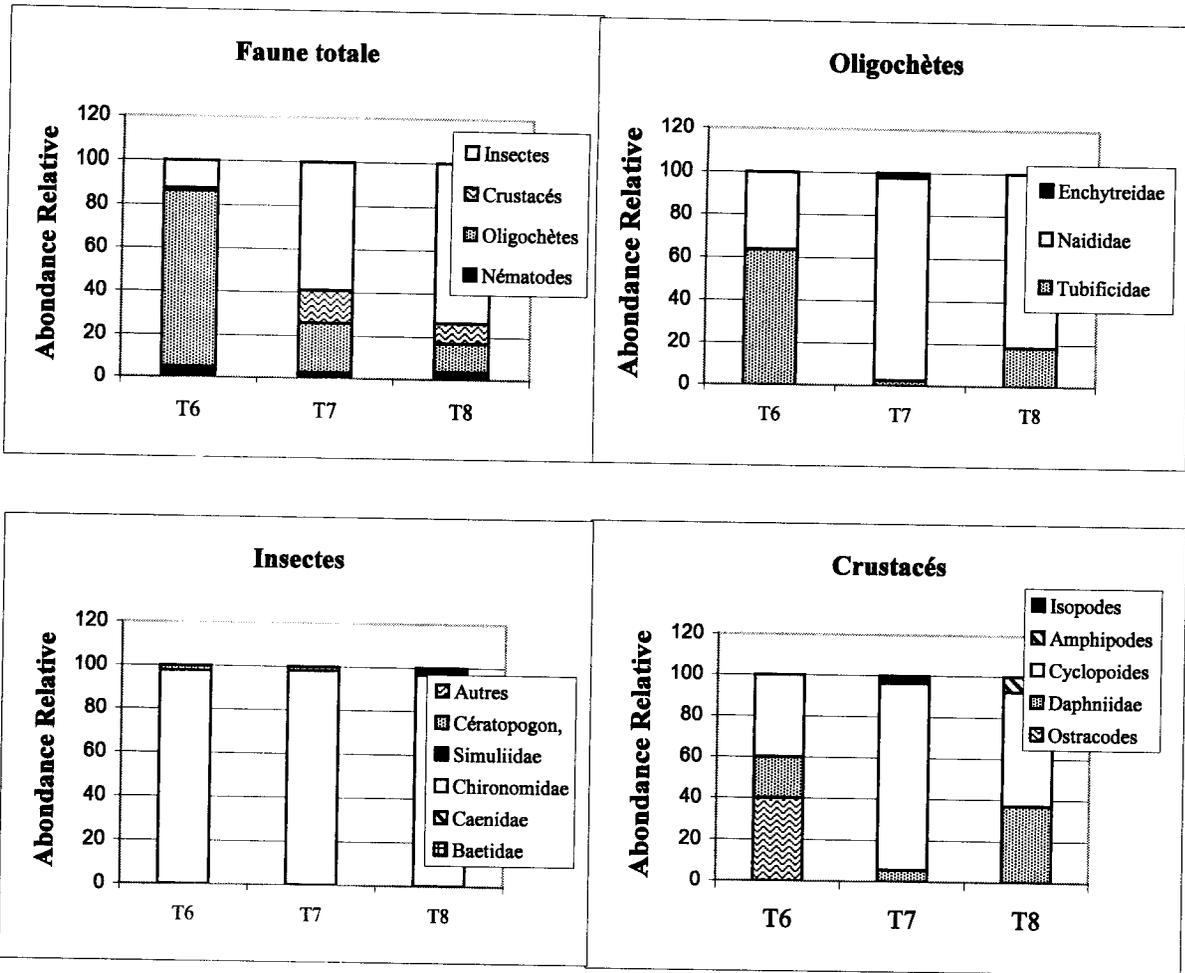


Fig.14 B Composition relative de la faune hyporhéique le long du transect Amont-Aval



l'aval, au niveau du sous écoulement de la station T8. Il est possible que ces organismes d'eau calme proviennent du barrage et ont dérivé par le courant des lâchers jusqu'à l'aval, une partie a été entraînée passivement par infiltration de l'eau de surface vers le sous-écoulement.

De plus, les stations aval (T7 et T8) se distinguent de la station T6 par la présence des espèces souterraines. Par exemple, les Isopodes *Typhlocirolana* et *Microcharon* dans la station T7 et les Amphipodes dans la station T8. Ceci serait une conséquence d'une diminution de l'influence des eaux de lâchers du barrage dans les stations aval. En revanche, ces espèces paraissent assez sensibles puisqu'elles ne représentent qu'un faible pourcentage, inférieur à 8 %.

D'autre part, l'analyse de la densité des groupes épigés dominants montre des différences, plus marquées dans le milieu hyporhéique (fig.15A), puisqu'on enregistre à l'aval une diminution des Oligochètes Naididae et plus particulièrement des Tubificidae, une augmentation des Chironomidae, et dans une moindre mesure des Cyclopoidae et des Daphniidae. Dans le milieu superficiel (fig.15B), une augmentation des Chironomidae et des Caenidae et une diminution des Cératopogonidae ont été observées.



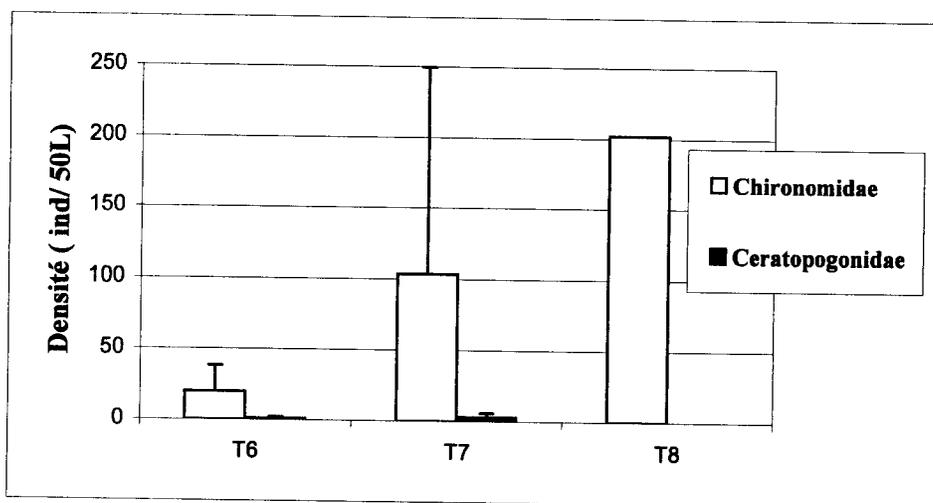
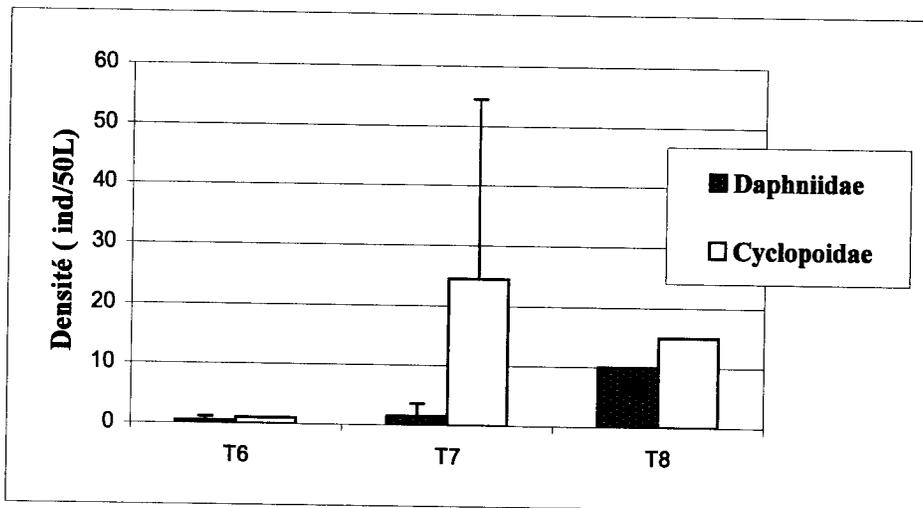
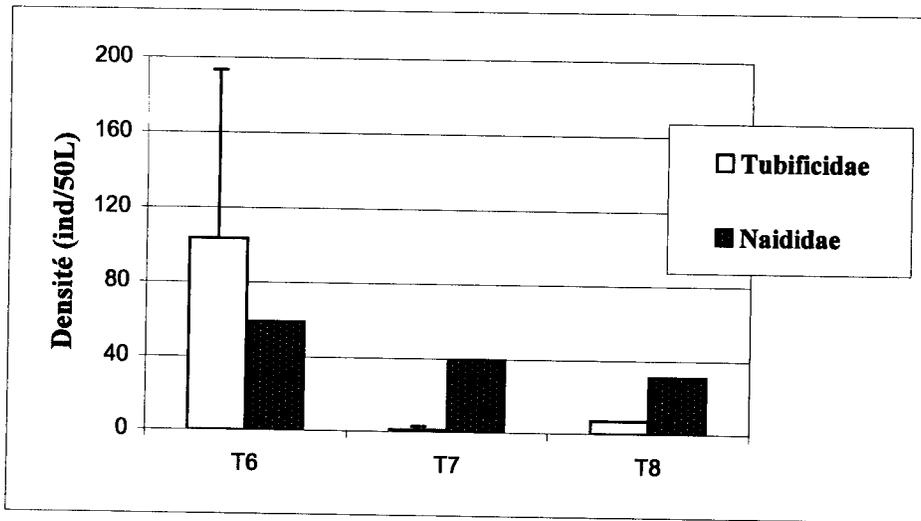


Fig.15 A Variation Amont-Aval de la densité des principaux taxons hyporhéiques



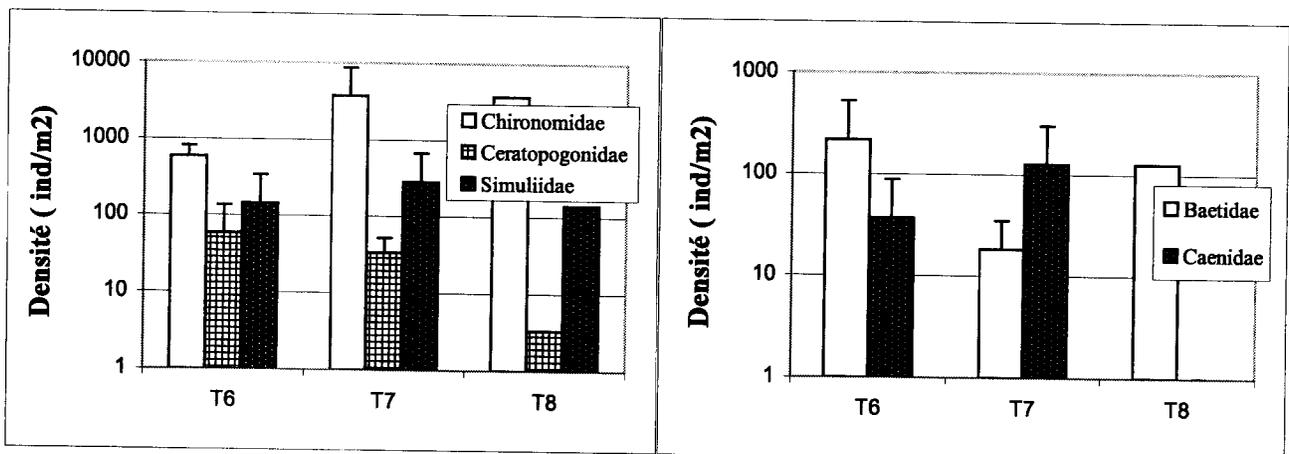
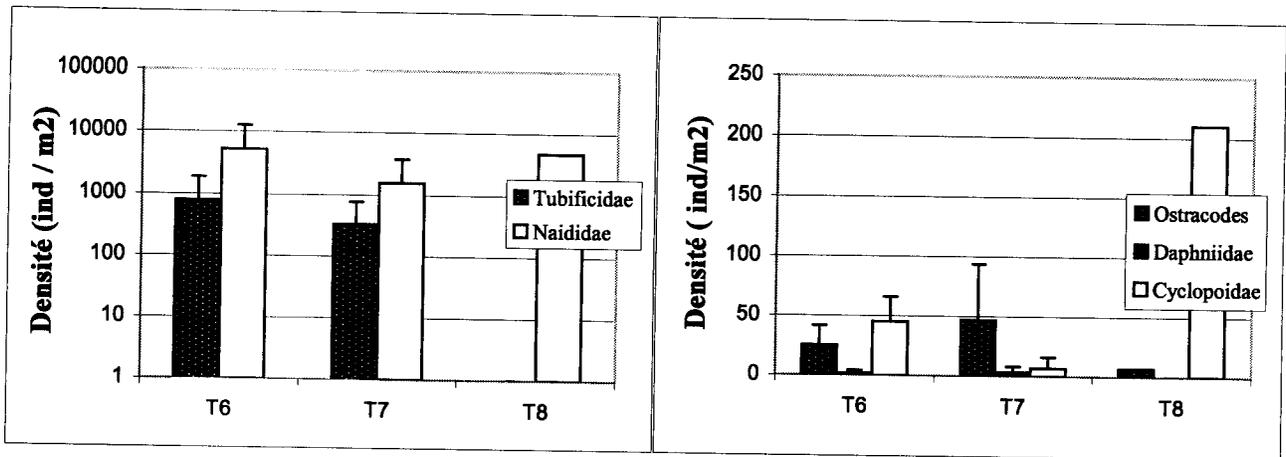


Fig.15B Variation Amont-Aval de la densité des principaux taxons benthiques



Chapitre V : DISCUSSION

Dans la présente étude, une richesse taxonomique relativement plus élevée de la faune hyporhéique a été enregistrée comparée à celle réalisée dans la partie amont de l'oued Tafna (Gagneur & Chaoui Boudghane 1991). Selon Gibert *et al.* (1981) et Mauclaire *et al.* (1998), la méthode de prélèvement (pompage de grands volumes d'eau dans la couche la plus peuplée) nous permet une meilleure estimation de la communauté hyporhéique que la méthode Karaman-Chappuis utilisée sur la haute Tafna. De plus la capture de certains micro-crustacés n'est possible que par pompage (Mathieu & Essafi-Chergui 1990). Toutefois, et d'une manière générale, peu d'espèces stygobies ont été récoltées. Ce faible taux de faune souterraine dans le sous-écoulement de l'oued Tafna serait lié au gradient hydraulique vertical, généralement négatif comme cela a été observé par Marmonier & Creuzé des Châteliers (1991) et indiquerait une faible stabilité du site étudié (Mermillod-Blondin *et al.* 2000). Effectivement, le secteur étudié est caractérisé par une zone d'infiltration plus importante, particulièrement dans sa partie avale (Taleb et al en préparation) et il est soumis à une forte pollution de type organique. La distribution et l'abondance de la stygofaune pourrait donc être utilisée pour l'évaluation de l'impact de cette pollution sur cette partie avale de la Tafna : *Typhlocirolana* et *Microcharon*, hôtes quasi permanents du sous écoulement du site, sont très peu abondants. Leurs distributions verticales (Berrady *et al.* 2000) et leur sensibilité aux conditions abiotiques qui caractérisent le site étudié (Mosslacher 2000), seraient en partie responsables de leurs faibles abondances. De plus, certaines espèces phréatobies strictes sont très mal représentées comme l'Amphipode *Echinogammarus cf. rhipidiophorus*, ou absentes comme l'Amphipode *Salentinella angelieri*. En effet, les Salentinellidae se rencontrent généralement dans les zones profondes (Dole-Olivier & Marmonier 1992). De plus, les Bathynellidae prédominent dans le sous-écoulement des rivières du désert de la Sonora, caractérisées par des conditions hypoxiques (Boulton & Stanley 1995), alors que les Parabathynellidae sont rares dans la Tafna. Cependant, les autres taxons semblent tolérer la pollution, en particulier les Crustacés Cyclopopoidea, les Cladocères Chydoridae, les Oligochètes *Limnodrilus hoffmeisteri* et *Tubifex tubifex*, et les diptères, notamment les Cératopogonidae et les Chironomidae. Notons que *L. hoffmeisteri* et *T. tubifex* appartiennent à un groupe polluo-résistant (Giani 1984, Poddubnaya 1984). De plus, d'après Poddubnaya (1984), le déficit d'adultes de Tubificidae est à rapprocher de la possibilité qu'ont certaines espèces comme *T. tubifex* et *L. hoffmeisteri* de changer leur stratégie de reproduction



Le fort pourcentage d'organismes de la faune épigée montre encore une fois l'importance écologique de cet habitat interstitiel peu profond démontrée par Gibert *et al.*(1977), et reflète l'intensité des perturbations du milieu (Dole-Olivier & Marmonier 1992).

D'autre part, la grande similitude de composition observée entre les biotopes hyporhéique et benthique, suggère une migration des organismes superficiels en profondeur, notamment des Cyclopoidae, des Tubificidae et des Chironomidae. Ces derniers, considérés comme un constituant majeur des insectes hyporhéiques (Williams 1984; McElravy *et al.* 1987; Williams 1989), sont moins abondants dans l'hyporhéique du site étudié que les Ceratopogonidae. Cependant, la comparaison entre la faune de la zone hyporhéique et celle du milieu superficiel montre une forte densité des insectes dans la zone de surface, particulièrement pour les Chironomidae, les Baetidae et les Caenidae, et une forte densité des Oligochètes comme les Naididae. Cette composition faunistique est une conséquence des conditions extrêmes qui caractérisent les régions arides (Gagneur & Thomas 1988; Lounaci *et al.* 2000), et de la pollution chronique (Gibert *et al.* 1998) qui règne dans la Tafna à l'aval de la ville de Maghnia. En effet, les Oligochètes Naididae répondent à la pollution organique en augmentant leur abondance. (Learner *et al.* 1978).

Durant cette étude, la similitude de richesse taxonomique et de diversité entre les trois stations (A, B et C) ne reflète pas la distribution spatiale de la faune hyporhéique du site car les trois stations sont caractérisées par des compositions faunistiques différentes. En effet, à l'amont du site, le pourcentage de stygofaune est relativement élevé et la densité de l'hyporhéos est plus importante que dans la partie aval, spécialement en ce qui concerne les Oligochètes *Trichodrilus* sp., les Cyclopoidae, les Harpacticoidae et les Ostracodes *Heterocypris incongruens*. Dans la partie avale, les espèces stygobies sont absentes alors que les abondances relatives des Cératopogonidae et de *Limnodrilus hoffmeisteri* sont plus élevées. La distribution des stygobies se calque sur la granulométrie du site, car les taxons rencontrés occupent généralement un sédiment grossier (Boutin 1984, Rouch 1988). Pour les autres taxons, la diminution de leur abondance est à mettre en relation avec les conditions anoxiques induites par le pourcentage élevé de sédiments fins qui colmatent les interstices et donc limitent l'oxygénation du sous écoulement.

Il s'avère donc clairement que la distribution et l'abondance des espèces communes peut être considérée comme une réponse au nouvel environnement créé par le réservoir d'Hamman



Bouhrara. Cette étude met en évidence un effet significatif des lâchers d'eau du barrage sur la communauté hyporhéique dans les trois stations. Néanmoins, les différents taxons n'ont pas été affectés de la même manière.

Les lâchers d'eau du réservoir induisent des changements à court terme des conditions abiotiques à l'aval, en provoquant surtout une augmentation de la concentration de la matière organique et un dépôt de sédiments fins qui s'infiltrent en profondeur (jusqu'à 50 cm) lorsque l'écoulement de l'eau est réduit (Taleb *et al.* en préparation). Ces deux facteurs peuvent nettement dégrader la qualité de l'eau pendant une longue période, car le barrage d'Hamam Bouhrara, reçoit en continu les eaux résiduaires industrielles et urbaines de la localité de Maghnia. Ainsi, les changements de la composition faunistique sont liés à la qualité de l'eau et les conditions hydrologiques. La richesse et la diversité taxonomique ne varient pas considérablement, reflétant ainsi la rapidité avec laquelle les taxons relativement sensibles comme les Oligochètes *Trichodrilus* sp., les Copépodes, les Isopodes, les Amphipodes et les Syncarides sont remplacés. Les autres taxons sont moins affectés, car ils semblent physiologiquement plus tolérants à la pollution. De plus, le nombre élevé de taxons épigés qui migrent dans le sédiment quand l'écoulement est suffisant (période des lâchers) démontrent un rôle de refuge important de la zone hyporhéique. Cette migration dans le sédiment, active ou passive, serait facilitée par une porosité plus importante. Il en résulte une plus grande richesse taxonomique des communautés, dont la stabilité, selon Gibert *et al.* (1981) ne serait pas assurée. Phénomène qui n'a pas été observé au moment de l'étiage. Ceci confirme les résultats déjà obtenus par Gagneur & Chaoui-Boudghane (1991) qui ont également signalé que peu d'espèces benthiques migrent dans la zone hyporhéique durant l'assèchement dans le cours supérieur de la Tafna. Le colmatage des interstices par des sédiments fins en période d'étiage durant une longue période, réduit la possibilité de migration des invertébrés en profondeur. De même, Del Rosario & Resh (2000) ont montré que le milieu hyporhéique n'offre pas de refuge pour les larves d'insectes aquatiques pendant l'assèchement d'une rivière Californienne.

La disparition des crustacés, en particulier stygobies, des milieux pollués a été déjà montrée. Wood *et al.* (2002) et Simon & Buikema (1997) ont constaté dans leurs travaux, l'absence des Amphipodes et des Isopodes dans les eaux souterraines très polluées de Banners Corner Cave (Virginie, USA), démontrant ainsi la sensibilité de ces organismes à la pollution et leur rôle d'indicateur biologique pour le milieu souterrain (Wood *et al.* 2002) et par conséquent pour la zone hyporhéique.



CONCLUSION

L'étude que nous avons réalisée sur un oued de la région semi aride soumise à des perturbations naturelles et anthropiques avait pour but l'évaluer la composition et la dynamique de la faune aquatique en fonction de la gestion du barrage.

Elle a permis en premier lieu de compléter nos connaissances sur les invertébrés hébergés par cet écosystème. On compte ainsi 56 taxons avec deux citations nouvelles pour l'Algérie : l'ostracode *Heterocypris salina* (Brady, 1862) et l'amphipode *Salentinella angelieri* Ruffo & Delamare-Deboutteville, 1952.

De plus, la faune récoltée est composée d'espèces eurythermes à large distribution altitudinale, d'espèces cosmopolites circum-méditerranéennes, commune en Europe et en Afrique du Nord et surtout d'espèces polluo-résistantes à large répartition géographique.

En second lieu, la zone hyporhéique semble être une mosaïque de microhabitats qui dépend des conditions très localisées et très fluctuantes, telles que la granulométrie des sédiments, le colmatage et le sens des échanges d'eau. Chacun de ces paramètres détermine un type de communauté interstitielle, augmentant ou réduisant l'abondance de certains taxons et éliminant les moins euryèces.

La richesse taxonomique plus élevée pendant et après les lâchers de l'eau du barrage reflète la mise en place et la diversification de communautés résistantes à la pollution, liée à l'enrichissement des sédiments en matières organiques tel que *L. hoffmeisteri*, *H. incongruens*, *H. salina*, *I. bradyi*, les Daphniidae, Chydoridae et les Ceratopogonidae.

Alors que la disparition relative des Oligochètes *Trichodrilus* sp, des Copépodes Harpacticidae, des Isopodes, des Amphipodes et des Syncarides durant ces deux périodes met en évidence leur sensibilité relative. Ces espèces pourraient donc être considérées comme indicateurs des eaux relativement de bonne qualité.

Les conditions hydrologiques dans le cours d'eau, particulièrement l'alternance des forts débits et des faibles écoulements, affecteraient d'avantage l'hyporhéos que la communauté benthique. En effet, ces écoulements façonnent le milieu, favorisant ou non les échanges avec la profondeur et par conséquent influencent la distribution de la communauté d'invertébrés.



Le concept de stabilité des communautés interstitielles, largement vérifié dans les cours d'eaux non ou légèrement pollués, ne peut être appliqué dans le cas des cours d'eaux fortement pollués et exposés à de fortes amplitudes de débit. Lorsque l'écoulement est réduit, limitant ou arrêtant les échanges de l'eau avec le milieu superficiel, la minéralisation de la matière organique dans la zone hyporhéique pourrait induire une eutrophisation à laquelle ne résistent pas les organismes qui envahissent ce milieu pendant les périodes de fort débit (lâchers de barrage).

Enfin, cette étude révèle l'existence d'une distribution faunistique tridimensionnelle qui confère un aspect dynamique au phénomène étudié :

- Longitudinale ou gradient amont- aval à petite échelle (site) et à grande échelle (moyenne et basse Tafna).
- Transversale ou gradient lit- rive.
- Temporelle avec une influence nette des lâchers sur la dynamique des différents taxons représentatifs.

En dernier lieu, les espèces stygobies se révèlent plus fragiles que les espèces épigées. En effet, l'action des perturbations exogènes se traduit par deux types de réactions : disparition et enfouissement. Ce qui permettra par conséquent de nous fournir avec la physico-chimie, de bonnes indications sur la qualité de l'eau interstitielle.

Les recherches futures seront donc axées sur les mouvements en profondeur de la faune phréatobie stricte dans le même secteur en comparaison avec des situations différentes des parties amonts du bassin versant de la Tafna et surtout des degrés divers de pollution afin de confirmer son utilisation comme qu'indicateurs de perturbation du milieu hyporhéique et par conséquent de la nappe phréatique.



BIBLIOGRAPHIE

- Amoros C. 1984.- Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. Crustacés Cladocères. *Bulletin de la société française de Limnologie* de Lyon, 3 : 74-143.
- Badri A., Giudicelli J. & Prévot G. 1987.- Effet d'une crue sur la communauté d'invertébrés benthiques d'une rivière Méditerranéenne, le R'dat (Maroc). *Acta Oecologica, oecol. Generalis*, 4(8) : 481- 500.
- Baltanas A., Beroiz, B., López, A., 1996. Lista faunística y bibliográfica de los ostrácodos no-marinos (Crustacea, Ostracoda) de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias. Listas de la flora y fauna de las aguas continentales de la Península Ibérica, 12. AEL, Madrid.
- Belaidi-Aliane N. 1992.- Etude de la salinité dans le bassin versant de la Tafna et son influence sur quelques organismes benthiques. thèse de Magister, Université de Tlemcen (Algerie), 64 p.
- Bendiouis C. 1991.- Contribution à l'étude de la faune hypogée d'Afrique du Nord (Milieux hyporhéique et phréatique). Thèse de Magister, Université de Tlemcen (Algerie), 109 p.
- Berrady I., Essafi K. & Mathieu J. 2000.- Comparative physico-chemical and faunal studies of two thermal spring brooks near Sidi Harazem (Morocco)., *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.*, 36(4): 261- 274.
- Botosaneanu L., Boutin C. & Henry J.P. 1985.- Deux remarquables cirolanides stygobies nouveaux du maroc et de rhodes. Problématique des genres typhlocirolana. *Racovitza*



- 1905 et Tturcolana Argano & Pesce, 1980 (Isopoda). *Stygologia*, 1,2 : 186- 207
- Botosaneanu L. 2001.- Morphological rudimentation and novelties in stygobitic Cirolanidae (Isopoda, Cymothoidea). *Vie-et-Milieu* 51 (1-2): 37-54.
- Bou C. 1974.- Les méthodes de récolte dans les eaux souterraines interstitielles. *Ann. Speleol.*, 29: 611-619.
- Bou C. & Rouch R. 1967.- Un nouveau champs de recherche sur la faune aquatique souterraine. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 265: 369-370.
- Boulanouar M., Boutin C. & Henry J.-P. 1991.- Premier Aselle anophtalme du Maroc: *Proasellus gineti* n. sp. (Crustacea, Isopoda, Asellota). *Stygologia* 6, 2: 119-125.
- Boulanouar M., Yacoubi M., Messouli M. & Coineau N. 1995.- Un nouveau Microcharon (Isopoda, Janiroidea) du Maroc. Origine et biogéographie historique. *Contr. Zool.*, 65 : 53-64.
- Boulton A.J. & Stanley E.H. 1995.- Hyporheic processes during flooding and drying in a Sonoran Desert stream. II Faunal dynamics. *Arch. Hydrobiol.*, 134 (1): 27-52.
- Boulton A.J., Valett H.M. & Fisher S.G. 1992.- Spatial distribution and taxonomic composition of the hyporheos of several Sonoran Desert stream. *Arch. Hydrobiol.* 125 (1) 37-61.
- Boumaiza M. & Thomas A. 1986.- Répartition et Ecologie des Ephéméroptères de Tunisie (1ere partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Archs Inst. Pasteur Tunis*, 36 : 567- 599.
- Boumaiza M., Martinez-Ansemil E. & Giani N. 1986.- Les oligochètes et Aphanoneura des eaux courantes de Tunisie. I – Données faunistiques. *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.*, 22(3): 231-237.
- Boumaiza M. & Thomas A. 1995.- Distribution and ecological limits of Baetidae vs the other mayfly families in Tunisia: a first evaluation (Insecta, Ephemeroptera). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 131 : 27- 33.



- Boutin C. 1984.- Sensibilité à la pollution et répartition de quelques espèces de crustacés phréatobies à Marrakech. *Mém. Biosp.*, 11(38):55-64.
- Boutin C. & Boulanouar M. 1983.- Méthodes de capture de la faune stygobie : Expérimentation de différents types de pièges appâtés dans les puits de Marrakech. *Bull. Fac.Sc.Marrakech*, 2: 5- 21.
- Boutin C. & Boulanouar M. 1984.- Premières données sur la faune des puits des environs de Marrakech (Maroc occidental). *Verh. Intern.Verein. Limnol.*, 22: 1762-1765.
- Boutin C. & Boulanouar M., Coineau N. & Messouli M. 2002.- Biodiversity in the stygobiotic cirolanids (Crustacea : Isopoda) from the Mediterranean Basin. I. A new species of Typhlocirolana in Morocco, taxonomic, ecological and biogéographic data. *Journal of Natural History*, 36: 797- 817.
- Boutin C. & Coineau N. 2000.- Evolutionary rates and phylogenetic age in some stygobiotic species. Chapter 23 in *Ecosystems , of the World 30: Subterranean Ecosystems*, H. Wilkens, D.C. Culver & W.F. Humphreys eds. Elsevier, Amsterdam & New York, pp. 433-451.
- Boutin C. & Dias N. 1987.- Impact de l'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech sur la nappe phréatique. *Bull. Fac.Sc.Marrakech, Section Svc.de la Vie*, 3: 5- 27.
- Boutin C. & Idbennacer B. 1989.- Faune stygobie du Sud de l'anti- Atlas marocain : Premier résultats. *Revue des sciences de l'eau*, 2 : 891- 904.
- Bouzidi A.& Giudicelli J. 1994.- Ecologie et distribution spatiale des macroinvertébrés des eaux courantes du Haut Atlas Marocain. *Rev. Fac. Sci. Mar.*, 8 : 23- 43.
- Chafiq M., Gibert J., Marmonier P., Dole-Olivier M.J. & Juget J. 1992.- Spring ecotone and gradient study of interstitial fauna along two floodplain tributaries of the river Rhône, France. *Regulated River: Research & Management*, 7: 103- 115.
- Champeau A. 1971.- Originalité du peuplement en Copépodes dans les eaux temporaires de Basse-provence et de Corse. *Annls. Fac. Sci. Marseille*, :55-77.
- Claret C., Marmonier P. , Boissier J.M., Fontvielle D. & Blanc P. 1997.- Nutrient transfer between parafluvial interstitial water and river : influence of gravel bar heterogeneity. *Freshwater Biol.*, 37: 657-670
- Coineau N. 1971.- Les Isopodes interstitiels. Document sur leur écologie et leur biologie. *Mém. Mus. Natn. Hist. Nat. (N. S.,A)* 64: 1- 170.
- Coineau N. 1994.- Evolutionary biogeography of the Microparasellid isopod Microcharon (Crustacea) in the Mediterranean Basin. *Hydrobiologia*, 287:77- 93.



- Dalams A. 1973.- Zoocénoses de puits artificiels en provence. *Ann. Speleol.*, 28 (3) : 517-522.
- Del Rosario R.B. & Resh V.H. 2000.- Invertebrates in intermittent and perennial streams: is the hyporheic zone a refuge from drying?. *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 19(4): 680- 696.
- Dole M.J. 1985.- Le domaine aquatique souterrain de la plaine alluviale du Rhône à l'est de Lyon. 2. Structure verticale des peuplements des niveaux supérieurs de la nappe. *Stygologia*, 1(3): 270- 291.
- Dole, M.J. & D. Chessel, 1986. Stabilité physique et biologique des milieux interstitiels. Cas de deux stations du Haut-Rhône. *Annls. Limnol.*, 22 (1): 69-81
- Dole- Olivier M. J. 1998.- Surface water-groundwater exchanges in three dimensions on a backwater of the Rhône River. *Freshwater biology*: 40: 93-109.
- Dole-Olivier M.J.& Marmonier P. 1992.- Patch distribution of interstitial communities: prevailing factors. *Freshwater Biology*, 27: 177-191.
- Dole-Olivier M.J., Marmonier P. & Befly J.L. 1997.- Response of invertebrates to lotic disturbance: is the hyporheic zone a patchy refugium? *Freshwater Biology*, 37: 257-276.
- Doledec S. & Chessel D. 1991.- Recent development in linear ordination methods for environmental sciences. *Advances in Ecology*, 1: 133-155.
- El Agbani M. A., Dakki M. & Bournaud M. 1992.- Etude typologique du Bou Regreg (Maroc): Les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. *Bull. Ecol.*, 23 (1/2) : 103- 113.
- François Y. 1949.- Sur quelques Copépodes des eaux douces du Maroc. *Bull. Soc. Zool. France*, 74 : 191- 198.
- Gagneur J & Chaoui-Boudghane C. 1991.- Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'ouest Algérien. *Stygologia*, 6: 77-89.
- Gagneur J., Giani N. & Martinez-Ansemil E. 1986.-Les oligochètes aquatique d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*. 122 : 119-124.
- Gagneur J. & Thomas A.G.B. 1988.- Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie, I. Répartition et écologie (1ière partie) (Insecta, Ephemeroptera). *Bull. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, 124: 213-223.
- Gagneur J. & Yadi B. 2000.- Intérêt faunique du peuplement des sources en Algérie et plus généralement en Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 136 : 33-42.
- Gauthier H. 1928.- Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et la Tunisie. Alger, imprimerie Minerva : 419 pp



- Gauthier H. 1938.- Ostracodes continentaux récoltés par M. Monad au Shara occidental et en Mauritanie. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 18 : 39- 61.
- Giani N. 1984. Le Riou Mort, affluent du Lot, pollué par les métaux lourds. IV. Etude des Oligochètes. *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.*, 20(3): 167-181.
- Gibert J., Ginet R., Mathieu J. & Reygrobellet J.L. 1981.- Structure et fonctionnement des écosystèmes du Haut-Rhône Français; IX: Analyse des peuplements de deux stations phréatiques alimentant des bras morts. *Int. J. Speleol.*, 11: 141-158.
- Gibert J., Marmonier P. & Plénet S. 1998.- Efficiency of bank filtration: biotic processes. *Verh. Internat. Verein.Limnol.*, 26: 1027-1031.
- Griffith M.B. & Perry S.A. 1993.- The distribution of macroinvertebrates in the hyporheic zone of two small Appalachian Headwater streams. *Arch. Hydrobiol.*, 126(3): 373-384.
- Grimm N.B. & Fisher S.G. 1984.- Exchange between interstitial and surface water : Implication for stream metabolism and nutrient cycling. *Hydrobiologia*, 11: 219-228.
- Gonzalez Mozo M. E. , Martens K. & Baltanas A. 1996.- A taxonomic revision of European Herpetocypris Brady and Norman, 1889 (Crustacea, Ostracoda). : *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique Biologie* 66 (0) 93-132.
- Gurnay R. 1908.- A new species of Cirolana from a fresh-water spring in the Algerian Sahara. *Zoologischer Anzeiger*, 32: 682- 685.
- Henry J. P. & Magniez G. 1981.- Un aselle cavernicole d'Algérie: *Proasellus notenboomi* n. Sp. Et nouvelles données sur les asellides d'Afrique du Nord. *Crustaceana*, 41 : 208- 215.
- Henry J. P. & Magniez G. 1989.- Stygobiont aselloid isopods from Spain collected by J. Notenboom and I. Meijers: II. The genus *Bragasellus* and a description of 7 new species. *Stygologia* 4(4): 332-362.
- Kilic M. 2001. Recent Ostracoda (Crustacea) fauna of the Black Sea coasts of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 25 (4): 375-388.
- Klie W. 1938.- Ostracode, Muschelkrebse: Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise, 34. Teil: *Krebstiere oder Crustacea*: 1- 230. *Gustav Fischer Verlag, Jena*.
- Kiefer V. F. 1952.- Contribution à la connaissance de la faune des Copépodes d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. de l'Afrique du Nord*, 43(7): 87- 112.
- Kraeim M. M. 1987.6- Contribution à l'hydrobiologie du réseau hydrographique de l'Ichkeul (Tunisie septentrionale). *Archs. Inst. Pasteur Tunis*, 64 (4): 463-475.
- Kulkoyluoglu O. 2000.- Distribution and ecology of freshwater Ostracoda (Crustacea) collected from springs of Nevada, Idaho, and Oregon: A preliminary study. *Western North*



- American Naturalist*, 60 (3): 291-303.
- Learner M.A., Lochhead G. & Hughes B.D. 1978.- A review of the biology of British Naididae (Oligochaeta) with emphasis on the lotic environment. *Freshwater Biology*, 8: 357- 375.
- Leopoldina F. P. 1969.- Contribution à l'étude des ostracodes du Portugal. Note sur une nouvelle espèce du genre *Herpetocypris*. *Int. Zool.*, 108: 8- 39.
- Lindberg K. 1952.- Cyclopides (Crustacés, Copépodes) du Maroc. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 32:193- 197.
- Lop A. F. 1989.- On the morphological variation of two circum-Mediterranean brackish-water gammarids, *Rhipidogammarus rhipidophorus* (Catta) and *Echinogammarus foxi*, new record (Schelleberg), from the Spanish inland waters (Crustacea, Amphipoda). *Spixiana* 12(2): 115-124
- Lounaci A., Brosse S., Thomas A. & Lek S. 2000.- Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in Algerian stream: the Sébaou wadi. *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.*, 36(2): 123-133.
- Magniez G. 1997.- Observations on the Asellidae and Stenasellidae from North Africa. *Memoires -de Biospeologie* ; 24 (0) 89-96
- Malard, F., Tockner K., M.J. Dole-Olivier & V.Ward, 2002. A landscape perspective of surface-subsurface hydrological exchanges in river corridors. *Freshwat. Biol.* 47: 621-640.
- Maridet L., Wasson J.G. & Philippe M. 1992.- Vertical distribution of fauna in the bed sediment of three running water sites: Influence of physical and trophic factors. *Regulated River: Research & Management*, 7: 45- 55.
- Marmonier P. & Creuzé des Châteliers M. 1991.- Effects of spates on interstitial assemblages of the Rhône River. Importance of spatial heterogeneity. *Hydrobiologia*, 210: 243- 251.
- Marmonier P. & Dole M.J. 1986.- Les amphipodes des sédiments d'un bras court-circuité du Rhône. Logique de répartition et réaction aux crues. *Rev. Sci. Eau*, 5: 461-486.
- Mauclaire L., Marmonier P & Gibert J. 1998.- Sampling water and sediment in interstitial habitats: a comparison of coring and pumping techniques. *Arch. Hydrobiol.*, 142(1): 111-123.
- Meisch C. 2000.- Freshwater Ostracoda of western and central Europe. *Subwasserfauna von Mitteleuropa* 8/3.



- Mermillod-Blondin F., Creuzé des Châteliers M., Marmonier P. & Dole-Olivier M.J 2000.- Distribution of solutes, microbes and invertebrates in river sediment along a riffle-pool-riffle sequence. *Freshwater Biology*, 44: 255-269.
- Mezquita F., Griffiths-H.I., Sanz S., Soria-J.M. & Pinon A. 1999a.- Ecology and distribution of ostracods associated with flowing waters in the eastern Iberian Peninsula. *Journal of Crustacean-Biology* 19 (2): 344-354.
- Mezquita F., Hernandez R. & Rueda J. 1999b.- Ecology and distribution of ostracods in a polluted Mediterranean river. *Palaeogeography-Palaeoclimatology-Palaeoecology* 148 (1- 3) 87-103.
- Mezquita F., Tapia G. & Roca J.R. 1999c.- Ostracoda from springs on the eastern Iberian Peninsula: Ecology, biogeography and palaeolimnological implications. *Palaeogeography Palaeoclimatolog Palaeoecology* ; 148 (1-3) 65-85.
- Mezquita F., Griffiths H.I., Dominguez M.I. & Lozano Q.M.A. 2001.- Ostracoda (Crustacea) as ecological indicators: A case study from Iberian Mediterranean brooks. : *Archiv-fuer-Hydrobiologie* 150 (4): 545-560.
- McElravy E.P. & Resh V.H. 1991.- Distribution and seasonal occurrence of the hyporheic fauna in northern California stream. *Hydrobiologia*, 220: 233-246.
- Mosslacher F. 2000.- Sensitivity of groundwater and surface water crustaceans to chemical pollutants and hypoxia: implications for pollution management. *Arch. Hydrobiol.*, 149(1): 51-66.
- Notenboom J. 1990.- Introduction to Iberan groundwater amphipods. *Limnetica*, 6: 165- 176.
- Notenboom J. 1991.- Marine regression and the evolution of groundwater dwelling amphipods (Crustacea). *J.Biogeogr.* 18: 437- 454
- Orghidan T. 1959.- Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers: Der hyporheische Biotop. *Arch. Hydrobiol.*, 55: 392-414.
- Pinkster S. & Platvoe D. 1990.- Some remarks on the genus *Echinogammarus* Stebbing, 1899 with description of *Echinogammarus valedictus*, new species from Algeria (Crustacea, Amphipoda). : *Bijdragen Tot de Dierkunde*, 60(3-4): 263-270
- Poole W.C. & Stewart K.W. 1976.- The vertical distribution of macrobenthos within the substratum of the Brozo River, Texas. *Hydrobiologia*, 50: 151-160.
- Roca J. R. & Baltanas A. 1993. Ecology and distribution of Ostracoda in Pyrenean springs. *Journal of Crustacean Biology*, 13(1): 165-173
- Rose M. & Vaissière R. 1952.- Catalogue préliminaire des copépodes de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique du Nord*, 43 (7) : 113- 136.



- Rouch R. 1988.- Sur la répartition spatiale des crustacés dans le sous-écoulement d'un ruisseau des Pyrénées. *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.*, 24: 213- 234.
- Rouch R. 1995.- Peuplement des crustacés dans la zone hyporhéique d'un ruisseau des Pyrénées. *Ann. Limnol.-Int. J. Lim.*, 31(1): 9-28.
- Rouch R., Pitzalis A. & Descouens A. 1993.- Effet d'un pompage à gros débit sur le peuplement des crustacés d'un aquifère karstique. *Annls Limnol.* 29 : 15-29.
- Samraoui B., Segers H., Maas S., Baribwegure D. & Dumont H.J. 1998.- Rotifera, Cladocera, Copepoda, and Ostracoda from coastal wetland in northeast Algéria. *Hydrobiologia*, 386: 183- 193.
- Seurat L. G. 1930.- Oligochètes limniques in Exploration zoologique de L'Algérie de 1830 à 1930. Collection du centenaire de l'Algérie, Masson & Cie eds, Paris: 570- 571.
- Simon K.S. & Buikema A.L. 1997.- Effect of organic pollution on an Appalachian cave: Changes in macroinvertebrate population and food supplies. *Amer. Midl. Nat.*, 138: 387- 401.
- Soldan T. & Thomas A.G.B. 1983.- New and little- known species of mayflies (Ephemeroptera) from Algeria. *Acta ent. Bohemoslov.*, 80: 356- 376.
- Tachet H., Bournaud M. et Richoux Ph. 1980.- Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces. Centre Régional de Documentation Pédagogique de l'Académie de Lyon : 155p
- Tachet H., Richoux Ph, Bournaud M. et Usseglio-Polatera Ph. 2002.- Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, écologie CNRS édition : 587p
- Taleb A., Belaidi N. & Gagneur J. (sous presse).- Water quality before and after dam building on a heavily polluted river in semi arid Algeria. *River Res. Applic.*
- Thorne R. St. J. & Williams P. 1997.- The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, 37: 671- 686.
- Williams D.D. 1984.- Hyporheic zone as a habitat for aquatic insects and associated arthropods. Pages 430- 455 in The ecology of Aquatics Insects. Resh V.H. & Rosenberg D.M. (eds.). Praeger Publishers, New York.
- Williams D.D. 1989.- Towards a biological and chemical definition of the hyporheic zone in two Canadian rivers. *Freshwater Biology*, 22: 189-208.



- Wood P.J., Gunn J. & Perkins J. 2002.- The impact of pollution on aquatic invertebrates within a subterranean ecosystem -out of sight out of mind. *Arch. Hydrobiol.* 155(2): 223-237.
- Yacoubi-Khebiza M. Boutin C. 1997.- Impact of an hydroelectric reservoir on the interstitial biotopes and the distribution of the interstitial fauna of a river. *Memoires de – Biospeologie.* 24 (0) : 191-206.
- Yacoubi-Khebiza M., Boulenouar M. & Coineau N. 1997.- Un nouveau Microparasellidae (Crustacé Isopode) du Haut –Atlas ; aspect phylogénétiques et biogéographiques. *Contribution to Zoology*, 66(4) : 227- 234.



ANNEXES



Tableau 1. La liste et l'abondance de la faune hyporhéique dans les trois stations (A B C) et dans le lit (L) et de la faune benthique (S) du site.

Taxons	A	B	C	L	S
Nematoda	15	11	19	5	4
Oligochaeta					
<i>Tubifex tubifex</i> (Muller, 1774)	5	2	7	2	3
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède, 1862	0.3	0.2	2.2	3	1.3
<i>Paranais birsteini</i> Sokolskaya, 1971	x	x	1	0.2	4
<i>Nais elinguis</i> Muller, 1773					2
<i>Trichodrilus</i> sp.	10	10	3	1.2	X
<i>Haplotaxis</i> sp.			0.3	0.2	X
<i>Enchytraeus</i> sp.	0.2	1.4	2.2		X
Gastropoda					
Physidae	1	1.3	3.4	0.6	1
Cladocera					
<i>Alona rectangulara</i> Sars, 1862	1	0.1	2	34	0.3
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)				3	18
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch 1841)	3	1	4	4	10
Copepoda					
<i>Acanthocyclops viridis viridis</i> (Jurine, 1820)	51	54	17	34	24
Harpacticoidae	1.4	9	0.1	0.3	X
Ostracoda					
<i>Heterocypris incongruens</i> (Ramdohr, 1808)	0.5	2	1	13	3
<i>Heterocypris salina</i> (Brady, 1862)	3	0.3	2	0.1	1.5
<i>Ilyocypris bradyi</i> (Sars, 1890)	1	0.1	1.5	0.2	0.4
<i>Herpetocypris brevicaudata</i> (Kaufmann, 1900)	0.6	0.3	0.2	0.2	1
<i>Pseudocandona pratensis</i> (Hartwig, 1901)	0.1		4		
Isopoda					
<i>Microcharon</i> sp.	2	3.2	0.1		
<i>Typhlocirolana</i> sp.	1	1		0.2	
Amphipoda					
<i>Echinogammarus</i> (cf. <i>Rhipidiophorus</i>)		0.1			
Syncarida					
Bathynellidae		0.1			
Hydracarina	0.4	0.5	1	0.2	X
Collembola	1.2	2	7	0.3	X
Ephemeroptera					
<i>Caenis luctuosa</i> (Burmeister, 1839)	0.1	0.1	0.6	X	3
<i>Cleon cognatum</i> Stephens, 1835					2
<i>Baetis pavidus</i> Grandi, 1949					2.2
Odonata					
Aeschnidae					X
Calopterygidae					0.3
Gomphidae					0.1
Trichoptera					
Hydropsychidae					1
Hydropsychidae (larvules)			3.6		
Heteroptera					
Corixidae	0.3	0.1	0.6	X	1
Gerridae	0.1		0.1		
Coleoptera					
Helophoridae	0.4				0.1
Elmidae	x				X
Dryopidae		0.6			0.2
Hydrophilidae	x				
Dytiscidae			0.6		0.1
Diptera					
Thaumaleidae			1		
Psychodidae			0.1		
Stratiomyidae			0.3		
Chironomidae	1	0.4	2	1.3	17
Ceratopogonidae	0.3	0.4	13	X	0.2
Simuliidae	0.2			X	3
Nombre de Taxon	29	26	30	24	35

Tableau 2. La liste et l'abondance de la faune benthique et hyporhéique dans les trois stations de la moyenne et basse Tafna

Taxons		T6H	T7H	T8H	T6S	T7S	T8S
Nematoda		4,76	2,52	3,52	0,2	2,25	
Oligochaeta	<i>Tubifex tubifex</i> (Muller, 1774)	45,5	0,56		10,7	5,23	
	<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède, 1862	6,4	0,56				
	<i>Limnodrilus Udekemianus</i> Claparède, 1862						2,46
	<i>Paranais birsteini</i> Sokolskaya, 1971	12,5	7,84	2,46	17,7	12,08	36,24
	<i>Nais elinguis</i> Muller, 1773	16,8	12,78	8,15	54,2	12,4	16,72
	<i>Trichodrilus</i> sp.		X				
	<i>Enchytraeus</i> sp.		0,56			X	
Gastropoda	Physidae				1,44	0,36	
	Limneidae					0,15	
Cladocera	<i>Alona rectangula</i> Sars, 1862					0,1	2,62
	Daphniidae	0,2	0,84	3,52	X	0,05	
Copepoda	<i>Acanthocyclops viridis viridis</i> (Jurine, 1820)	0,5	13,73	5,25	0,6		
Ostracoda	<i>Heterocypris incongruens</i> (Ramdohr, 1808)					0,4	
	<i>Heterocypris salina</i> (Brady, 1862)	0,5				0,25	0,07
	<i>Ilyocypris bradyi</i> (Sars, 1890)					0,25	
	<i>Herpetocypris brevicaudata</i> (Kaufmann, 1900)				0,25		
	<i>Pseudocandona pratensis</i> (Hartwig, 1901)				0,25		
Isopoda	<i>Microcharon</i> sp.		0,28				
	<i>Typhlocirolana</i> sp.		0,28				
Amphipoda	<i>Echinogammarus</i> (cf. <i>Rhipidiophorus</i>)			0,7			
Hydracarina						X	
Collembola		2,25				0,13	
Ephemeroptera	<i>Caenis luctuosa</i> (Burmeister, 1839)			0,7	0,5	1,98	
	<i>Baetis pavidus</i> Grandi, 1949				2,98	0,29	1,4
Trichoptera	Hydropsychidae				X		
Heteroptera	Corixidae					0,13	
Coleoptera	Helophoridae						
	Hydrophilidae				X		
Diptera	Tabanidae					X	
	Psychodidae				X	0,05	
	Chironomidae	10,12	57,98	71,02	8,06	58,64	41,64
	Ceratopogonidae	0,2	1,12		0,8	0,52	0,03
	Simuliidae			2,46	1,95	4,39	1,55
Nombre de Taxon		11	13	9	17	22	9

Tableau 3. La liste et l'abondance de la faune des puits de la moyenne Tafna (* taxon phréatobie)

Taxons	Pu1	Pu2	Pu3	Pu4	Pu5	Pu6	Pu7	Pu8	Pu9	Pu10	Pu11
Oligochaeta											
Lumbriculidae					1.3	0.22					
Gastropoda											
Planorbidae							0.04		1.37		
Valvatidae	0.5									0.06	2.1
Physidae									0.4	0.39	
Hydrobiidae		1.7						1.01			
Limneidae									0.9		
Cladocera											
Daphniidae									0.4		
Copepoda											
Cyclopoidae	40.4	62	17.2	63	76	72	44	68	44	53	10.3
Harpacticoidae	1.7										
Isopoda											
<i>Proasellus</i> .*	0.52		0.64					0.81			
<i>Typhlocirolana</i> sp.*			0.64			9.55	4	10.8			
Amphipoda											
<i>Echinogammarus</i> (cf. <i>Rhipidiophorus</i>)*	0.52				2.59	2.44		0.2			
<i>Sallentinella angelieri</i> *						0.22					
Hydracarina					2.59	0.22	4				
Collembola	16.58	6.89			2.59	2		0.6	2.75	2.8	80
Heteroptera											
Corixidae		3.4		1.7						0.06	
Coleoptera											
Dyticidae			0.03							0.06	
Diptera											
Chironomidae	0.16	6.89	0.3	1.7		0.66	16			1.56	5.67
Cératopogonidae			0.32								
Culicidae	24.87	15.5	80.89	33.3	18.18	12.9	28	17.68	50.5	41.9	
Nombre de Taxon	8	6	7	4	6	9	6	7	7	8	4

