

**MESURE DE L'IMPACT DES PRATIQUES  
DE CANYONING ET D'AQUARANDONNEE  
SUR LES INVERTEBRES AQUATIQUES  
DES RIVIERES DOURBIE ET BRAMABIAU  
DANS LE DEPARTEMENT DU GARD**

RAPPORT TECHNIQUE

avril 2005



Un regard professionnel sur votre environnement

# SOMMAIRE

<b>1 - INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2 - ETUDES EXISTANTES.....</b>	<b>1</b>
2.1 - RAPPORTS TECHNIQUES .....	1
2.2 - ARTICLES SCIENTIFIQUES.....	2
2.3 - CONCLUSION.....	2
<b>3 - ZONE D'ÉTUDE.....</b>	<b>2</b>
3.1 - BRAMABIAU.....	2
3.2 - DOURBIE.....	3
<b>4 - TECHNIQUES DE MESURE.....</b>	<b>3</b>
4.1 - DÉRIVE .....	4
4.2 - FAUNE EN PLACE.....	4
4.3 - SUBSTRATS ARTIFICIELS .....	5
<b>5 - TRAITEMENT DES DONNÉES.....</b>	<b>5</b>
5.1 - EFFECTIFS ET RICHESSE.....	6
5.2 - STRUCTURE DU PEUPEMENT.....	6
<b>6 - RÉSULTATS .....</b>	<b>8</b>
6.1 - CONDITIONS HYDROLOGIQUES.....	8
6.2 - LE BRAMABIAU.....	8
a - Données physico-chimiques et mésologiques.....	8
b - Effectifs.....	8
c - Richesse.....	9
d - Structure des peuplements en place .....	10
e - Structure de la dérive .....	11
6.3 - LA DOURBIE .....	12
a - Données physico-chimiques et mésologiques.....	12
b - Effectifs.....	12
c - Richesse .....	13
d - Structure des peuplements en place .....	14
e - Structure de la dérive .....	14
<b>7 - SYNTHÈSE DES RÉSULTATS .....</b>	<b>15</b>
7.1 - BRAMABIAU.....	15
7.2 - DOURBIE.....	16
<b>8 - PROPOSITIONS DE SUIVI.....</b>	<b>17</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURES .....</b>	<b>21</b>
GÉNÉRALITÉS.....	22
Figure 1 - Localisation des sites de prélèvement .....	22
Figure 2 - Photographies des techniques de prélèvement et des sites d'observation .....	23
Figure 3 - Echelles de sensibilité des taxons récoltés dans le Bramabiau et la Dourbie .....	24
Figure 4 - Débit de la Dourbie à Dourbies de janvier à septembre 2004.....	25
RÉSULTATS BRAMABIAU.....	26
Figure 5 - Données physico-chimiques et mésologiques associées à la dérive.....	26
Figures 6 à 7 - Evolution spatio-temporelle des effectifs et de la richesse.....	27
Figures 8 à 11 - AFC inter-visite sur la faune en place .....	29
Figures 12 à 14 - AFC inter-visite sur la dérive.....	33
RÉSULTATS DOURBIE.....	36
Figure 15 - Données physico-chimiques et mésologiques associées à la dérive.....	36

<i>Figures 16 à 17 - Evolution spatio-temporelle des effectifs et de la richesse.....</i>	<i>37</i>
<i>Figures 18 à 21 - AFC inter-visite sur la faune en place .....</i>	<i>39</i>
<i>Figures 22 à 24 - AFC inter-visite sur la dérive.....</i>	<i>43</i>
<b>TABLEAUX.....</b>	<b>46</b>
RÉSULTATS BRAMABIAU.....	47
<i>Tableaux 1 à 2 - Faune en place .....</i>	<i>47</i>
<i>Tableaux 3 à 4 - Dérive diurne.....</i>	<i>49</i>
<i>Tableaux 5 - Substrats artificiels.....</i>	<i>51</i>
RÉSULTATS DOURBIE.....	52
<i>Tableaux 6 à 7 - Faune en place .....</i>	<i>52</i>
<i>Tableaux 8 à 9 - Dérive diurne.....</i>	<i>54</i>
<i>Tableaux 10 - Substrats artificiels.....</i>	<i>56</i>

---

## **1 - INTRODUCTION**

Le canyoning sensu stricto consiste à cheminer, dans le sens de la descente, dans des gorges très étroites en utilisant des techniques d'escalades et de spéléologie. Le cours d'eau est caractérisé par des affleurements de roche mère, avec des ruptures de pente très importantes et fréquentes. Cette pratique requiert une condition physique certaine et par sécurité, un minimum de connaissances dans les techniques évoquées ci-dessus.

L'aquarandonnée a pour but d'effectuer de la marche dans les cours d'eau en y associant accessoirement des petits sauts dans des vasques et des glissades dans des toboggans naturels. Les cours d'eau présentent une succession de pools et de radiers avec de faibles ruptures de pente et souvent des écoulements sur des chaos de gros blocs. Contrairement au canyoning, les pratiquants ne doivent pas posséder de capacités physiques singulières, ni de connaissances en techniques d'escalade.

Afin d'éviter des lourdeurs syntaxiques, le terme de canyoning utilisé dans ce rapport inclura également les activités d'aquarandonnée.

Ce rapport a pour objectif d'évaluer l'impact du canyoning sur les invertébrés aquatiques des rivières Dourbie et Bramabiau dans le département du Gard.

## **2 - ETUDES EXISTANTES**

Nous distinguerons deux types de documents concernant l'impact du canyoning sur les macroinvertébrés aquatiques : les rapports techniques et les articles scientifiques. Dans ce chapitre nous nous limiterons aux documents dans lesquels les conclusions quant à l'éventuel impact du canyoning sur les macroinvertébrés aquatiques se basent sur des observations inédites.

### **2.1 - Rapports techniques**

En 1994, une étude menée dans les Pyrénées (BROSSARD et HANOUEL, 1994) conclut que l'IBGN (Indice Biologique Global Normalisé) ne varie pas entre une zone concernée par le canyoning et une référence amont et que par ailleurs, il n'y a pas de différences notables dans les valeurs de l'indice entre le début et la fin de la saison de pratique du canyoning.

Deux ans plus tard, des observations ont été effectuées dans les Cévennes (TRONCHE, 1996) sur les cours d'eau du Tapoul (affluent du Tarnon) et du Crouzoulous (affluent de la Dourbie). L'indice IBGN ne varie pas entre la zone de canyoning et la référence amont sur le Tapoul. Par ailleurs, les conclusions tirées par l'auteur sur les effectifs (augmentation dans les zones de canyoning par rapport à la référence amont sur le Tapoul et baisse des effectifs dans les zones de canyoning sur le Crouzoulous) doivent être prises avec beaucoup de précaution compte tenu du faible nombre d'échantillons et de la forte variabilité des effectifs récoltés dans un même habitat d'un site donné (voir par exemple le tableau page 25 de l'étude).

Une demande de rapports concernant l'impact du canyoning sur les macroinvertébrés aquatiques a été effectuée en mai 2004 auprès de la délégation régionale Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur du CSP. Le seul document envoyé (ALBERT et

*IRIS consultants*

RATINEAU, 1999) donne les résultats d'investigations réalisées dans le vallon de Duranus (affluent de la Vésubie) selon lesquels les effectifs de macroinvertébrés baissent dans la zone où est pratiqué le canyoning. Il est toutefois difficile de dire si cette diminution est significative car le document ne mentionne pas si ces affirmations s'appuient sur des tests statistiques.

## **2.2 - Articles scientifiques**

Une interrogation de la banque de donnée du CNRS (site [www.inist.fr](http://www.inist.fr)), n'a donné aucune référence (depuis 1990) concernant l'impact du canyoning (canyoneering en anglais) sur les macroinvertébrés aquatiques. Une recherche directe sur internet (avec le moteur de recherche Google) n'a pas donné davantage de résultats.

Nous avons ensuite élargi la recherche à tout impact du piétinement (trampling en anglais) du lit du cours d'eau sur les macroinvertébrés aquatiques. Aux Etats-Unis, DODDS et JEFFREY (1999) ont étudié ainsi l'impact de la traversée de troupeaux de bisons sur les peuplements de macroinvertébrés. En été, le nombre de taxons parmi les éphéméroptères, trichoptères et plécoptères, est nettement plus faible sur le lieu de passage qu'en amont. Les auteurs signalent également un changement dans la structure du peuplement avec une réduction des *Hydropsychidae* et des *Elmidae* alors que les *Ceratopogoninae*, les *Naididae* et les *Tubificidae* voient leurs effectifs augmenter. Dans la rivière Njoro au Kenya, MATUKU MATHOOKO (2001) n'a pas observé de différence statistiquement significative dans le degré d'agrégation (patchiness) des macroinvertébrés suite au piétinement du lit de la rivière exercé par les hommes et le bétail.

## **2.3 - Conclusion**

Les références concernant l'impact du piétinement des cours d'eau sur les macroinvertébrés aquatiques sont peu nombreuses. Les rapports techniques focalisés sur les effets du canyoning montrent que l'indice IBGN ne varie pas alors que les effectifs récoltés subissent des fluctuations plus marquées mais dont la signification statistique n'est toutefois jamais évoquée.

## **3 - ZONE D'ETUDE**

Les investigations concernent deux cours d'eau du bassin amont du Tarn et drainant le flanc occidental du Mont Aigoual : le Bramabiau (ou Bonheur) et la Dourbie.

### **3.1 - Bramabiau**

Après un parcours de 6 km dans une vallée ouverte à très faible pente, les eaux s'engouffrent au niveau d'un effondrement d'une dalle calcaire et réapparaissent 600 mètres en aval par une cheminée creusée dans le plateau calcaire de Camprieu (site appelé "abîme de Bramabiau"). Le parcours pratiqué par le canyoning (figure 1) est situé quelques kilomètres à l'aval de l'abîme et il s'étend sur une distance à peu près équivalente de part et d'autre du pont de la D 157.

Sur les sites amont et intermédiaire, le Bramabiau coule sur un substrat de type granitique. La pente du lit est élevée (25‰ à 60‰) et le couvert forestier environnant

limite l'ensoleillement. Le site aval se trouve sur un substratum métamorphique composé de gneiss et de schistes. La pente du lit y est nettement plus élevée (voisine de 100 ‰) et l'ensoleillement plus marqué que sur les deux sites amont.

Le niveau de fréquentation du parcours de canyoning est qualifié d'élevé (plus de 50 pratiquants par jour) par CHAMPALBERT et GARRIDO (1998).

Le peuplement de macroinvertébrés du tronçon concerné par le canyoning peut également être influencé par les facteurs suivants :

- Existence d'une conduite forcée en parallèle qui prend une partie du débit du Bramabiau. Le tronçon étudié est ainsi en débit réservé.
- Rejets domestiques et lixiviats d'une décharge d'ordures ménagères issus du village de Camprieu, situé quelques kilomètres à l'amont du tronçon étudié.
- Apports d'eaux chargées en métaux (plomb, zinc) en provenance d'un secteur minier drainé par des affluents en rive droite.
- Activité de baignade sur les portions accessibles depuis la berge

### **3.2 - Dourbie**

Le village de Dourbies est entouré par deux tronçons de canyoning sl. (figure 1). Dans cette étude, nous nous sommes intéressés au tronçon situé à l'aval de Dourbies.

La référence amont est localisée à l'amont des deux parcours de canyoning évoqués précédemment. La vallée est ouverte et la pente du lit n'est pas très élevée (16 ‰). Le cours d'eau est bordé par une ripisylve entourée de prairies. Les zones lenticulaires sont bien développées et elles alternent avec des radiers dominés par des pierres et des blocs.

Sur le site intermédiaire, la pente du lit est plus élevée que sur le site amont (55 ‰). Le lit est principalement constitué par des blocs disposés en cahot qui s'intercalent entre des passages rocheux. Sur le site aval, la pente augmente encore (90 ‰). Le faciès érosif composé de dalles et de rochers y est dominant avec une alternance de cascades et de marmites profondes.

Le niveau de fréquentation du parcours de canyoning est qualifié d'élevé (plus de 50 pratiquants par jour) par CHAMPALBERT et GARRIDO (1998).

Le peuplement de macroinvertébrés du tronçon concerné par le canyoning peut également être influencé par les facteurs suivants :

- Rejets domestiques du village de Dourbies
- Autres activités de loisirs (pêche et baignade), très développées sur le parcours

## **4 - TECHNIQUES DE MESURE**

Il s'agit d'évaluer l'incidence du canyoning d'une part sur les rythmes d'activité et de mobilité active ou passive des macroinvertébrés (mesure de dérive) et d'autre part de quantifier l'importance de cet impact éventuel en terme de proportion de peuplement touchée (étude de la faune en place).

## 4.1 – Dérive

La dérive est constituée par l'ensemble des animaux, végétaux et débris emportés par le courant. On distingue en général une dérive inerte (particules minérales, débris végétaux, exuvies...) et une dérive constituée d'organismes aquatiques vivants (invertébrés, poissons, végétaux comme les diatomées...). Dans ce travail, nous nous intéresserons à la dérive des invertébrés et il ne sera pas fait de distinction entre les individus morts et vivants afin de simplifier le protocole.

La faune dérivante sera collectée en continu sur 12 heures en phase diurne (de 8 à 20 heures). Le nombre de filets piègeurs est de trois. La surface à l'entrée de chaque filet est celle du filet Surber de la norme IBGN (1/20 m<sup>2</sup>). Les photos A et B de la figure 2 montrent les filets en phase de prélèvement dans le cours d'eau. Les filets seront récoltés toutes les heures et la faune sera conservée séparément pour chaque heure et chaque filet, ce qui donne 36 (12 heures x 3 filets) prélèvements par site.

Les trois sites de chaque cours d'eau seront échantillonnés à deux reprises :

1. A la fin du mois de mai, juste avant le démarrage de la saison de canyoning qui s'étale du début du mois de juin à la fin septembre.
2. A la fin du mois de juillet, en pleine période de pratique et à une époque de forte fréquentation (vacances estivales).

Etant donné que certaines études (voir par exemple WILLIAMS, 1980) ont souligné l'existence de variations importantes de la dérive entre les jours d'une même semaine, les prélèvements de dérive seront effectués aux mêmes heures et le même jour sur les trois sites d'un même cours d'eau, ce qui nécessite la présence simultanée de trois équipes sur le terrain. Cette précaution permettra de s'affranchir de certains facteurs qui pourraient fausser la comparaison entre les sites (variations journalières des conditions météorologiques, de la qualité de l'eau...).

Le niveau systématique sera celui retenu pour les notes d'affinités vis-à-vis des différents traits bio-écologiques dans l'ouvrage de TACHET et al. (2000).

Parallèlement à la dérive, nous suivrons, au même pas de temps que les échantillonnages d'invertébrés dérivant, les paramètres physico-chimiques et mésologiques suivants : pH, conductivité, oxygène dissous, saturation en oxygène, état du ciel (dégagé, nuageux, pluvieux...), ensoleillement du cours d'eau à l'amont des filets et niveau de l'eau. La température sera suivie avec un pas de temps plus court (15 minutes).

## 4.2 - Faune en place

La faune en place est prélevée à l'aide du même matériel que celui requis pour le protocole normalisé IBGN (norme NF T 90-350) à savoir le Surber et le Troubleau. La figure 2C montre un prélèvement de faune à l'aide du filet Surber sur un bloc. La surface échantillonnée par prélèvement est de 1/20<sup>ème</sup> de mètre carré et le nombre de prélèvements par site sera de 8.

Le mode d'échantillonnage sera par contre différent de la norme IBGN et sera de type aléatoire. Sur le plan pratique, nous avons généré pour chaque site (avec la fonction ALEA d'Excel) 8 paires de nombres aléatoires de 0 à 100. Le premier chiffre de la paire "Y" permet

de se positionner sur l'axe longitudinal du cours d'eau (Y% de la longueur du site) tandis que le second "X" constitue la coordonnée transversale (X% de la largeur mouillée du cours d'eau à la coordonnée Y). En cas d'inaccessibilité du point XY (berges abruptes, profondeur trop élevée...), nous prélèverons dans l'habitat (couple support-vitesse du courant) identique le plus proche.

Les trois sites de chacun des deux cours d'eau seront échantillonnés à trois reprises :

1. A la fin du mois de mai, juste avant le démarrage de la saison de canyoning qui s'étale du début du mois de juin à la fin septembre.
2. A la fin du mois de juillet, en pleine période de pratique et à une époque de forte fréquentation (vacances estivales).
3. A la fin du mois de septembre, au terme de la saison de canyoning.

Le niveau systématique sera identique à celui retenu pour la dérive.

Des prélèvements complémentaires ont également été réalisés si à l'issue des 8 prélèvements aléatoires, un habitat non accessoire sur le site (recouvrement supérieur à 1%) n'avait pas été échantillonné.

Des prélèvements et analyses physico-chimiques de base seront effectués la même semaine que les inventaires d'invertébrés benthiques. Les paramètres analysés sont : température, pH, conductivité, oxygène dissous, saturation en oxygène, NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, COD, PO<sub>4</sub> et MES. Ces mesures ont pour objectif de détecter des perturbations autres que celles occasionnées par les randonneurs aquatiques (rejets domestiques par exemple). Afin de mieux cerner les éventuels pics de pollution, les prélèvements de physico-chimie seront effectués à l'heure où la conductivité est maximale. Cette stratégie ne pourra être utilisée que lors des deux premières campagnes, en même temps que les dérives au cours desquelles la conductivité est mesurée toute les heures.

#### **4.3 – Substrats artificiels**

Parallèlement aux prélèvements de faune en place nous analyserons la faune des substrats artificiels (grillage avec des galets du type de ceux décrits dans le protocole expérimental de l'IBGA, GAY 1997) posés dans les différents sites quelques semaines avant chaque campagne. Les substrats sont présentés sur les photos D à F de la figure 2. Les substrats seront posés dans des abris, de manière à ne pas être piétinés lors des activités de canyoning. Ces substrats doivent permettre de comparer la faune des différents sites aux différentes campagnes en absence de piétinement (y compris dans les parcours concernés par le canyoning) dans des conditions d'habitat (support et vitesse du courant) a priori voisines d'un site à l'autre.

### **5 - TRAITEMENT DES DONNEES**

L'impact du canyoning sur les macroinvertébrés (faune en place et dérive) concernera les effectifs (densité), la richesse taxonomique et la structure des peuplements.

## 5.1 - Effectifs et richesse

Pour la faune en place, nous étudierons d'une part les variations globales des valeurs par site et par campagne (faune en place dite totale) et d'autre part les changements dans la distribution des valeurs dans les différents habitats (faune en place par habitat).

La dérive sera étudiée d'une part au travers des variations globales des valeurs des paramètres par site et par campagne (dérive diurne dite totale) et d'autre part par les changements dans le rythme journalier de ces valeurs (dérive diurne par tranche horaire). Dans le cas particulier des effectifs, nous exprimerons la dérive diurne totale de deux manières différentes (voir BOURNAUD et THIBAUT, 1973) : la densité de dérive et l'intensité de renouvellement. La densité de dérive correspond au nombre d'organismes dérivant par mètre cube d'eau filtrée alors que l'intensité de renouvellement indique le nombre de mètres carrés de fond dont la faune est théoriquement totalement renouvelée en une heure. Cette dernière variable permet de relier la dérive avec la densité de la faune benthique. Le calcul de la densité de dérive nécessite de connaître la vitesse du courant à l'entrée de chaque filet. L'intensité de renouvellement  $I_r$  se calcule par la formule suivante :  $I_r = d.Q / n$  où  $d$  = densité de dérive,  $Q$  = débit du cours d'eau et  $n$  = densité du peuplement benthique.

Pour les substrats, nous étudierons seulement les variations globales par site et par campagne.

La signification statistique des variations globales des valeurs des paramètres (faune en place et dérive totale) entre les sites et les campagnes sera évaluée à l'aide du test de Mann-Whitney (somme des rangs). Dans le cas de la faune en place, l'échantillon de base est constitué par un prélèvement, ce qui donne deux fois huit échantillons pour chaque comparaison. Dans le cas de la dérive, l'échantillon de base est constitué par un filet, ce qui donne deux fois trois échantillons pour chaque comparaison, ce qui constitue le nombre minimal d'échantillons pour pouvoir appliquer le test de Mann-Whitney.

La signification statistique des variations de distribution des valeurs des paramètres (dérive par tranche horaire) entre les sites et les campagnes sera évaluée à l'aide du test de Spearman. Il s'agit en fait d'un test de corrélation non paramétrique, qui ne requiert par la normalité des données.

Pour la distribution de la faune en place par habitat et les substrats artificiels, nous ne disposons pas d'échantillons en nombre suffisant pour réaliser des tests statistiques. En tout état de cause, les substrats n'interviendront que comme complément à l'interprétation des variations de faune en place.

## 5.2 - Structure du peuplement

L'éventuel impact du canyoning sur la structure du peuplement de macroinvertébrés sera étudié à l'aide d'analyses multivariées inter-classes. Ce type d'analyse a été introduit en écologie par DOLEDEC & CHESSEL (1989). Nous en rappelons rapidement l'intérêt pour l'utilisateur.

Considérons deux tableaux :

1. Un tableau "faune" constitué de  $n$  lignes (relevés) et de  $p$  colonnes (taxons). Ce tableau contient l'abondance des taxons dans les différents relevés.

2. Un tableau "variable qualitative explicative" (date, site...) constitué de n lignes (relevés) et une colonne. Ce tableau contient les modalités de la variable étudiée dans les différents relevés.

On appellera "classe" l'ensemble des relevés caractérisés par la même modalité de la variable qualitative.

L'analyse globale (ACP, AFC classique) maximise la dispersion totale des relevés et des espèces. L'analyse intra-classe maximise la dispersion à l'intérieur de chacune des classes (élimination de l'effet de la variable qualitative sur le tableau). A l'inverse, l'analyse inter-classe maximise la prise en compte de l'effet de la variable qualitative sur le tableau faune.

Dans notre cas, nous opterons pour une analyse de type AFC, qui appréhende le mieux les changements de structure des peuplements. La variable qualitative sera constituée par les visites. Une visite correspond aux prélèvements réalisés sur un site à une date donnée. La variable "visite" comporte donc neuf modalités par cours d'eau :

1. site amont en mai,
2. site amont en juillet,
3. site amont en septembre,
4. site intermédiaire en mai,
5. site intermédiaire en juillet,
6. site intermédiaire en septembre,
7. site aval en mai,
8. site aval en juillet,
9. site aval en septembre

L'interprétation des cartes factorielles s'effectuera à partir de différentes données associées aux relevés :

1. abondance des taxons
2. paramètres mésologiques (vitesse du courant et supports dans le cas de la faune en place, tranches horaires dans le cas de la dérive)
3. structure fonctionnelle des peuplements au travers de quatre variables : sensibilité à la matière organique, sensibilité aux particules fines, affinité pour le courant et affinité pour les supports abrités.

Les différentes sensibilités du peuplement évoquées précédemment sont égales à la moyenne pondérée par leur abondance des sensibilités de chacun des taxons présents. Elles sont exprimées sous la forme d'indice variant entre 0 (sensibilité minimale) et 100 (sensibilité maximale). La sensibilité des taxons vis-à-vis de la matière organique, des particules fines et du courant est établie à partir des notes d'affinité concernant les traits bio-écologiques "valeur saprobiale", "microhabitats" et "courant" données par TACHET et al. (2000). L'affinité des taxons pour les supports abrités a été établie à partir des relevés de faune en place dans les sites sans pratique de canyoning au moment des prélèvements (référence amont aux trois campagnes plus les autres sites en mai). Les sensibilités des taxons récoltés dans les cours d'eau étudiés sont présentées dans la figure 3. Le nombre de taxons utilisés pour l'indice supports abrités est nettement plus faible que pour les deux autres indices car il concerne seulement les taxons les plus abondants, pour lesquels un profil écologique a pu être établi.

Les calculs liés aux analyses multivariées sont réalisées grâce à la base ADE-4 de l'université de Lyon (site internet <http://pbil.univ-lyon1.fr/Rweb/Rweb.general.html>) qui utilise le langage R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2004).

## 6 - RESULTATS

Les données brutes concernant la faune en place (aléatoire et complément) sont présentées dans les annexes 1 et 2. Les résultats de dérive correspondent à l'annexe 3 et ceux des substrats artificiels à l'annexe 4. Les données chiffrées associées aux figures sont accessibles dans les tableaux 1 à 10.

### 6.1 - Conditions hydrologiques

Les conditions hydrologiques prévalant lors des prélèvements seront estimées à l'aide des débit de la Dourbie à Dourbies (figure 4).

Le printemps 2004 est marqué par l'existence de deux crues, la première au début du mois d'avril et la seconde en début mai. Après cette deuxième crue, le débit baisse régulièrement jusqu'à la fin du mois de juin. En juillet, août et septembre, le débit varie peu hormis quelques brèves montées des eaux de faible amplitude en août.

Cette évolution se traduit par un débit des cours d'eau lors de la première campagne (fin mai) nettement plus élevé que lors des deux campagnes suivantes (fin juillet et fin septembre) où les conditions hydrologiques étaient très comparables. La crue du début du mois de mai est également à l'origine de la perte d'un grand nombre de substrats posés à la fin du mois d'avril.

### 6.2 - Le Bramabiau

#### a - Données physico-chimiques et mésologiques

Les données associées à la dérive sont représentées dans la figure 5 alors que les résultats des prélèvements d'eau se trouvent en annexe 5.

Les résultats des prélèvements d'eau ne montrent pas de problème particulier concernant les matières organiques et oxydables, les matières azotées, les nitrates, les matières phosphorées, les particules en suspension et les proliférations végétales.

L'amplitude des variations des paramètres physico-chimique est faible en juillet (moins de 10%). Elle est plus élevée en mai avec une plus forte élévation de température en cours de journée sur les trois sites, une conductivité sur le site intermédiaire qui augmente en fin de journée et l'oxygène dissous sur le site aval qui baisse du matin au soir. La diminution de l'oxygène dissous sur le site aval peut être liée à l'augmentation de la température en cours de journée.

#### b - Effectifs (figure 6)

La densité de macroinvertébrés en place varie entre 1900 et 6860 individus par mètre carré. La seule variation statistiquement significative concerne une augmentation de

l'abondance dans le site intermédiaire entre mai et septembre. Dans les substrats artificiels, la même évolution n'est pas significative. Les effectifs de faune en place en septembre sur le site intermédiaire ne sont toutefois pas nettement différents de ceux de la référence amont à la même période. **Le canyoning ne semble donc pas être corrélé avec une claire variation d'effectifs dans un sens ou dans un autre.**

La distribution par habitat dans les témoins montre que les substrats durs couverts de végétaux (mousses) sont les supports abritant généralement les plus fortes densités. L'exception de juillet dans le site amont avec des effectifs plus élevés dans les pierres ne contredit pas le modèle général étant donné que la pierre abritant la plus forte densité comportait des mousses sur sa face supérieure. Les témoins montrent également que la densité minimale de faune correspond aux dalles et blocs dépourvus de végétation. Dans les situations concernées par le canyoning, la distribution est globalement comparable à celle des témoins avec toutefois une plus grande variabilité dans l'équilibre des effectifs entre les dalles-blocs et les pierres.

La densité de dérive est plus élevée en juillet qu'en mai tant sur les sites de canyoning que sur la référence amont. Les valeurs du site aval sont par ailleurs significativement plus élevées que celles de la référence amont tant en mai qu'en juillet. **Ces résultats ne suggèrent pas d'impact particulier du canyoning sur la densité totale de dérive diurne.** En terme d'intensité de renouvellement, si le site aval se comporte de manière comparable à la référence amont avec une augmentation de l'intensité de dérive en juillet, **il n'en est pas de même pour le site intermédiaire où l'intensité baisse de manière significative en juillet.**

Le rythme journalier de la dérive ne montre pas de tendance particulière en mai, avec des fluctuations de faible amplitude (moins de 50% du maximum). En juillet, les variations restent ténues sur le site intermédiaire alors qu'elles sont nettement plus marquées sur la référence amont et le site aval où la densité est maximale en début d'après-midi. Il est intéressant de souligner le fait que **la valeur maximale de la densité de dérive sur le site aval est plus tardive que sur le site amont et coïncide avec le passage des seuls canyoneurs de la journée.** Par ailleurs, la dérive reste assez élevée jusqu'au soir sur le site aval alors qu'elle baisse nettement en fin de journée sur la référence amont. Ces différences expliquent sans doute pourquoi les deux distributions ne sont pas significativement corrélées.

#### c - Richesse (figure 7)

La richesse taxonomique moyenne par site et par campagne sur une surface de 1/20ème de mètre carré (un prélèvement) varie entre 10 et 20 taxons. En mai, la richesse est significativement plus faible sur le site intermédiaire que sur la référence amont. Au cours des deux autres campagnes, les richesses entre ces deux sites deviennent très comparables. Comme pour les effectifs, on observe également une valeur nettement plus élevée en septembre par rapport à mai sur le site intermédiaire. Les substrats artificiels traduisent plutôt une évolution inverse avec une richesse plus faible en septembre sur le site intermédiaire. **Ces résultats ne suggèrent pas de net effet du canyoning sur la richesse de la faune en place.**

La distribution par habitat dans les témoins montre que la richesse est maximale dans les pierres puis dans les végétaux sur substrat dur (mousses) puis sur les dalles et blocs nus. Dans les situations concernées par le canyoning, la distribution est globalement comparable.

La richesse de la dérive diurne est plus élevée en juillet qu'en mai tant sur la référence amont que sur les sites concernés par le canyoning. En mai, la richesse de la dérive dans la référence amont est plus faible que celle des deux sites aval. En juillet, les différences s'atténuent et ne sont plus significatives.

Le rythme journalier de la dérive ne présente pas de nette tendance globale, avec des fluctuations marquées d'une heure à l'autre dans les deux sens tout au long de la journée. En juillet, le rythme est différent dans les trois sites. Sur la référence amont, la richesse est minimale en début de matinée (8 à 10 heures) et en fin d'après-midi (17 à 20 heures). Sur le site intermédiaire nous n'observons pas de tendance globale alors que **sur le site aval, il y a un pic en cours d'après-midi, au moment du passage des 8 canyoneurs.**

#### d - Structure des peuplements en place (figures 8 à 11)

L'examen du plan factoriel F1-F2 (figure 8) permet de tirer les conclusions suivantes :

- La variabilité temporelle de la structure des peuplements explique une bonne partie de la variabilité inter-visite. La campagne de mai se trouve dans les valeurs négatives de F1 et positives de F2. La campagne de juillet reste dans les mêmes valeurs de F1 mais les valeurs de F2 deviennent aussi négatives. Enfin, la campagne de septembre est située dans les valeurs positives de F1.
- L'amplitude de cette variation temporelle est maximale dans le site intermédiaire (plus grande distance entre les visites et ellipses non chevauchantes). Sur le site aval, elle est plus marquée que sur la référence amont entre mai et juillet et moins marquée entre juillet et septembre.
- L'écart faunistique du site intermédiaire par rapport à la référence amont est le plus marqué en juillet (distance I2-M2 supérieure à I1-M1 et I3-M3) alors que pour le site aval, cet écart est minimal en juillet.
- La variabilité faunistique entre les relevés d'une même visite est élevée, ce qui se traduit par des ellipses de grande taille.

Sur le plan de la pratique du canyoning, on constate que le site intermédiaire en pleine saison (I2) se distingue des autres relevés par des valeurs négatives de F2. Le site aval en pleine saison (V2) et le site intermédiaire en fin de saison (I3) ont des valeurs négatives de F2 moins élevées. Enfin les autres visites (témoins et V3) ont des valeurs de F2 positives ou proches de zéro. Si l'axe F1 traduit principalement les variations saisonnières, **l'axe F2 pourrait traduire l'intensité du canyoning qui serait plus élevée sur le site intermédiaire que sur le site aval et en juillet par rapport à septembre.**

D'un point de vue taxonomique (figure 9), l'évolution saisonnière (sans différence marquée entre les sites) se traduit par des taxons préférant mai et juillet (tels que *Orthocladiinae*, *Simuliinae*, *Ephemerella* ou *Limoniini*) et des taxons préférant la fin de l'été (tels que *Ecdyonurus*, *Habroleptoides*, *Amphinemura* ou *Thremma*). **La répartition des taxons en fonction de l'intensité du canyoning (axe F2) permet de séparer des taxons dont l'abondance est maximale dans les témoins (tels que *Protonemura*, *Rhyacophila*, *Liponeura*, *Micrasema* ou *Hydropsychidae*) de taxons dont l'abondance est plus élevée dans les zones de canyoning (tels que *Oreodytes*, *Tanypodinae* ou *Habrophlebia*).**

Du point de vue fonctionnel (figure 10), l'évolution saisonnière (axe F1) se traduit par un glissement d'un peuplement lié à des supports de type exposés vers un peuplement davantage lié à des supports de type abrité. **L'intensité du canyoning (axe F2) peut être**

**corrélée avec une affinité du peuplement pour les particules fines.** L'évolution des deux autres paramètres est moins nette avec une tendance à la limnophilie et à l'affinité plus élevée du peuplement pour la matière organique dans les zones de canyoning (valeurs négatives de F2).

En associant les paramètres mésologiques aux relevés (figure 11), on observe que la plupart des relevés caractérisés soit par une vitesse du courant supérieure à 50cm/s soit par la présence de végétaux (mousses, Lemanea) sur les substrats durs, ont été effectués lors de la première campagne de prélèvement (valeurs négatives de F1 et positives de F2).

#### e - Structure de la dérive (figures 12 à 14)

L'examen du plan factoriel F1-F2 (figure 12) permet de tirer les conclusions suivantes:

- La variabilité temporelle de la structure des peuplements explique la majeure partie de la variabilité inter-visite. La campagne de mai se trouve dans les valeurs négatives de F1 alors que celle de juillet est située dans les valeurs positives de F1. L'interprétation selon l'axe F2 n'est pas très pertinente car sa valeur propre est beaucoup plus faible que celle du premier axe factoriel.
- L'amplitude de cette variation temporelle est plus élevée sur les sites intermédiaires et aval (plus grande distance entre V1-V2 et I1-I2 selon l'axe F1 du plan factoriel) que sur la référence amont.
- Les écarts faunistiques des sites intermédiaires et aval par rapport à la référence amont (distances V1-M1 par rapport à V2-M2 et I1-M1 par rapport à I2-M2) sont plus faibles en juillet qu'en mai
- La variabilité faunistique entre les relevés d'une même visite (différentes tranches horaires dans la journée) est beaucoup plus faible en juillet (ellipses d'inertie plus petites) qu'en mai.

Sur le plan de la pratique du canyoning, on constate que la structure de la dérive dans les sites intermédiaire et aval en pleine saison (I2 et V2) est très proche de celle de la référence amont (M2) à la même époque. En revanche, **l'évolution temporelle de la dérive des sites où se pratique le canyoning (aval et intermédiaire) est plus marquée que sur la référence amont** (distance V1-V2 et I1-I2 supérieure à M1-M2 en projection sur l'axe F1).

D'un point de vue taxonomique (figure 13), l'évolution saisonnière (dans les trois sites) se traduit par des taxons plus abondants dans la dérive de mai (tels que *Hydrocyphon*, *Habroleptoides*, *Amphinemura*, *Liponeura*, *Prosimuliinae*, *Psychomyia pusilla* ou *Stenophylacini*) et des taxons plus abondants dans la dérive de juillet (tels que *Baetis*, *Simuliinae*, *Ephemerella*, *Oreodytes*, *Epeorus*, *Micrasema*, *Leuctra* ou *Limoniini*).

Du point de vue fonctionnel (figure 14), **une évolution temporelle est perceptible dans les sites où se pratique le canyoning (sites intermédiaires et aval) et elle se traduit par un accroissement (entre mai et juillet) de l'affinité de la dérive pour les particules fines et les courants lents.**

### 6.3 - La Dourbie

#### a - Données physico-chimiques et mésologiques

Les données associées à la dérive sont représentées sur la figure 15 alors que les résultats des prélèvements d'eau se trouvent en annexe 5.

Les résultats des prélèvements d'eau ne montrent pas de problème particulier concernant les matières organiques et oxydables, les matières azotées, les nitrates, les matières phosphorées, les particules en suspension et les proliférations végétales.

L'amplitude des variations des paramètres physico-chimiques est plus élevée en mai qu'en juillet sur les trois sites étudiés. Cela concerne en particulier la température sur les trois sites, la conductivité sur le site intermédiaire et l'oxygène dissous sur le site aval.

#### b - Effectifs (figure 16)

La densité de macroinvertébrés en place varie entre 620 et 6560 individus par mètre carré. Les deux seules variations statistiquement significatives concernent d'une part une augmentation de l'abondance sur la référence amont entre mai et septembre et d'autre part une densité plus élevée en septembre sur la référence amont par rapport au site aval. Dans les substrats artificiels, cette dernière différence n'est pas significative. Les différences d'évolution des effectifs de mai à septembre entre la référence amont (augmentation) et les sites intermédiaires ou aval (pas de changement significatif) **peuvent être lié à la pratique du canyoning qui aurait pour effet de limiter l'accroissement naturel des effectifs en été.**

La distribution par habitat dans les témoins montre que les substrats durs dépourvus de végétaux abritent presque toujours les plus faibles densités. La localisation des densités maximales est plus variable et correspond selon les visites aux graviers, aux végétaux sur substrat dur ou aux pierres. Dans les situations concernées par le canyoning, la distribution est globalement comparable à celle des témoins.

La densité de dérive est plus élevée en juillet qu'en mai dans les trois sites étudiés. Cette augmentation est toutefois plus marquée sur les sites intermédiaires et aval, avec pour conséquence qu'en juillet, la densité de dérive est significativement plus élevée sur les sites intermédiaires et aval que sur la référence amont. A l'inverse de la densité de dérive, l'intensité de renouvellement est plus faible sur les trois sites étudiés en juillet qu'en mai. En terme d'intensité de renouvellement, les valeurs baissent sur les trois sites entre mai et juillet. La plus forte croissance de la densité de la dérive entre mai et juillet sur les sites intermédiaires ou aval par rapport à la référence amont **peut être lié à la pratique du canyoning qui se traduirait par une augmentation des effectifs de la dérive en période estivale.**

L'amplitude journalière des fluctuations de densité de la dérive est plus élevée en juillet qu'en mai sur les trois sites étudiés avec l'existence d'un pic en cours de journée qui se situe entre 12 et 13 heures sur la référence amont, entre 10 et 11 heures sur le site intermédiaire et entre 11 et 12 heures sur le site aval. Ce décalage entre les pics explique sans doute pourquoi les distributions ne sont pas significativement corrélées en juillet. Il est intéressant de noter que **sur les sites intermédiaire et aval, le pic de dérive coïncide exactement avec le passage du plus grand nombre de canyoneurs de la journée** (12

personnes). Le pic de la référence amont pose toutefois problème et amène à formuler les deux hypothèses suivantes :

1. Soit les pics observés sont dus à une perturbation de la faune. Cela pourrait être le canyoning à l'aval. Une éventuelle pollution organique en provenance du village de Dourbie est peu probable compte tenu des faibles variations des données physico-chimiques en cours de dérive. Dans le site de référence, la présence d'un troupeau de vaches à l'amont de la station de dérive en juillet a pu provoquer un pic de dérive au moment où les bêtes sont venu boire à la rivière.
2. Soit les pics observés correspondent à un phénomène naturel qui pourrait simplement être légèrement anticipé par le passage des canyoneurs sur les sites intermédiaires et aval. Pour répondre à cette question, il faudrait pouvoir comparer la taille du pic observé avec le (ou les) pics nocturnes. Compte tenu du fait que la dérive nocturne est naturellement toujours plus marquée que la dérive diurne (voir par exemple les synthèses de BOURNAUD et THIBAUT, 1973 ainsi que celle de BRITAIN et EIKELAND, 1988), un pic diurne d'intensité nettement plus faible que le pic nocturne aboutirait à admettre la seconde hypothèse, alors qu'un pic diurne d'intensité égale ou supérieure nous conduirait à privilégier la première solution.

#### c - Richesse (figure 17)

La richesse taxonomique moyenne par site et par campagne sur une surface de 1/20ème de mètre carré (un prélèvement) varie entre 6 et 19 taxons. Les variations statistiquement significatives concernent les campagnes de juillet et septembre où la richesse des sites intermédiaires et aval est plus faible que celle de la référence amont. En mai, les différences de richesse avec la référence amont ne sont pas significatives. Il est intéressant de noter que la baisse de richesse observée en juillet et septembre sur les sites intermédiaires et aval ne se retrouve pas dans les substrats artificiels. Cette baisse de richesse **peut donc être liée à la pratique du canyoning qui se traduirait par un appauvrissement de la richesse des peuplements de macroinvertébrés.**

La distribution par habitat dans les témoins montre que la richesse est minimale sur les substrats durs dépourvus de végétaux. Les valeurs sont maximales dans les pierres ou les graviers. Dans les situations concernées par le canyoning, le minimum des substrats durs dépourvus de végétaux se retrouve alors que les plus fortes richesses correspondent plutôt aux végétaux sur dalle ou blocs. L'absence de ce support en juillet et septembre dans la référence amont ne permet pas de conclure quant à un éventuel impact du canyoning dans ce domaine.

La richesse de la dérive est plus élevée en juillet qu'en mai dans les trois sites étudiés. Cette augmentation est toutefois plus marquée dans les sites intermédiaires et aval, avec pour conséquence qu'en juillet, la densité de dérive est significativement plus élevée dans les sites intermédiaires et aval que dans la référence amont. Cette évolution est très comparable à celle des effectifs et **peut être lié à la pratique du canyoning qui se traduirait par une augmentation de la richesse de la dérive en période estivale.**

La richesse de la dérive en mai varie nettement d'une heure à l'autre sans réelle tendance au cours de la journée. En juillet, une évolution plus globale est perceptible avec un maximum dans l'après-midi (vers 16 heures) dans le site amont, en matinée (entre 10 et 11 heures) dans le site intermédiaire et enfin en milieu de journée (entre 11 et 14 heures) dans le site aval. Comme pour les effectifs, il est intéressant de noter que **dans les sites**

**intermédiaire et aval, le pic de dérive coïncide avec le passage des canyoneurs de la journée.**

d - Structure des peuplements en place (figures 18 à 21)

L'examen du plan factoriel F1-F2 (figure 18) permet de tirer les conclusions suivantes:

- La variabilité spatiale de la structure des peuplements entre la référence amont et les deux autres sites explique une bonne partie de la variabilité inter-visite. Ainsi, la référence amont se trouve dans les valeurs négatives de l'axe F1 alors que les deux autres sites sont localisés dans les valeurs positives de F1.
- L'amplitude de la variation spatiale entre la référence et les deux autres sites (distances  $M_i - L_i, V_i$ ) varie peu selon les campagnes ( $i = 1, 2$  ou  $3$ ), exception faite du site aval en septembre (visite V3) qui présente une certaine originalité faunistique.
- La variabilité faunistique entre les relevés d'une même visite est très élevée, ce qui se traduit par des ellipses de grande taille largement chevauchantes entre les différentes visites.

Sur le plan de la pratique du canyoning, 3 visites concernées sur 4 (site intermédiaire en juillet et septembre, site aval en juillet) se distinguent sur le plan factoriel par des coordonnées négatives de F2 et positives de F1. Les ellipses d'inertie de ces trois visites ne se distinguent toutefois pas clairement des ellipses des témoins. **Nos données ne mettent donc pas clairement en évidence un impact du canyoning sur la structure de la faune en place.**

D'un point de vue taxonomique (figure 19), la référence amont se distingue par une abondance plus élevée de taxons tels que *Amphinemura*, *Centroptilum*, *Chironomini*, *Ecdyonurus*, *Ephemerella*, *Leuctra*, *Sericostoma* ou *Siphonoperla*. A l'inverse, les sites intermédiaires et aval sont caractérisés par une abondance plus élevée de taxons tels que *Baetis*, *Elmis*, *Hydropsyche*, *Protonemura*, *Epeorus* ou *Simuliinae*. Le site aval en septembre (visite V3) se distingue des autres visites dans les sites aval et intermédiaires par une abondance plus marquée en *Caenis*, *Micronecta* et *Culicinae*. Ce dernier taxon n'a été récolté que dans un relevé effectué dans une petite vasque taillée dans le rocher et déconnectée du chenal principal. Ce genre de milieu n'a été rencontré que dans ce site et a pu contribuer à son originalité faunistique.

Du point de vue fonctionnel (figure 20), les sites aval et intermédiaires se distinguent de la référence amont par un peuplement ayant une plus faible affinité pour la matière organique ou les particules fines et préférant les courants rapides et les supports exposés. Le site aval en septembre se distingue par le fait que dans un certain nombre de relevés, les caractéristiques fonctionnelles du peuplement se rapprochent de celles de la référence amont.

En associant les paramètres mésologiques aux relevés (figure 21), on observe qu'en fait le premier axe sépare les prélèvements effectués dans les pierres et les graviers en courant lent (valeurs négatives) de ceux réalisés à la surface des substrats durs (avec ou sans végétaux) dans des vitesses de courant variables. Les sites intermédiaires et aval se distinguent donc de la référence amont par une proportion nettement plus grande de relevés réalisés à la surface des substrats durs.

e - Structure de la dérive (figures 22 à 24)

L'examen du plan factoriel F1-F2 (figure 22) permet de tirer les conclusions suivantes:

- La variabilité temporelle de la structure des peuplements explique la majeure partie de la variabilité inter-visite. La campagne de mai se trouve dans les valeurs négatives de F1 alors que celle de juillet est située dans les valeurs positives de F1. L'interprétation selon l'axe F2 n'est pas très pertinente car sa valeur propre est beaucoup plus faible que celle du premier axe factoriel.
- L'amplitude de cette variation temporelle est un peu plus élevée dans les sites intermédiaires et aval (distance supérieure entre V1-V2 et I1-I2 selon l'axe F1 du plan factoriel) que dans la référence amont.
- Les écarts faunistiques des sites intermédiaires et aval par rapport à la référence amont (distances V1-M1 par rapport à V2-M2 et I1-M1 par rapport à I2-M2) varient peu entre mai et juillet si l'on considère les projections sur l'axe F1.
- La variabilité faunistique entre les relevés d'une même visite (différentes tranches horaires dans la journée) est beaucoup plus faible en juillet (ellipses d'inertie plus petites) qu'en mai.

Sur le plan de la pratique du canyoning, on constate que la structure de la dérive dans les sites intermédiaire et aval en pleine saison (I2 et V2) est très proche de celle de la référence amont (M2) à la même époque. Par ailleurs, **l'évolution temporelle de la dérive dans les sites où se pratique le canyoning (aval et intermédiaire) est un peu plus marquée que sur la référence amont** (distance V1-V2 et I1-I2 supérieure à M1-M2 en projection sur l'axe F1).

Dans tous les sites (figure 23), nous constatons que certains taxons sont plus abondants dans la dérive de mai (tels que *Prosimuliinae* ou *Siphonoperla*) alors que d'autres sont mieux représentés dans celle de juillet (*Baetis*, *Simuliinae*, *Micrasema*, *Epeorus*, *Protonemura*, *Liponeura*, *Psychodidae*, *Rhithrogena*, *Blepharicera*, *Limoniini*, *Oreodytes* ou *Polycentropus*). Ces variations traduisent l'évolution saisonnière du peuplement.

Du point de vue fonctionnel (figure 24), une évolution temporelle est perceptible dans les trois sites et elle se traduit par une baisse (entre mai et juillet) de l'affinité de la dérive pour les particules fines et les courants lents.

## 7 - SYNTHESE DES RESULTATS

Dans ce chapitre nous choisissons délibérément de nous limiter aux variations faunistiques susceptibles d'être liées à la pratique du canyoning. Nous tenons également à rappeler deux notions fondamentales qu'il faudra garder à l'esprit :

1. Le fait que deux facteurs soient corrélés n'impliquent pas automatiquement un lien de cause à effet,
2. A l'inverse, une absence de corrélation entre deux variables n'entraîne pas nécessairement une absence de lien de cause à effet entre ces deux variables. En effet, une très forte variabilité des relevés peut masquer certains effets.

### 7.1 - Bramabiau

Cette étude n'a pas permis de mettre en évidence une relation claire entre la pratique du canyoning et la densité ou la richesse de la faune en place. Cependant, la **structure du peuplement semble répondre au canyoning** avec une intensité maximale dans le site intermédiaire en pleine saison (juillet). Cette réponse se traduit par l'existence de certains

taxons dont l'abondance est maximale dans les témoins (tels que *Protonemura*, *Rhyacophila*, *Liponeura*, *Micrasema* ou *Hydropsychidae*) alors que d'autres taxons voient leurs effectifs croître dans les zones de canyoning (tels que *Oreodytes*, *Tanypodinae* ou *Habrophlebia*). Du point de vue fonctionnel, **l'intensité du canyoning peut être corrélée avec une affinité du peuplement en place pour les particules fines.**

Les données ne montrent pas de lien direct entre la pratique du canyoning et la densité globale ou la richesse de la dérive diurne. Toutefois, sur le site aval, les variations horaires de la dérive suggèrent un **pic de densité et de richesse au moment du passage des seuls canyoneurs** de la journée (8 individus). Ce pic n'existe pas sur le site intermédiaire. Par ailleurs, entre mai et juillet, l'évolution de la structure faunistique de la dérive est plus marquée dans les sites de pratique du canyoning que dans la zone de référence et elle se traduit par un accroissement de l'affinité des macroinvertébrés dérivants pour les particules fines et les courants lents.

Cette augmentation de l'affinité des macroinvertébrés (dérive et faune en place) pour les particules fines semble liée à la pratique du canyoning et pourrait s'expliquer par une mise en suspension des fines suivie d'un dépôt dans les parties lenticulaires lors des passages des canyoneurs.

Il est intéressant de noter que par rapport au site aval, le site intermédiaire cumule à la fois les perturbations les plus marquées en terme de faune en place et les variations horaires minimales de la dérive. L'absence de pic de dérive lors du passage des canyoneurs ne traduit donc pas forcément un impact nul mais peut provenir du fait que la faune ne réagit plus car elle s'est nettement raréfiée sur le passage des canyoneurs au cours des semaines précédant les mesures.

Le site intermédiaire est caractérisé par des berges peu praticables encombrées de gros blocs qui incite à progresser dans l'eau. Au contraire, dans le site aval, les rives sont plus dégagées, ce qui confère à la progression strictement aquatique un caractère moins obligatoire. Cette différence pourrait expliquer la réponse plus accentuée du site intermédiaire.

En conclusion, bien que l'impact du canyoning ne soit pas considérable, un faisceau d'indices, concernant en particulier la composition faunistique des peuplements en place, suggère des **effets non négligeables du canyoning sur les macroinvertébrés du Bramabiau**. Cet impact n'est pas homogène sur l'ensemble du parcours et dans les sites les plus atteints, on observe une restauration partielle de la faune dès le mois de septembre.

## 7.2 - Dourbie

Du point de vue de la **faune en place, l'accroissement naturel des effectifs et de la richesse, observé entre mai et septembre est moins net** dans les sites de pratique du canyoning que dans la zone de référence. En revanche, la structure du peuplement ne semble pas modifiée par la pratique sportive.

En ce qui concerne la **dérive, l'accroissement estival de sa densité et de sa richesse est plus marqué** dans les sites de canyoning. Nous observons par ailleurs un **pic de densité et dans une moindre mesure de richesse** lors du passage des canyoneurs. Toutefois, le

même phénomène a été observé en cours de journée dans la référence amont avec une amplitude comparable. Enfin, sur le plan de la structure de la dérive, les variations saisonnières telles que la baisse de l'affinité pour les particules fines et les courants lent sont plus marquées dans les sites de pratique du canyoning.

Cette étude a également mis en évidence une **forte hétérogénéité entre la référence amont et les sites de pratique de canyoning** avec en particulier une proportion de pierres et de graviers en courant lent nettement supérieure dans la référence amont alors que les sites de canyoning sont largement dominés par les dalles et les blocs. L'évolution saisonnière entre ces différents supports n'est pas forcément la même et peut contribuer aux écarts observés entre la référence amont et les sites de pratique du canyoning. En conclusion, dans un tel contexte, **il est difficile de préciser pour ce cours d'eau quelle est la part réelle exercée par le canyoning dans les évolutions observées.**

## 8 - PROPOSITIONS DE SUIVI

**La dérive pourrait être supprimée du protocole** car son rapport "qualité-prix" n'est pas satisfaisant pour les raisons suivantes:

- Le coût de la dérive dans le protocole de cette étude est largement supérieur (plus du double) à celui de la faune en place.
- Pour pouvoir interpréter correctement la dérive diurne, il faut pouvoir la comparer avec la dérive nocturne. Nous rejoignons ainsi les conclusions de BOURNAUD et THIBAUT (1973) selon lesquelles "la dérive subit toujours un rythme nyctéméral et toute évaluation devra porter sur un cycle de 24 heures". La mise en œuvre de cette proposition aurait pour effet de surenchérir davantage le coût déjà élevé de la dérive.
- L'interprétation de la dérive dans une optique d'impact à court terme s'avère très délicate. En effet, une pratique intense du canyoning peut entraîner deux effets antagonistes. D'une part le passage des canyoneurs peut provoquer un décrochement de la faune et donc une augmentation de la dérive mais d'autre part les passages répétés peuvent à la longue raréfier la faune au niveau des voies de progression et donc ne plus entraîner d'augmentation de la dérive. Concrètement, si la présence d'un pic de dérive au moment d'un passage des canyoneurs traduit un impact, l'absence de pic peut correspondre à un impact encore plus fort du fait de la forte diminution de la faune sur les lieux de passage des canyoneurs. Par ailleurs, il est difficile d'apprécier l'étendue de l'impact alors que l'on ignore le devenir des individus dérivants (distance parcourue, proportion de cadavres...).
- Le filet de dérive est un dispositif très voyant qui reste en place pendant un long laps de temps. Il est utile de rappeler que le nombre de canyoneurs observés (8 sur le Bramabiau et 17 sur la Dourbie) est très inférieur au niveau de fréquentation habituel de ces parcours (plus de 50 personnes par jour selon CHAMPALBERT et GARRIDO, 1998) alors que les conditions météorologiques étaient particulièrement favorables et que nous étions en pleine période de vacances (25 et 26 juillet). Dans ces conditions, on ne peut exclure l'hypothèse d'un comportement d'évitement de la part des canyoneurs.

**Le rapport "qualité-prix" des substrats artificiels n'est pas non plus très satisfaisant** pour les raisons suivantes :

- Les variations hydrologiques du cours d'eau peuvent être à l'origine soit d'une disparition des substrats entraînés par le courant soit de leur exondation, ce qui entraîne des lacunes dans la grille d'échantillonnage et complique l'interprétation des données.
- La variabilité faunistique entre deux substrats posés dans le même site et récoltés à la même date est élevée. Il faudrait donc augmenter le nombre de substrats par site pour pouvoir s'affranchir de cette forte variabilité. Or ceci n'est pas forcément l'investissement le plus rentable que l'on puisse faire en matière d'échantillonnage.

**La faune en place présente l'avantage** sur la dérive de donner une image directe de l'impact ce qui en facilite l'évaluation. Par ailleurs, les résultats obtenus intègrent dans le temps la fréquentation des canyoners et sont donc moins tributaires de comportements d'évitement lors des mesures. L'échantillonnage aléatoire présente le gros avantage de réduire au maximum la subjectivité de l'opérateur mais également l'inconvénient de maximiser la différence entre les sites dans le cas où les recouvrements des différents habitats ne sont pas les mêmes (ce qui a été le cas cette année de la Dourbie). En outre, le nombre de prélèvement par site et par campagne (huit) ne nous paraît pas suffisant eu égard à la forte variabilité faunistique intra-site. Enfin, dans un nombre non négligeable de cas (en particulier pour les dalles et les blocs dépourvus de végétaux) le nombre d'individus récoltés par prélèvement est faible ce qui rend les interprétations de structure délicates.

A la lumière de ces arguments et pour ne pas surenchérir de manière excessive le suivi de la faune en place, **nous proposons deux stratégies d'échantillonnage** :

1. Type aléatoire intégral. A une date donnée, chaque site est échantillonné à raison de 24 prélèvements tirés de manière aléatoire et groupés ensuite au hasard en huit groupes de trois. Un relevé serait par conséquent constitué de trois prélèvements. Le principe de la répartition spatiale des sites avec une référence amont et deux sites en zone de pratique pourrait être utilement complétée par une référence aval située comme l'amont en dehors du parcours du canyoning.
2. Type mixte "stratifié-aléatoire". Les strates sont constituées par les 5 principaux habitats rencontrés : dalles-blocs (avec ou sans végétaux) en courant rapide et en courant lent, pierres-galets en courant rapide et en courant lent ainsi que graviers. Les habitats faiblement représentés dans les sites de canyoning (moins de 10% par exemple) font l'objet d'un seul prélèvement par site (et par campagne) sans contrainte particulière. Les habitats bien représentés sont échantillonnés à raison de trois relevés par site choisis de manière aléatoire. Dans le cas particulier des dalles-blocs (habitat le plus fréquent dans les sites de canyoning), un relevé pourrait être constitué de trois Surber (localisés de manière aléatoire) afin d'obtenir des effectifs suffisants. Après avoir échantillonné les sites de canyoning, la référence amont sera prospectée de manière à prélever les mêmes habitats en même quantité. Avec cette stratégie, la référence aval supplémentaire nous paraît moins justifiée.

Dans les deux cas, nous considérons qu'au niveau du dépouillement, l'essentiel de l'information peut être obtenu en identifiant 150 individus tirés de manière aléatoire pour chaque relevé et en évaluant l'effectif total du prélèvement. Le calendrier des interventions

avec trois campagnes réparties juste avant le démarrage de la saison (fin mai) en pleine saison (15 juillet au 15 août) et en fin de saison (septembre) nous paraît judicieux.

Dans le cas particulier de la Dourbie, la référence amont devrait être déplacée de manière à ce que les caractéristiques mésologiques soient plus proches de celles prévalant dans le parcours de canyoning. Il est possible soit de changer complètement l'emplacement du site en le rapprochant spatialement davantage du parcours de canyoning étudié soit de le déplacer légèrement (50 mètres) vers l'aval afin de le centrer sur un faciès lotique.

Enfin, les données recueillies dans le cadre de cette étude, n'apportent des informations que sur la saison concernée (année 2004) et ne fournissent donc **pas de renseignements sur l'éventuel impact à long terme** (évolution inter-annuelle) du canyoning. Il est vrai que nous ne possédons pas de données sur les peuplements de macroinvertébrés avant la mise en œuvre de ces activités sur le Bramabiau et la Dourbie. Cependant, une étude reconduite sur plusieurs années permettrait de voir si le canyoning n'entraîne pas un appauvrissement progressif de la faune au fil des ans.

Sur la base de toutes ces propositions, un ordre de grandeur du coût d'un suivi de l'impact du canyoning par cours d'eau serait d'environ **12000 euros pour une année**.

## BIBLIOGRAPHIE

ALBERT (C.) et RATINEAU (L.), 1999 – Impact de ces activités sur le milieu naturel : sports d'eaux-vives et milieux aquatiques torrentiels . Intervention au cinquième forum des gestionnaires du CSP "activités de pleine nature : comment concilier fréquentation et préservation des espaces naturels?".

BOURNAUD (M.) et THIBAUT (M.), 1973 – La dérive des organismes dans les eaux courantes. *Ann. Hydrobiol.*, 4 (1) : 11 - 49.

BRITTAIN (J.E.) et EIKELAND (T.J.), 1988 – Invertebrate drift, a review. *Hydrobiologia*, 166 : 77-93.

BROSSARD (V.) et HANOUEL (F.), 1994 – Canyons des Pyrénées : écosystème, impact de la descente sportive sur le milieu. Rapport de stage de la MST "gestion de l'environnement", université Paris VII.

CHAMPALBERT (E.) et GARRIDO (S.), 1998 – Evaluation de la sensibilité des milieux concernés par le canyoning et l'aquarandonnée dans le département du Gard. Document confidentiel réalisé pour la DIREN LR.

DODDS (F.K.) et JEFFREY (W.K.), 1999 – The effects of bison crossings on the macroinvertebrate community in a tallgrass prairie stream. *American Midland Naturalist*, 141 (2) : 253 – 265.

DOLEDEC (S.) et CHESSEL (D.), 1989 – Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. II : Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. *Acta Oecol., Oecol. Gener.*, 10 (3) : 207 – 232.

GAY Environnement, 1997 – Indice Biologique Global Adapté (IBGA) aux grands cours d'eau et aux rivières profondes, protocole expérimental. Rapport Agence de l'Eau RMC, 44p + annexes.

MATUKU MATHOOKO (J.), 2001 – Disturbance of a Kenya Rift Valley stream by the daily activities of local people and their livestock. *Hydrobiologia*, 458 : 131 – 139.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2004) – R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-00-3, URL <http://www.R-project.org>.

TACHET (H.), RICHOUX (P.), BOURNAUD (M.) & USSEGLIO-POLATERA (P.), 2000 - Invertébrés d'eau douce. Ed. CNRS, Paris. 588 p.

TRONCHE (A.), 1994 – Eléments pour la mise en place d'un observatoire des cours d'eau Parc National des Cévennes. Rapport DESS "gestion environnement et aménagement des pays de Montagne", université de Chambéry. 76p + annexes.

WILLIAMS (D.D), 1980 – Invertebrate drift lost to the sea during low flow conditions in a small coastal stream in Western Canada. *Hydrobiologia*, 75 : 251 - 254.

# FIGURES

## Généralités

**Figure 1** - Localisation des sites de prélèvement

**Figure 2** - Photographies des techniques de prélèvement et des sites d'observation

**Figure 3** - Echelles de sensibilité des taxons récoltés dans le Bramabiau et la Dourbie vis-à-vis de la matière organique, des particules fines, des supports abrités et du courant

**Figure 4** - Débit de la Dourbie à Dourbies de janvier à septembre 2004

## Résultats Bramabiau

**Figure 5** - Données physico-chimiques et mésologiques associées à la dérive

**Figure 6** - Evolution spatio-temporelle des effectifs

**Figure 7** - Evolution spatio-temporelle de la richesse taxonomique

**Figure 8** - AFC inter-visite sur la faune en place : visites et relevés

**Figure 9** - AFC inter-visite sur la faune en place : abondance des taxons

**Figure 10** - AFC inter-visite sur la faune en place : structure fonctionnelle des peuplements

**Figure 11** - AFC inter-visite sur la faune en place : paramètres mésologiques

**Figure 12** - AFC inter-visite sur la dérive : visites et relevés

**Figure 13** - AFC inter-visite sur la dérive : abondance des taxons

**Figure 14** - AFC inter-visite sur la dérive : structure fonctionnelle des peuplements

## Résultats Dourbie

**Figure 15** - Données physico-chimiques et mésologiques associées à la dérive

**Figure 16** - Evolution spatio-temporelle des effectifs

**Figure 17** - Evolution spatio-temporelle de la richesse taxonomique

**Figure 18** - AFC inter-visite sur la faune en place : visites et relevés

**Figure 19** - AFC inter-visite sur la faune en place : abondance des taxons

**Figure 20** - AFC inter-visite sur la faune en place : structure fonctionnelle des peuplements

**Figure 21** - AFC inter-visite sur la faune en place : paramètres mésologiques

**Figure 22** - AFC inter-visite sur la dérive : visites et relevés

**Figure 23** - AFC inter-visite sur la dérive : abondance des taxons

**Figure 24** - AFC inter-visite sur la dérive : structure fonctionnelle des peuplements

**Figure 1 - Localisation des sites de prélèvement sur carte IGN**

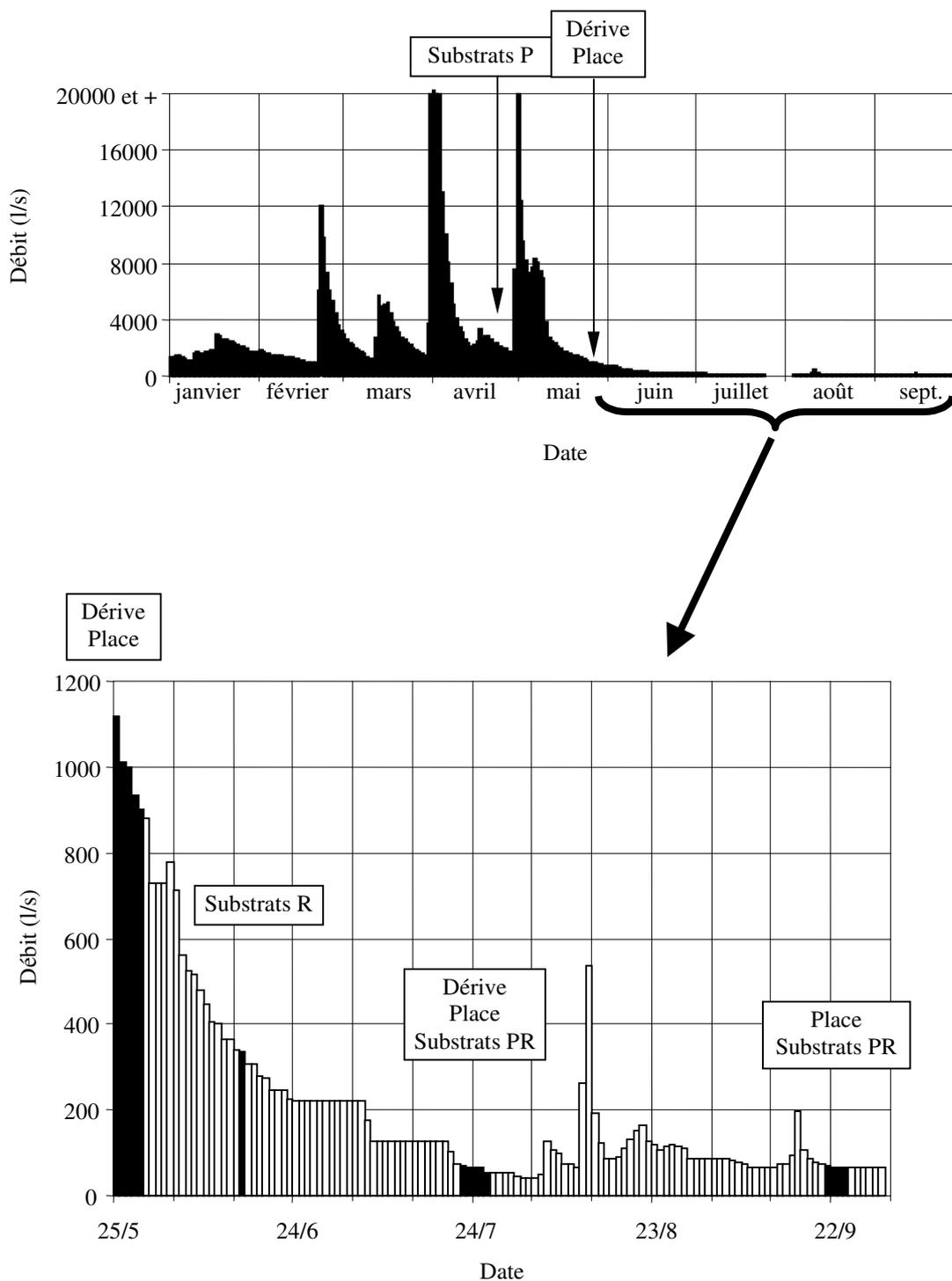
Document à part (1,25 Mo)

**Figure 2 - Photographies des techniques de prélèvement et des sites d'observations**

Document à part (1,96 Mo)

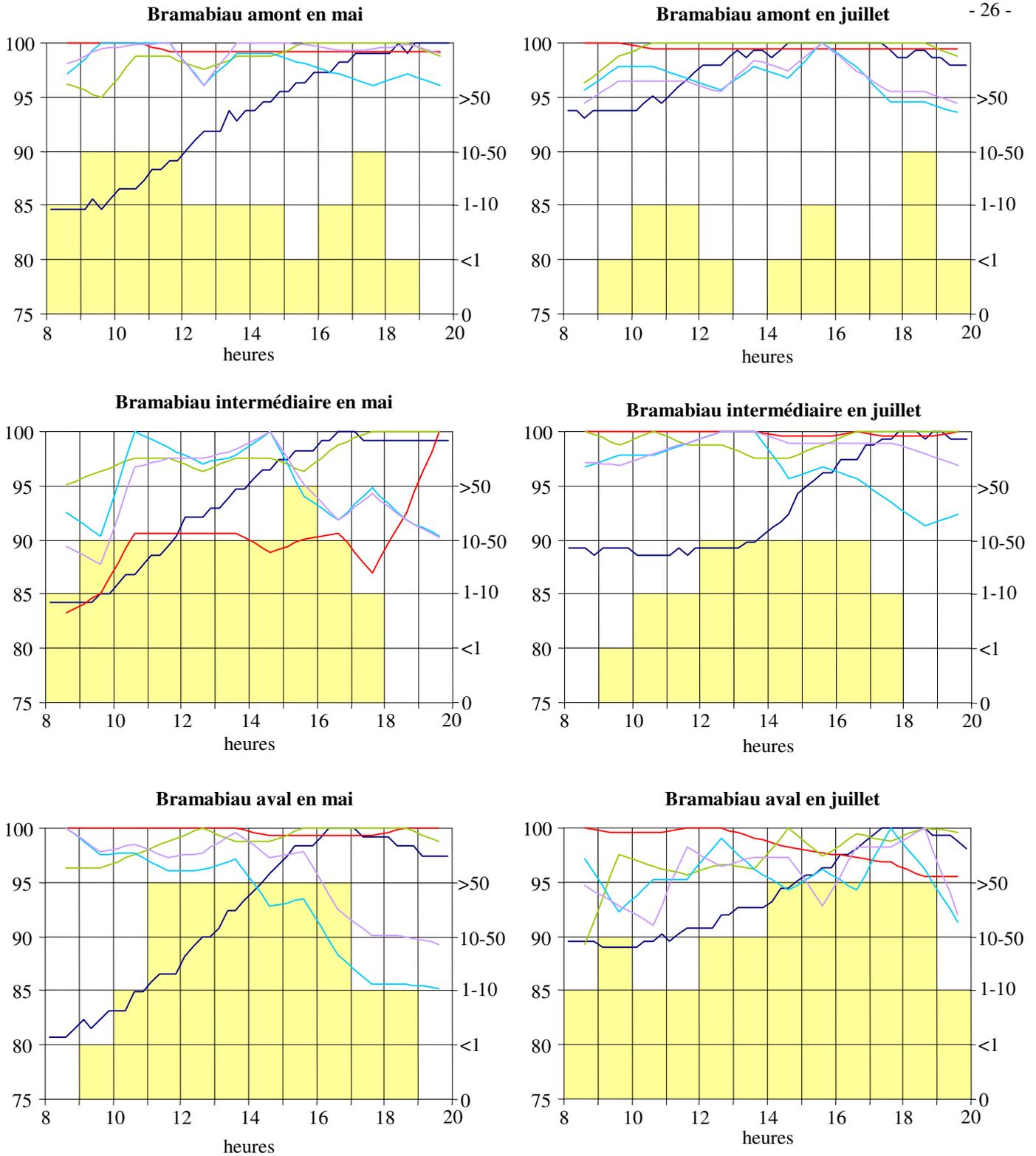
Sensibilité à la matière organique	Sensibilité aux particules fines	Affinité pour les supports abrités	Rhéophilie
Bythinella, Liponeura, Protonemura, Thremma, Dinocras, Epeorus,	Amphinemura, Ancyclus fluviatilis, Baetis, Bythinella, Dinocras, Dupophilus brevis, Elmis, Epeorus, Habroleptoides, Hydra sl, Hydropsyche, Hydroptila s.l., Liponeura, Micrasema, Philopotamus, Polycelis, Polycentropus, Protonemura, Psychomyia pusilla, Rhyacophila s. str., Simuliinae, Siphonoperla, Thremma, Ephemerella, Orthoclaadiinae sl, Psychodidae, Ecdyonurus, Ephemera, Erpobdellidae, Limoniini, Lumbricidae, Micronecta, Tanytarsini, Tipulidae	Siphonoperla, Micronecta, Leuctra, Amphinemura, Chironomini, Lumbriculidae sl	Epeorus, Perla, Anomalopterygella, Philopotamus, Liponeura,
Amphinemura Hydra sl, Philopotamus, Siphonoperla, Silo sl., Elmis, Habroleptoides, Micrasema, Odontocerum albicorne, Rhyacophila s. str., Leuctra, Prosimuliinae, Orthoclaadiinae sl, Tanytarsini, Ecdyonurus, Polycelis, Baetis, Simuliinae	Ceratopogoninae, Enchytraeidae, Habrophlebia, Chironomini, Nais, Leuctra, Oreodytes, Platambus maculatus, Lumbriculidae sl, Pediiciini, Tanypodinae	Limnius, Hydracariens, Esolus, Dupophilus brevis, Sericostoma, Habroleptoides, Atherix, Centroptilum lut.	Ancyclus fluviatilis, Bythinella, Erpobdellidae, Baetis, Siphonoperla, Amphinemura, Protonemura, Dinocras, Micrasema, Silo, Hydropsyche, Odontocerum, Rhyacophila s. str., Hemerodromiinae Simuliinae, Dupophilus, Elmis, Hydrocyphon
Clinocerinae, Ephemera, Hemerodromiinae, Tanypodinae, Ancyclus fluviatilis, Hydropsyche, Oulimnius, Habrophlebia, Micronecta, Enchytraeidae, Caenis, Lumbriculidae sl, Hydroptila s.l., Psychomyia pusilla, Nais, Ceratopogoninae	Caenis, Deronectes, Tubificidae ASC	Ecdyonurus, Caenis, Enchytraeidae, Tanypodinae, Epeorus, Ephemerella, Hydraena, Hydropsyche	Enchytraeidae, Nais, Ecdyonurus, Habroleptoides, Paraleptophlebia, Leuctra, Psychomyia pusilla, Thremma, Orthoclaadiinae, Tanytarsini, Esolus, Oulimnius,
Platambus maculatus, Anthomyidae, Chironomini, Psychodidae, Erpobdellidae	Odontocerum albic.	Oulimnius, Thremma, Hydrocyphon, Hemerodromiinae, Tanytarsini, Dinocras, Mermithidae, Micrasema, Elmis, Baetis	Chaetogaster, Polycelis, Hydra sl, Caenis, Hydroptila, Ceratopogoninae, Tabanidae, Micronecta, Deronectes, Oreodytes,
Tubificidae ASC		Habrophlebia, Simuliinae, Psychomyia pusilla, Rhyacophila s. str., Orthoclaadiinae sl, Nais, Protonemura, Liponeura	Cloeon, Chironomini,

Figure 3 - Echelle de sensibilité ou d'affinité (très élevée à très faible de bleu à rouge) des taxons récoltés dans le Bramabiau et la Dourbie.



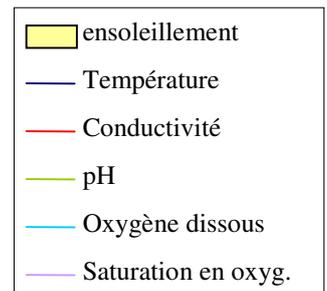
**Figure 4 - Débit de la Dourbie à Dourbies de janvier à septembre 2004**

Les dates des différentes campagnes sont localisées par des flèches dans le graphique du haut (mois d'avril et mai) et par des histogrammes noirs dans le graphique du bas (mois de mai à septembre). Les différentes méthodes d'échantillonnage sont les suivantes : dérive, faune en place et substrats artificiels (P = pose et R = récolte). Les données sont issues du site : <http://hydro.rnde.tm.fr>.

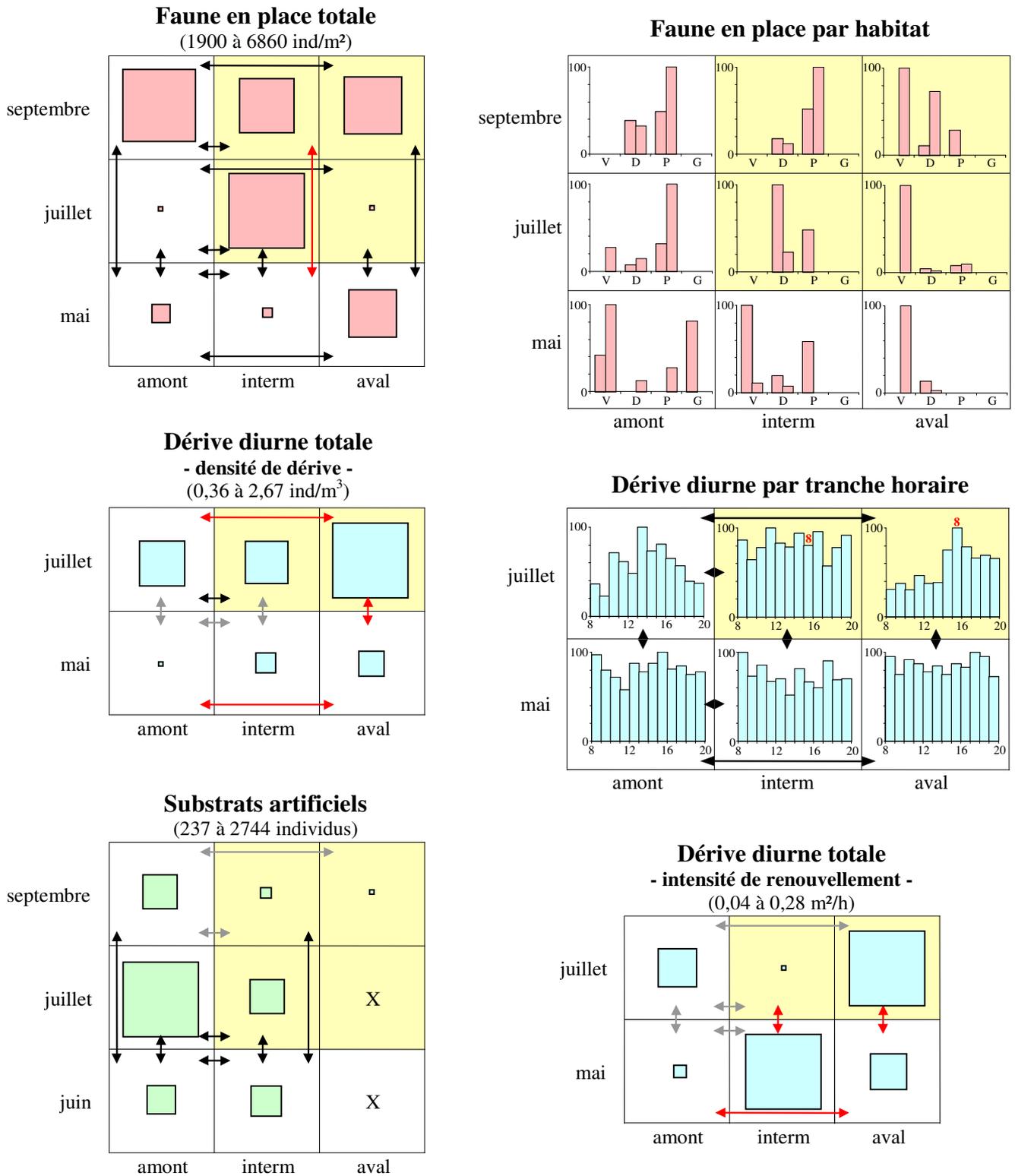


**Figure 5 - Données physico-chimiques et météorologiques associées à la dérive dans le Bramabiau**

L'axe des ordonnées à gauche des graphiques donne les valeurs de température, de conductivité, de pH, d'oxygène dissous et de saturation en oxygène exprimées en pourcentage de la valeur maximale. L'axe des ordonnées à droite des graphiques indique le recouvrement de la partie ensoleillée du cours d'eau. Les données chiffrées se trouvent en annexe 3.

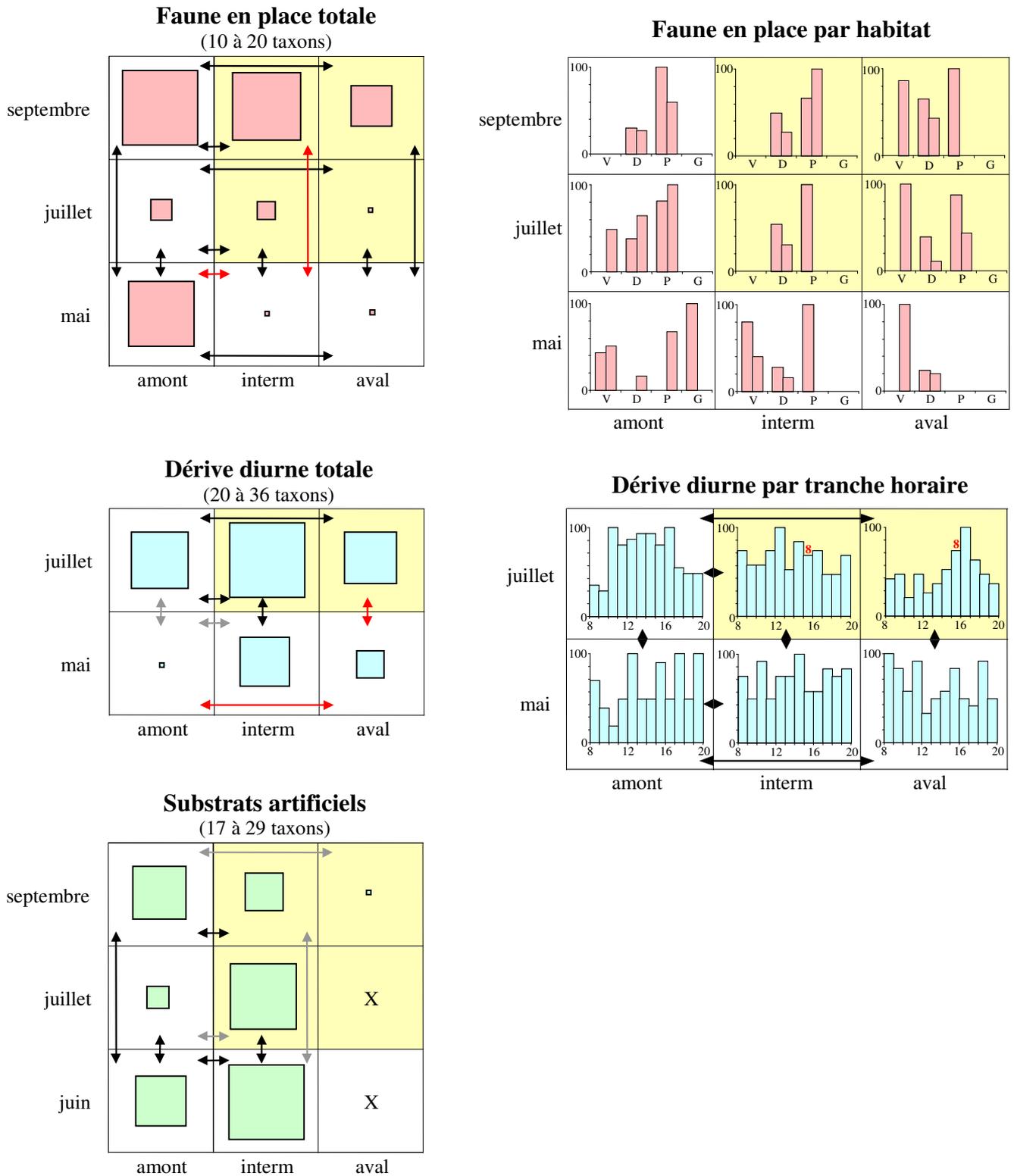


Bramabiau : effectifs

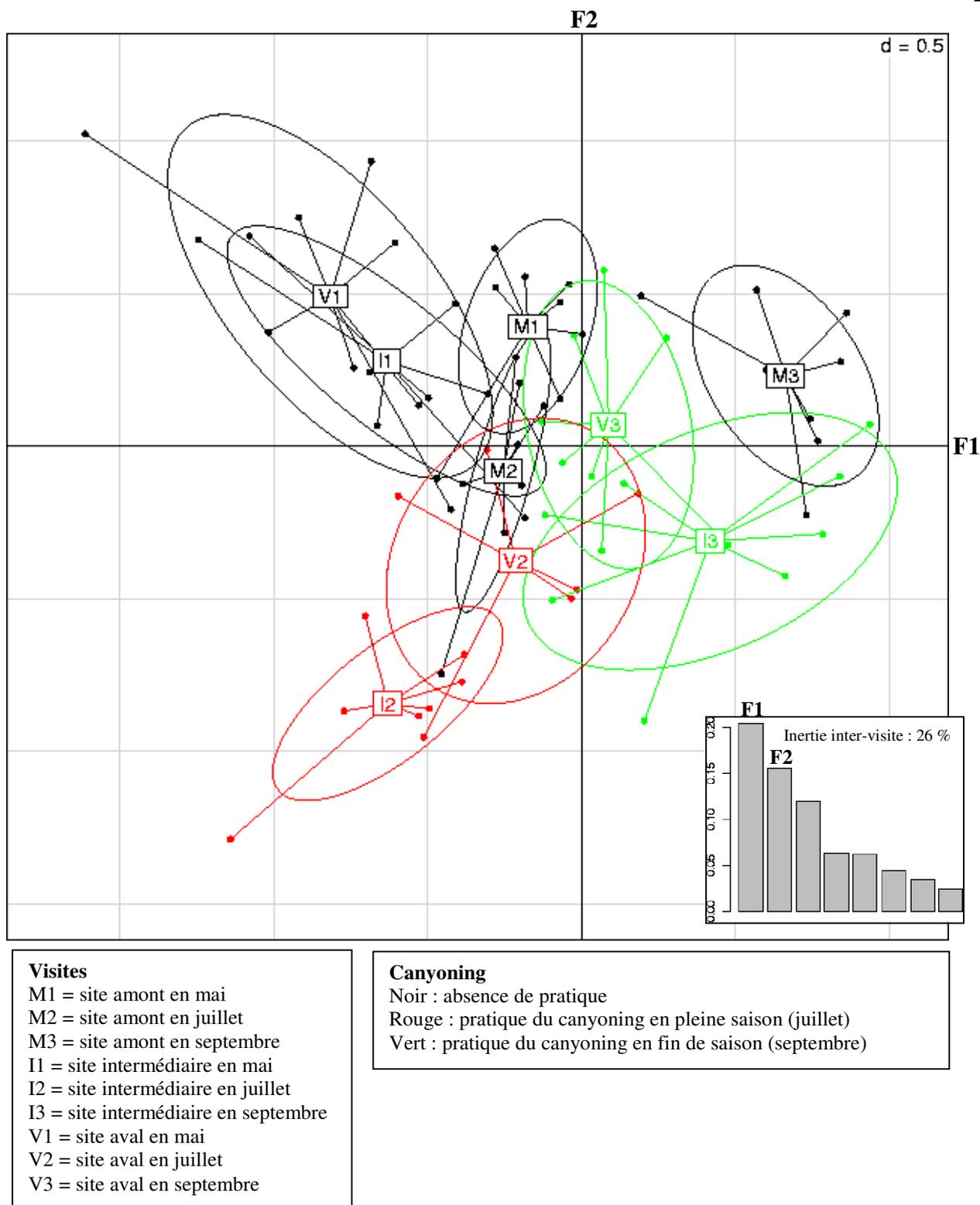


**Figure 6 - Evolution spatio-temporelle des effectifs dans le Bramabiau**

Bramabiau : richesse

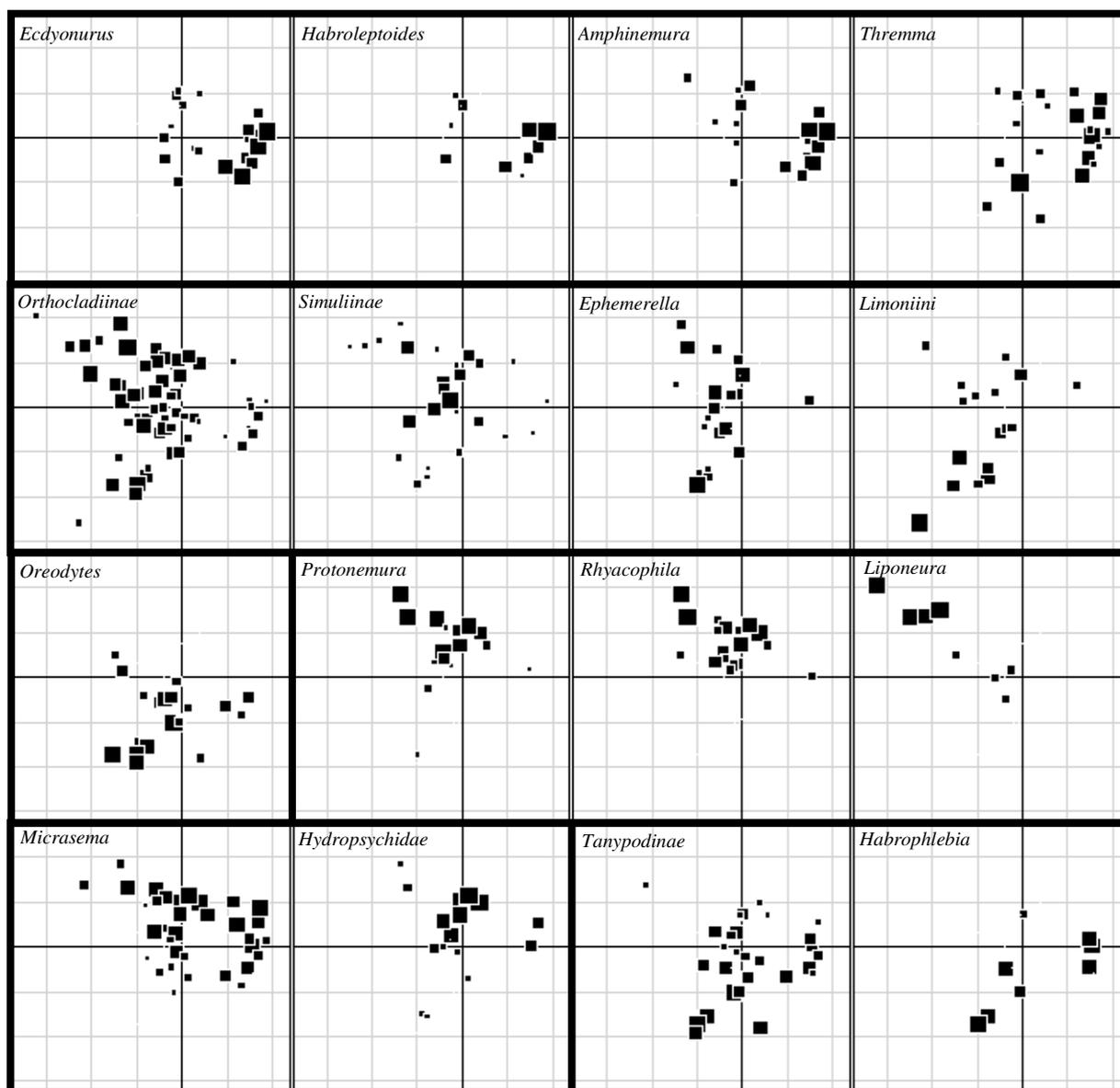
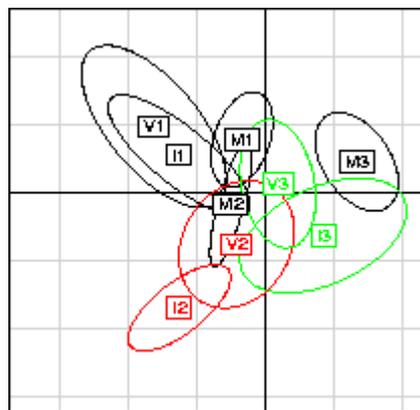


**Figure 7 - Evolution spatio-temporelle de la richesse taxonomique dans le Bramabiau**



**Figure 8 - AFC inter-visite sur la faune en place du Bramabiau : visites et relevés**

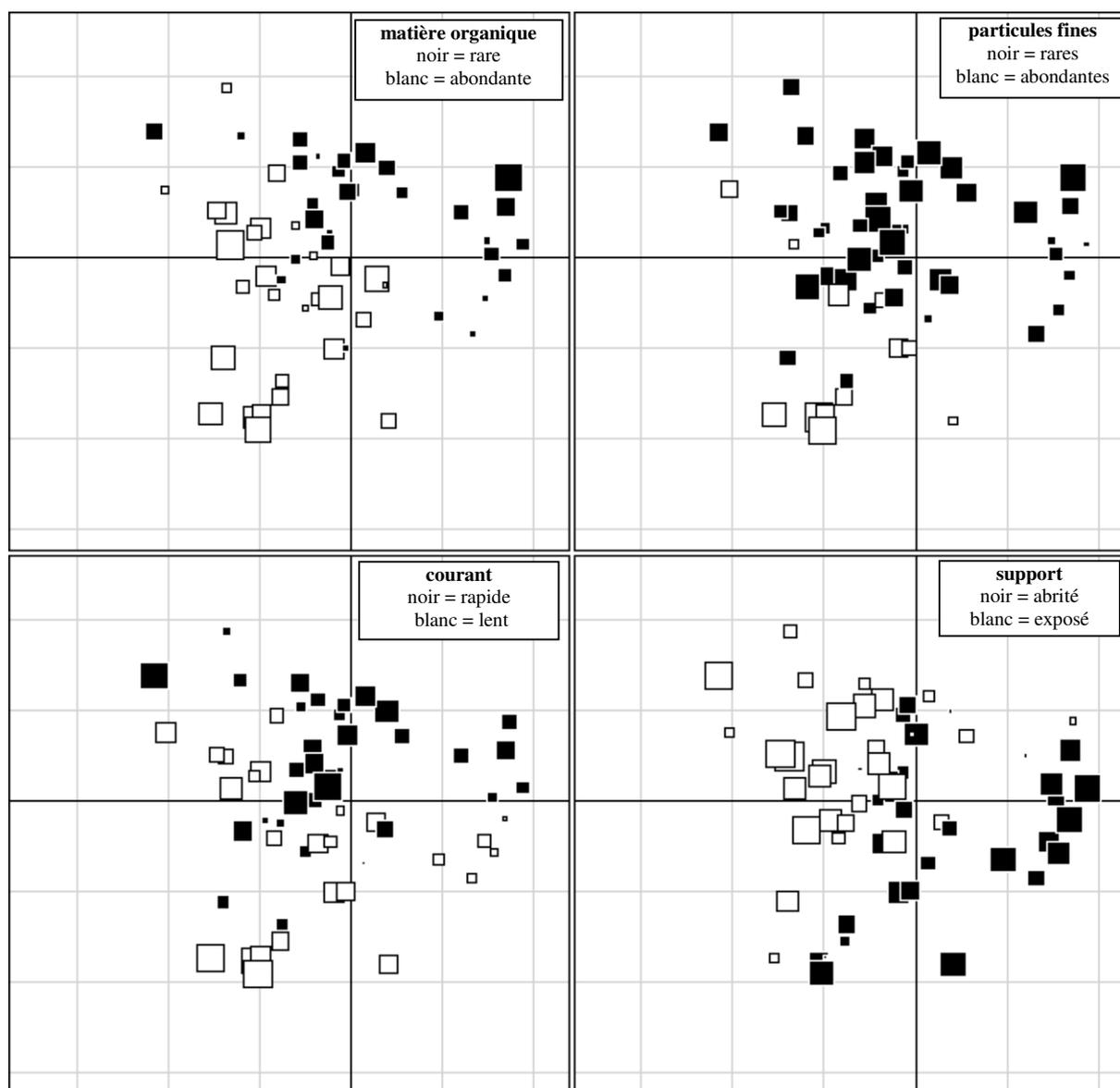
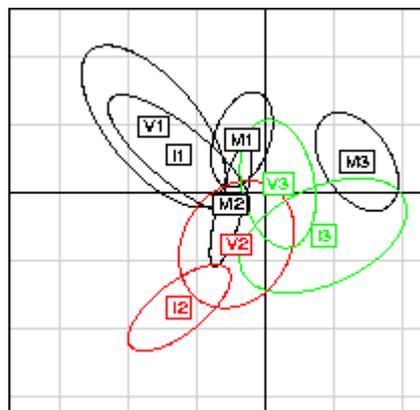
Les relevés sont projetés en individus supplémentaires et sont reliés à leur centre de gravité (visites) par un trait. La dispersion des relevés pour chaque visite est représentée par une ellipse d'inertie. Les histogrammes représentent les valeurs propres des différents axes factoriels. L'inertie inter-visite est la part de la variabilité totale des prélèvements exprimée par le facteur "visite".



Abondances maximales :  
 Rangée 1 : F1 positif, F2 variable  
 Rangée 2 : F1 négatif, F2 variable  
 Rangée 3 : F1 négatif, F2 soit négatif (à gauche) soit positif (à droite)  
 Rangée 4 : F1 variable, F2 soit positif (à gauche) soit négatif (à droite)

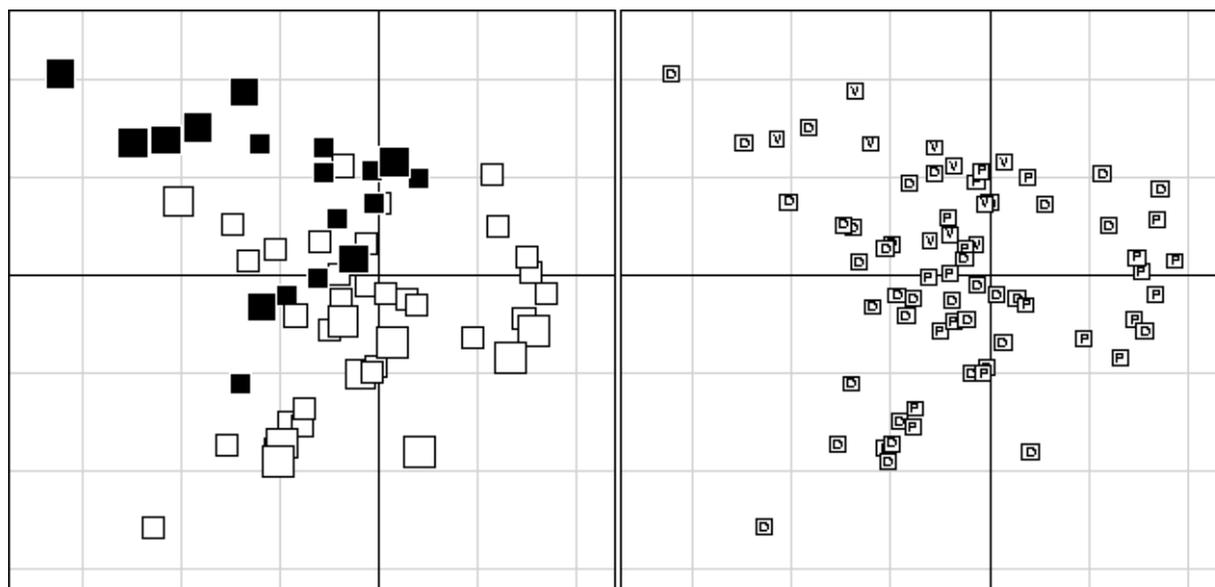
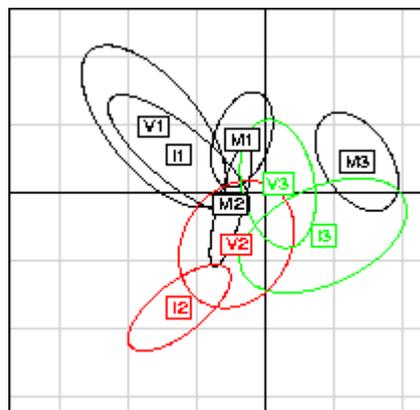
**Figure 9 - AFC inter-visite sur la faune en place du Bramabiau : abondance des taxons**

Abondance des taxons présentant de nettes fluctuations suivant F1 ou F2 associée aux relevés projetés en individus supplémentaires (côté des carrés proportionnel au log<sub>2</sub> des effectifs)



La taille des carrés indique l'intensité de l'affinité du peuplement pour le paramètre écologique figurant dans l'encart de chaque graphique. L'échelle de valeur des affinités est basée uniquement sur les prélèvements de l'étude.

**Figure 10 - AFC inter-visite sur la faune en place du Bramabiau : structure fonctionnelle des peuplements.**



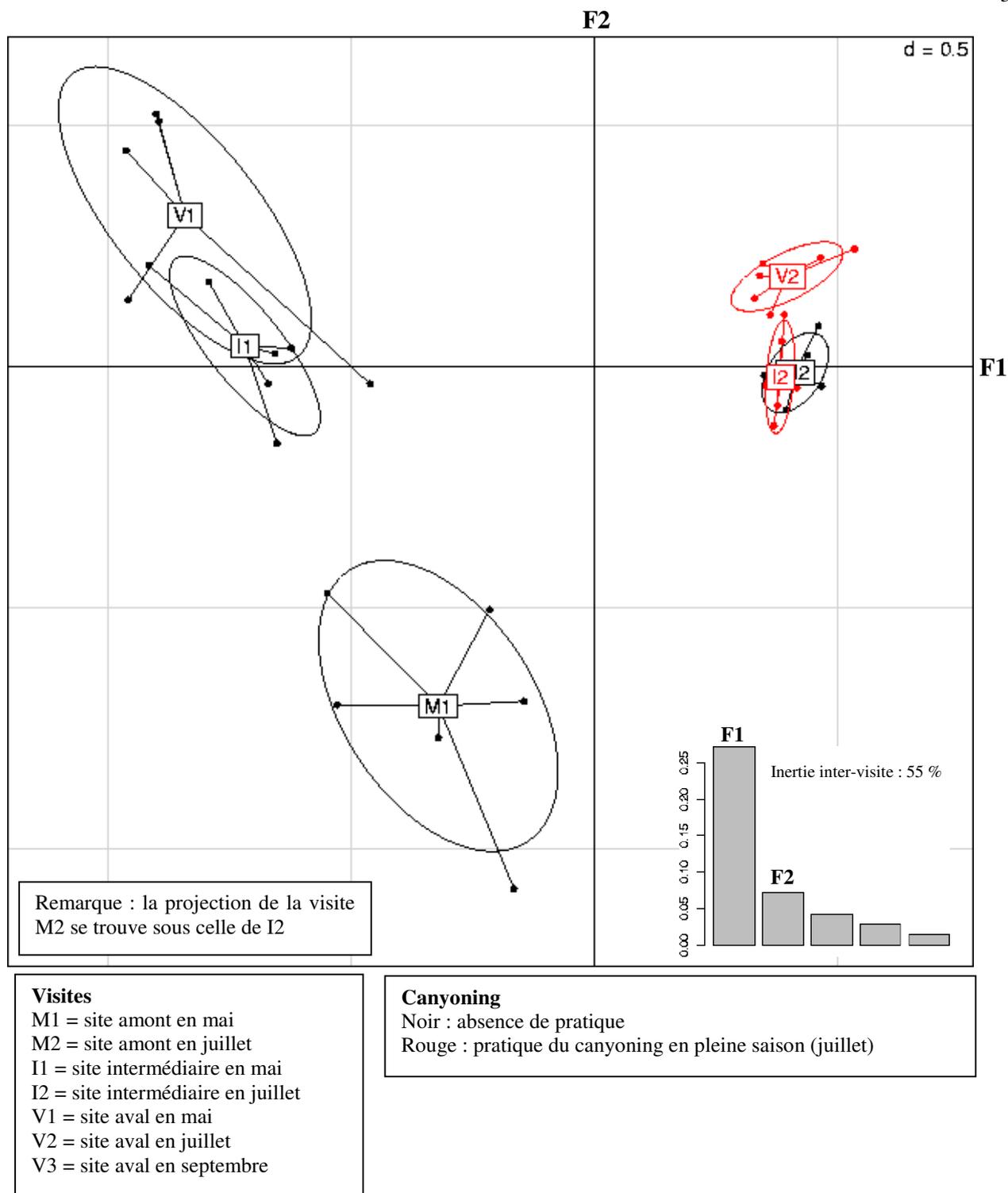
**Vitesse du courant**

0 cm/s = grands carrés blancs  
 < 25 cm/s = petits carrés blancs  
 25 à 50 cm/s = non représenté  
 50 à 100 cm/s = petits carrés noirs  
 >100 cm/s = grands carrés noirs

**Support**

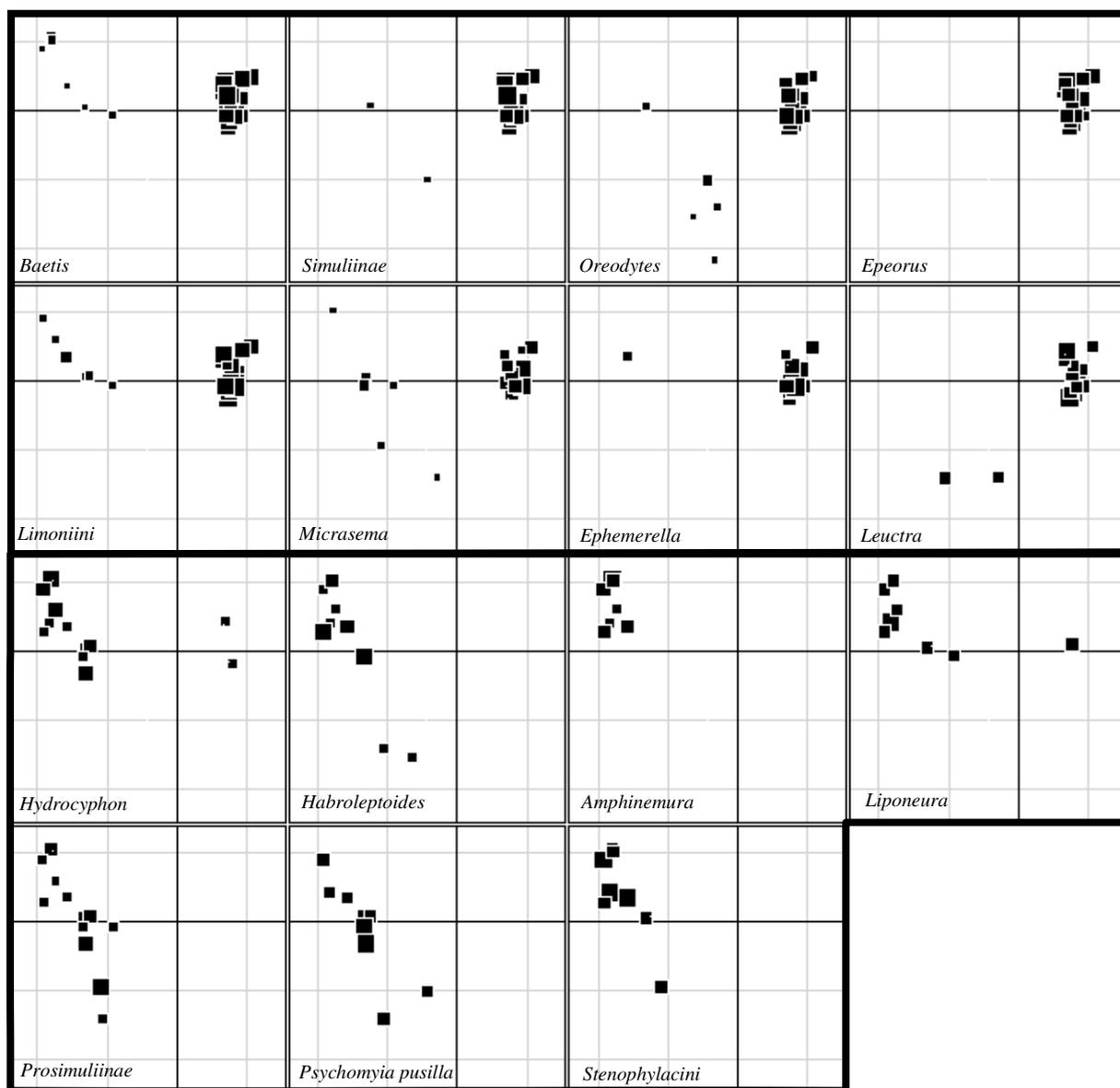
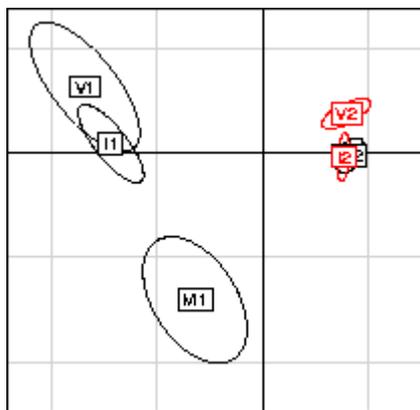
V = végétaux (mousses, Lemanea) sur dalle ou bloc  
 D = dalle ou bloc sans végétaux  
 P = pierres-galets  
 G = graviers

**Figure 11 - AFC inter-visite sur la faune en place du Bramabiau : paramètres mésologiques.**



**Figure 12 - AFC inter-visit sur la dérive dans le Bramabiau : visites et relevés**

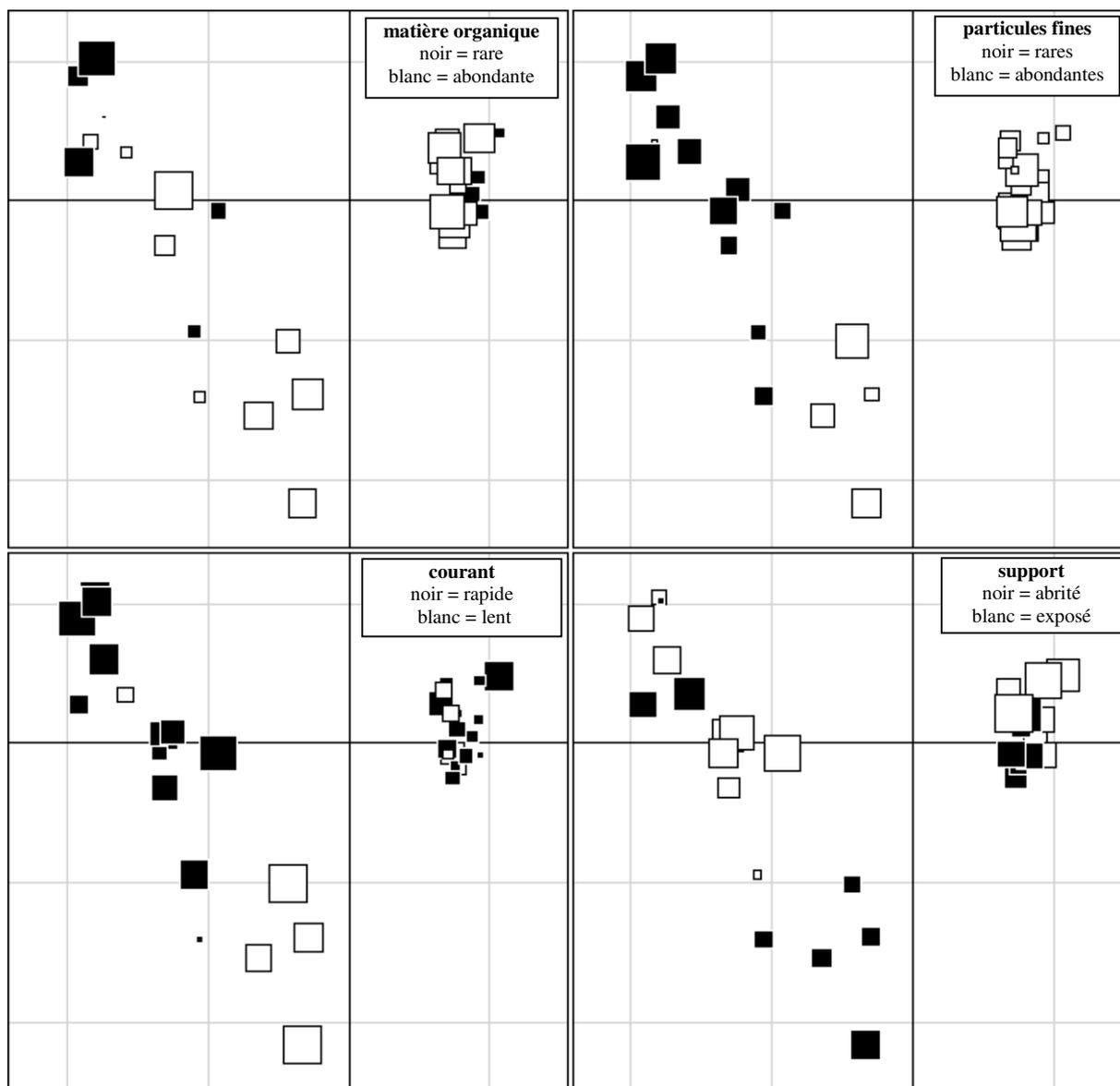
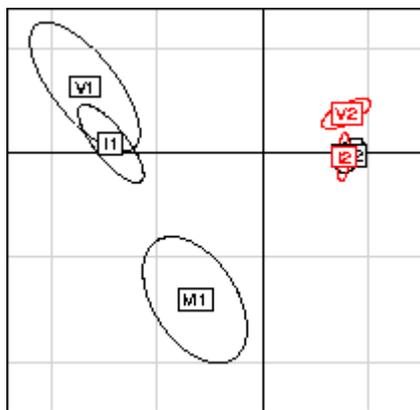
Les relevés (tranches horaires de 2 heures) sont projetés en individus supplémentaires et sont reliés à leur centre de gravité (visites) par un trait. La dispersion des relevés pour chaque visite est représentée par une ellipse d'inertie. Les histogrammes représentent les valeurs propres des différents axes factoriels. L'inertie inter-visite est la part de la variabilité totale des prélèvements exprimée par le facteur "visite".



Abondances maximales :  
 Rangées 1 et 2 : F1 positif  
 Rangées 3 et 4 : F1 négatif

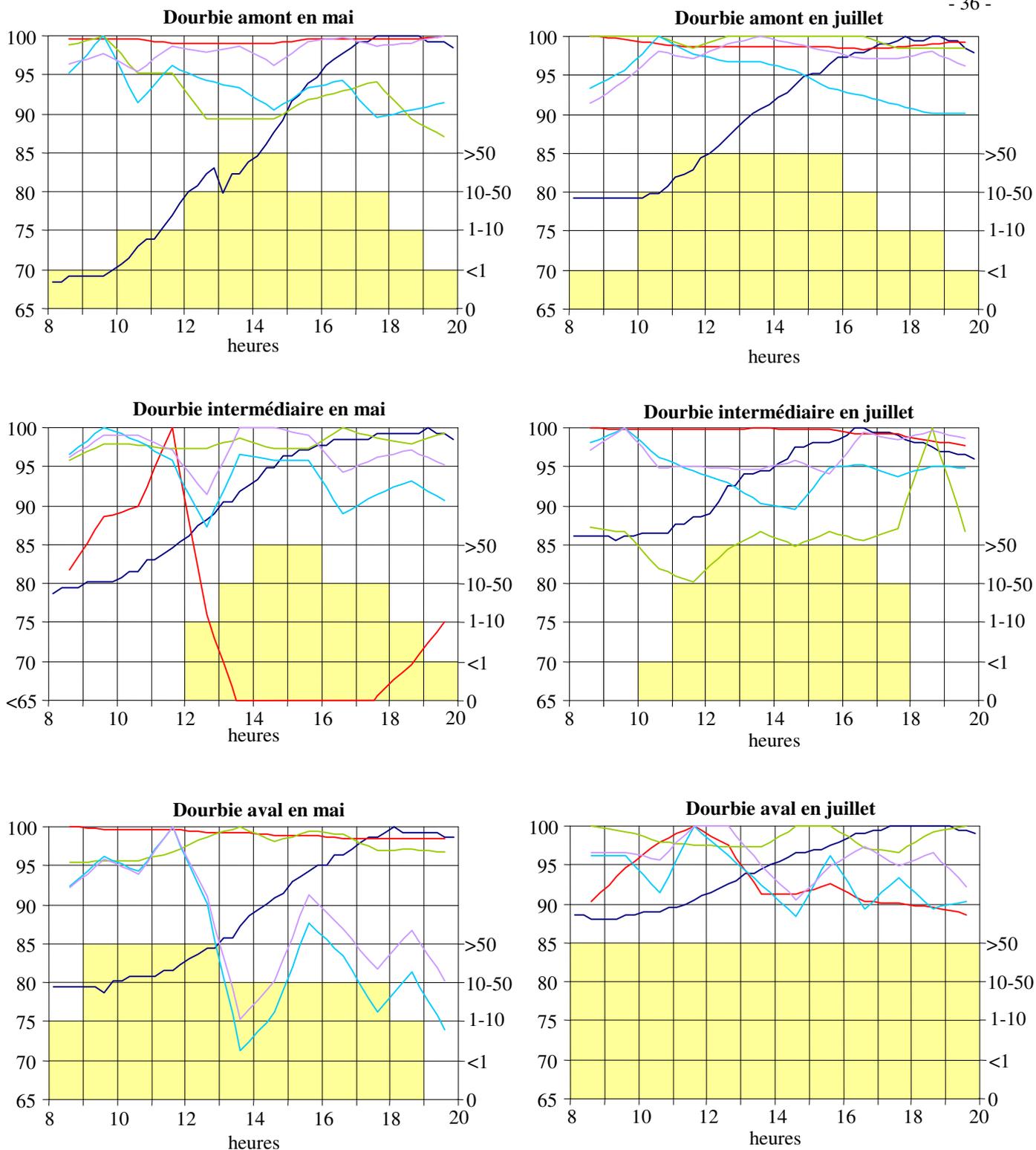
**Figure 13 - AFC inter-visite sur la dérivation du Bramabiau : abondance des taxons**

Abondance des taxons présentant de nettes fluctuations suivant F1 ou F2 associée aux relevés (tranches horaires de deux heures) projetés en individus supplémentaires (côté des carrés proportionnel au log2 des effectifs)



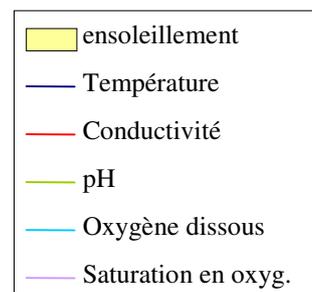
La taille des carrés indique l'intensité de l'affinité du peuplement pour le paramètre écologique figurant dans l'encart de chaque graphique. L'échelle de valeur des affinités est basée uniquement sur les relevés (tranches horaires de deux heures) de l'étude.

**Figure 14 - AFC inter-visite sur la dérive du Bramabiau : structure fonctionnelle des peuplements.**

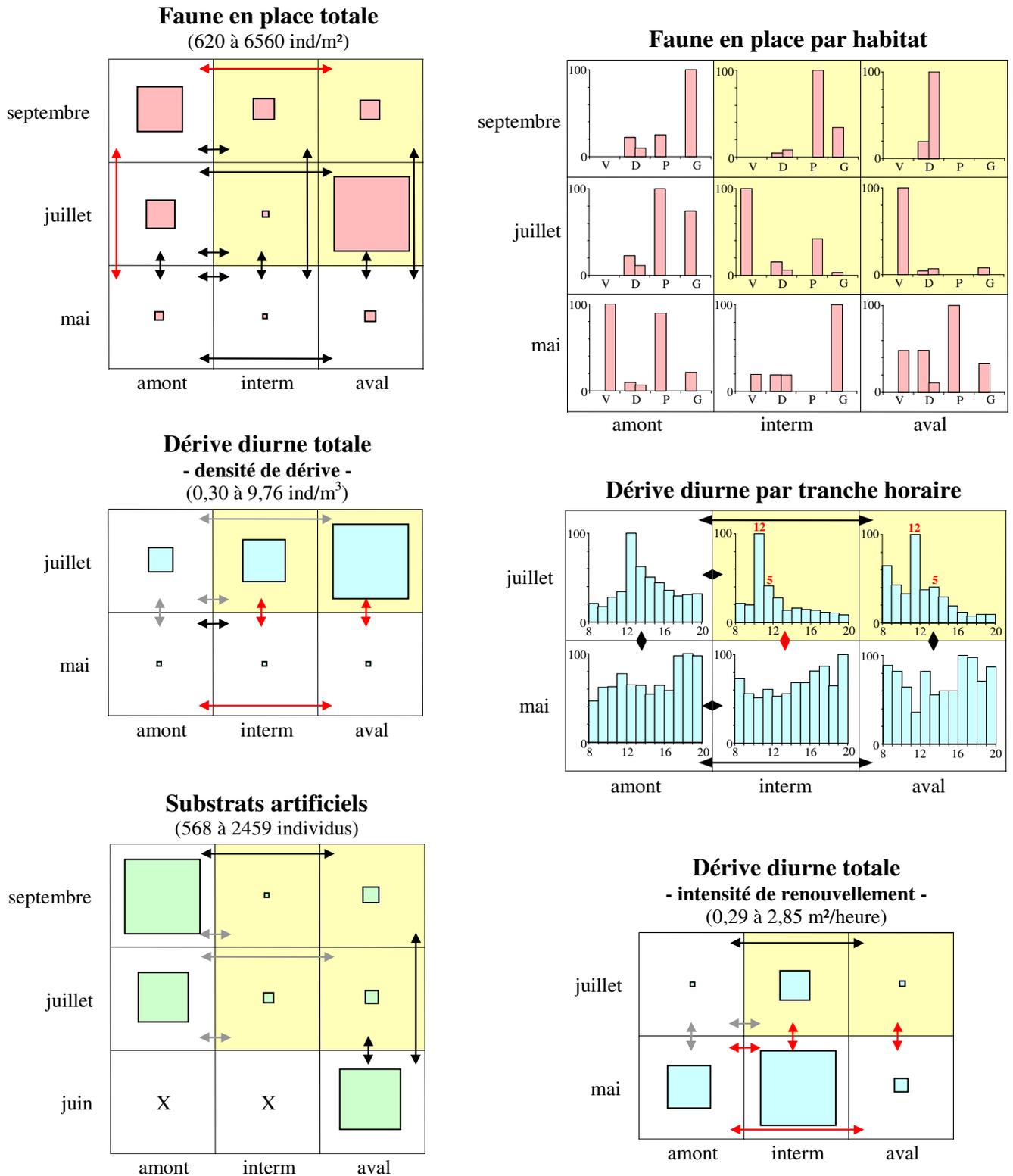


**Figure 15 - Données physico-chimiques et météorologiques associées à la dérive dans la Dourbie**

L'axe des ordonnées à gauche des graphiques donne les valeurs de température, de conductivité, de pH, d'oxygène dissous et de saturation en oxygène exprimées en pourcentage de la valeur maximale. L'axe des ordonnées à droite des graphiques indique le recouvrement de la partie ensoleillée du cours d'eau. Les données se trouvent en annexe 3.

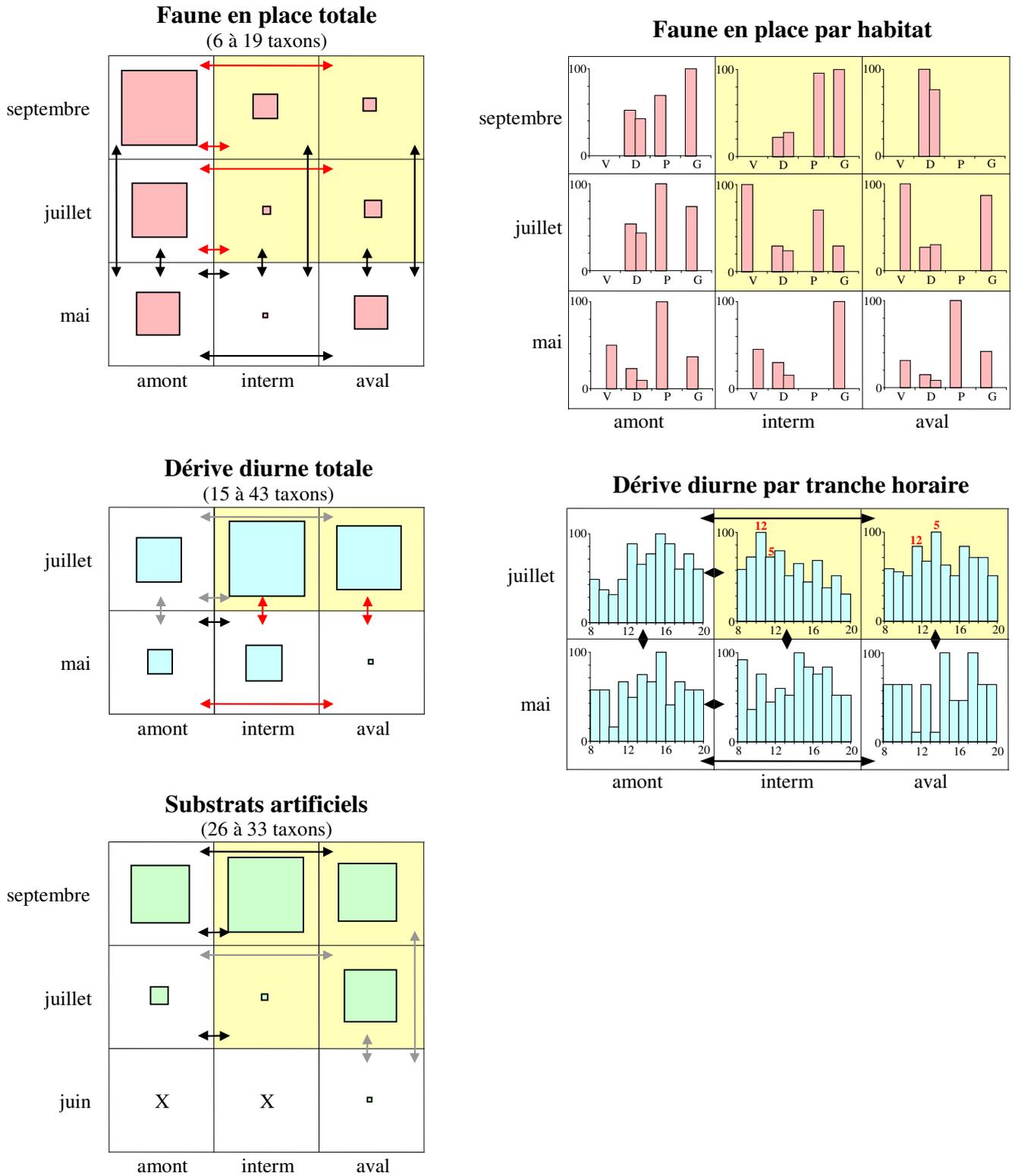


**Dourbie : effectifs**

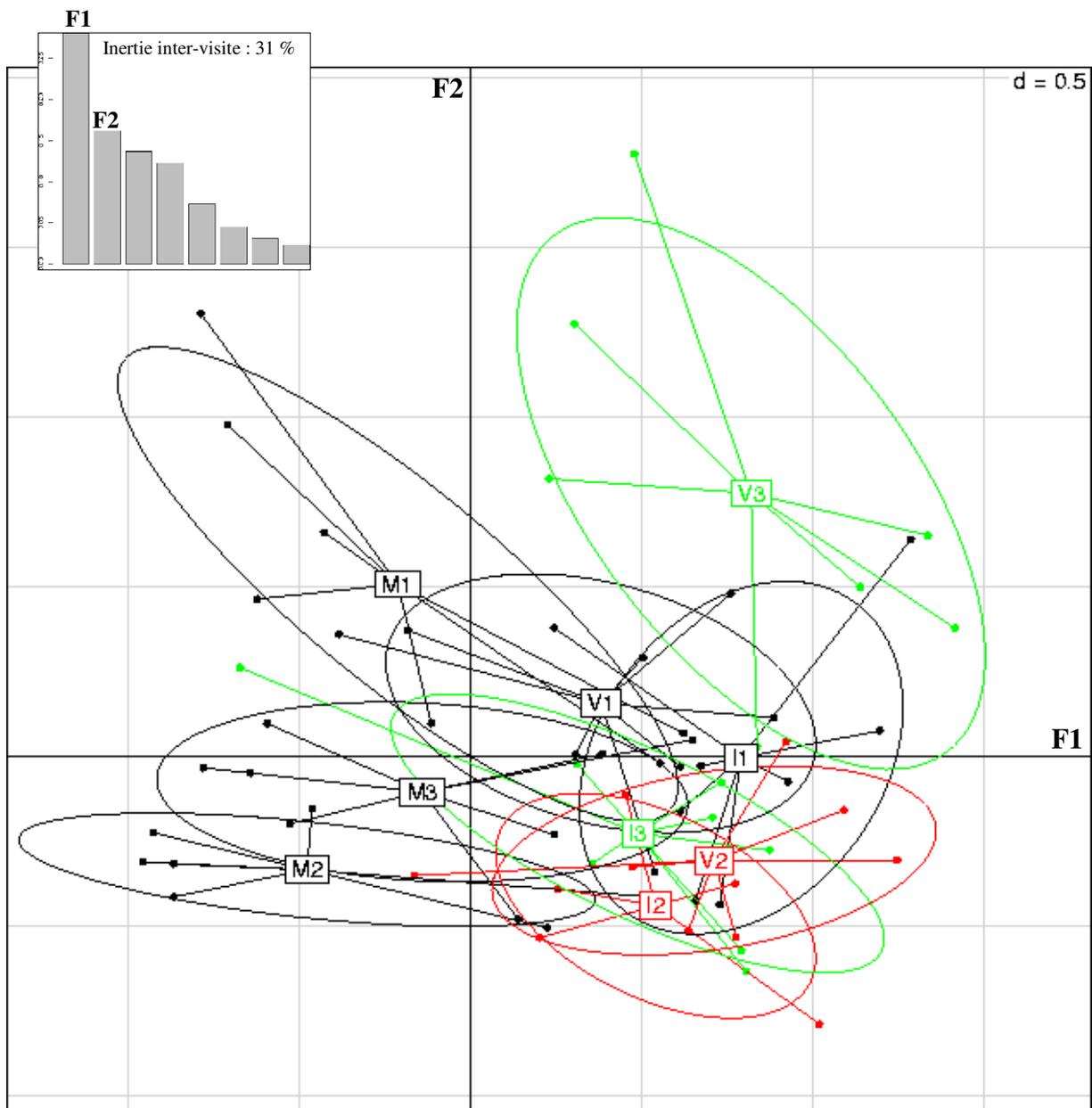


**Figure 16 - Evolution spatio-temporelle des effectifs dans la Dourbie**

Dourbie : richesse



**Figure 17 - Evolution spatio-temporelle de la richesse taxonomique dans la Dourbie**

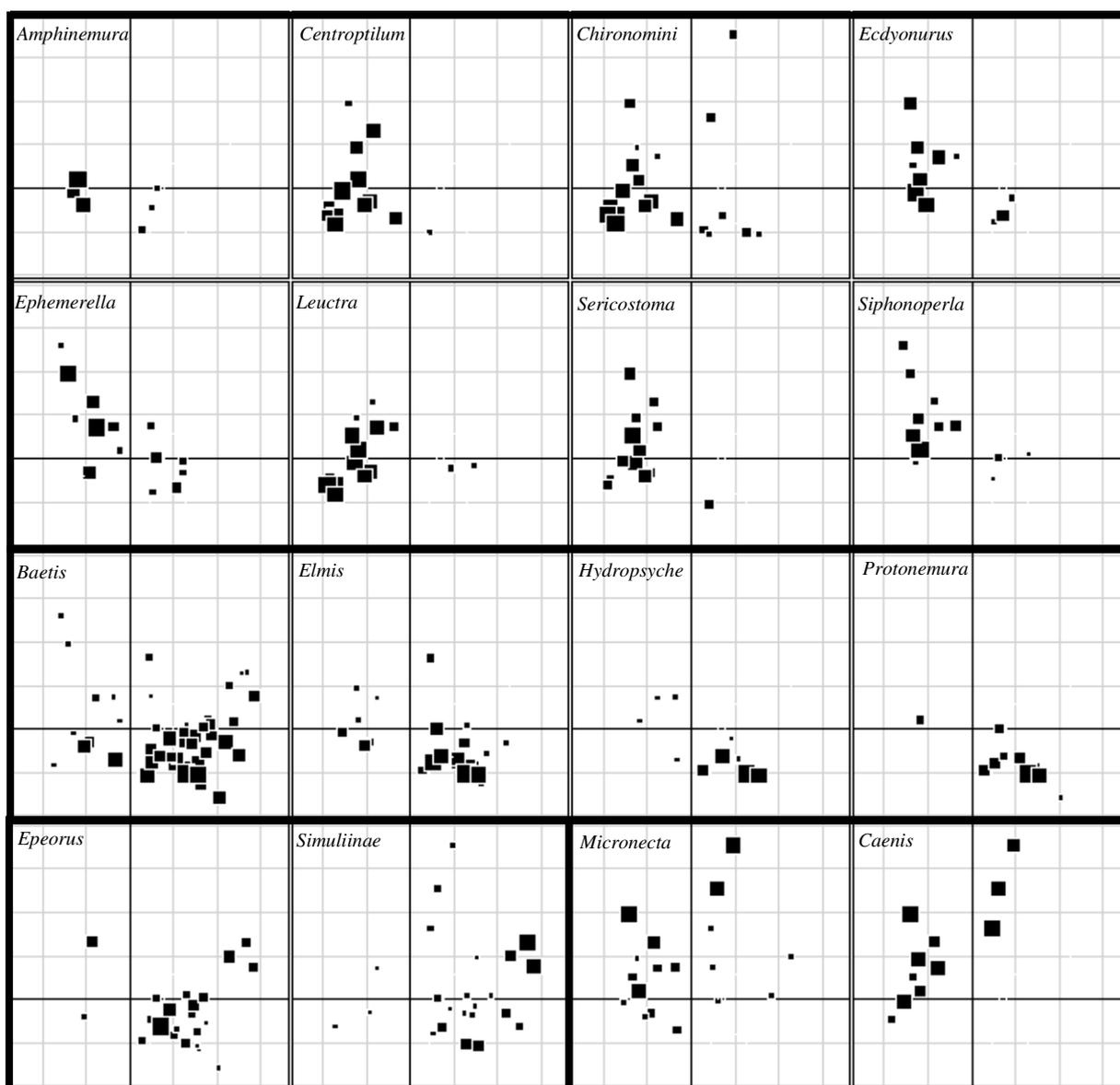
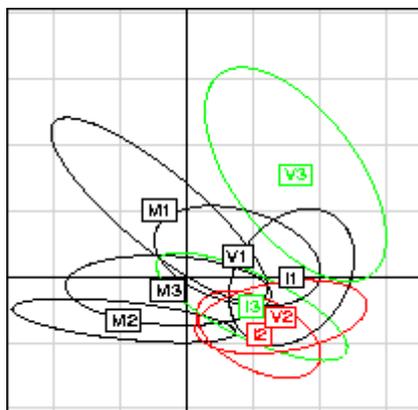


**Visites**  
M1 = site amont en mai  
M2 = site amont en juillet  
M3 = site amont en septembre  
I1 = site intermédiaire en mai  
I2 = site intermédiaire en juillet  
I3 = site intermédiaire en septembre  
V1 = site aval en mai  
V2 = site aval en juillet  
V3 = site aval en septembre

**Canyoning**  
Noir : absence de pratique  
Rouge : pratique du canyoning en pleine saison (juillet)  
Vert : pratique du canyoning en fin de saison (septembre)

**Figure 18 - AFC inter-visit sur la faune en place de la Dourbie : visites et relevés**

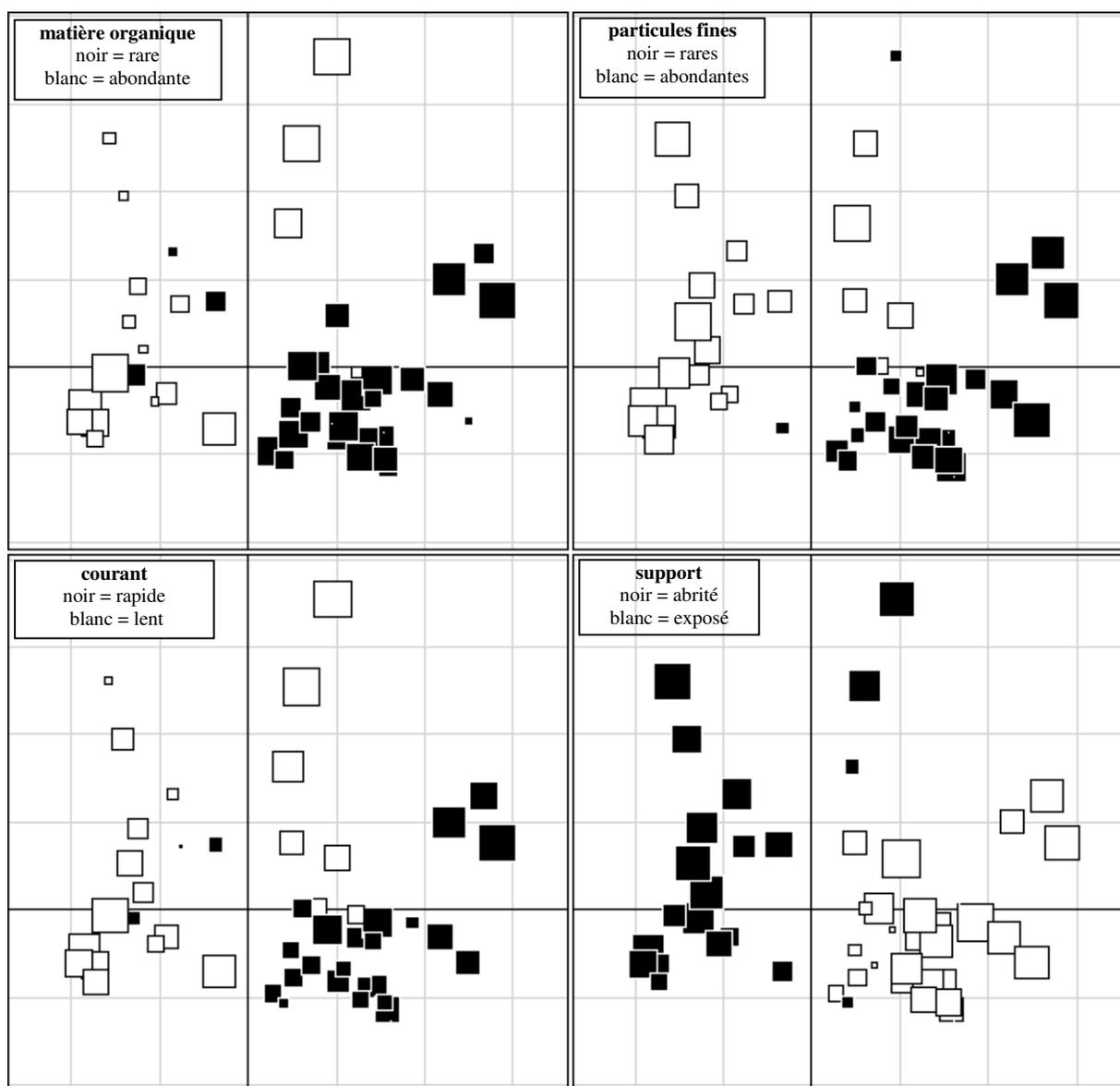
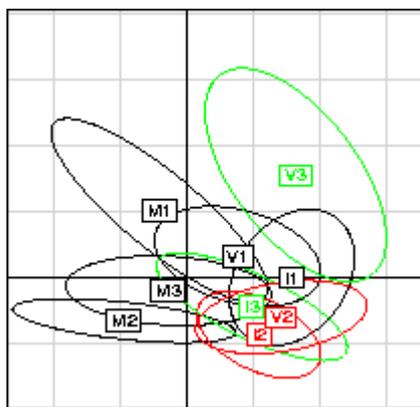
Les relevés sont projetés en individus supplémentaires et sont reliés à leur centre de gravité (visites) par un trait. La dispersion des relevés pour chaque visite est représentée par une ellipse d'inertie. Les histogrammes représentent les valeurs propres des différents axes factoriels. L'inertie inter-visit est la part de la variabilité totale des prélèvements exprimée par le facteur "visite".



Rangées 1 et 2 : abondance maximale dans les valeurs négatives de F1  
 Rangée 3 : abondance maximale dans les valeurs positives de F1 et négatives de F2  
 Rangée 4 à gauche : abondance maximale dans les valeurs positives de F1 sans nette tendance pour F2  
 Rangée 4 à droite : abondance maximale dans les valeurs positives de F2 sans nette tendance pour F1

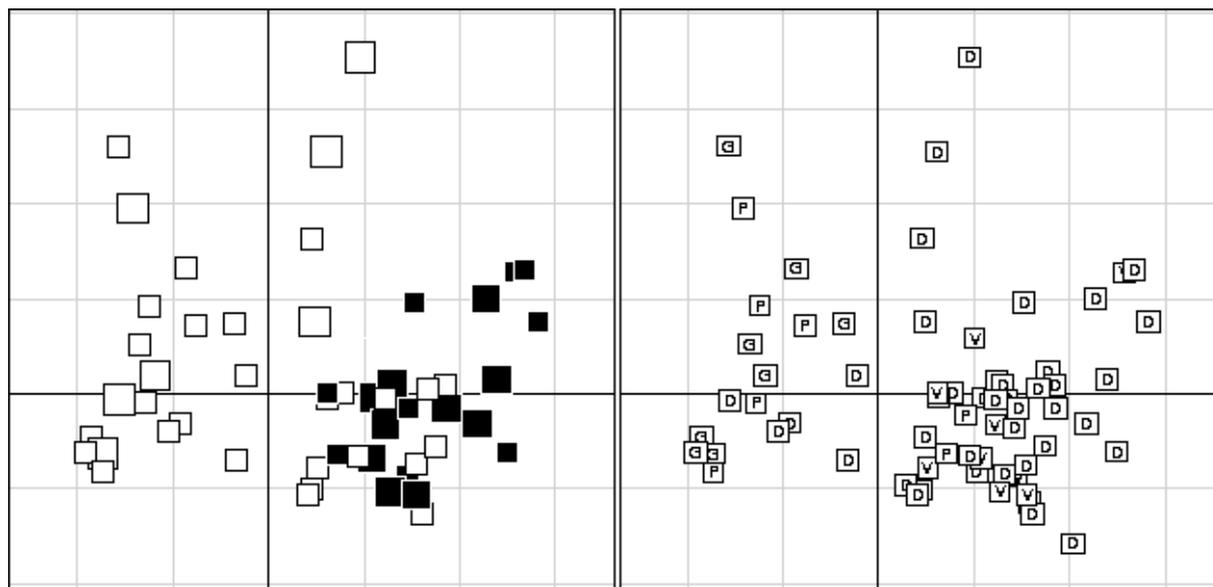
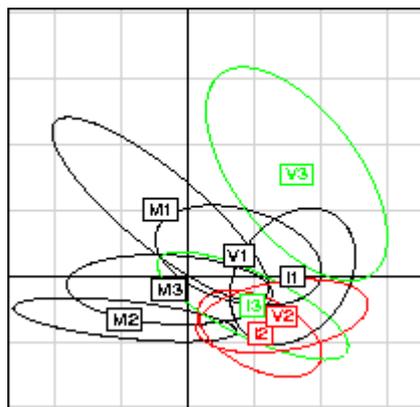
**Figure 19 - AFC inter-visite sur la faune en place de la Dourbie : abondance des taxons**

Abondance des taxons présentant de nettes fluctuations suivant F1 ou F2 associée aux relevés projetés en individus supplémentaires (côté des carrés proportionnel au log2 des effectifs)



La taille des carrés indique l'intensité de l'affinité du peuplement pour le paramètre écologique figurant dans l'encart de chaque graphique. L'échelle de valeur des affinités est basée uniquement sur les prélèvements de l'étude.

**Figure 20 - AFC inter-visite sur la faune en place de la Dourbie : structure fonctionnelle des peuplements.**



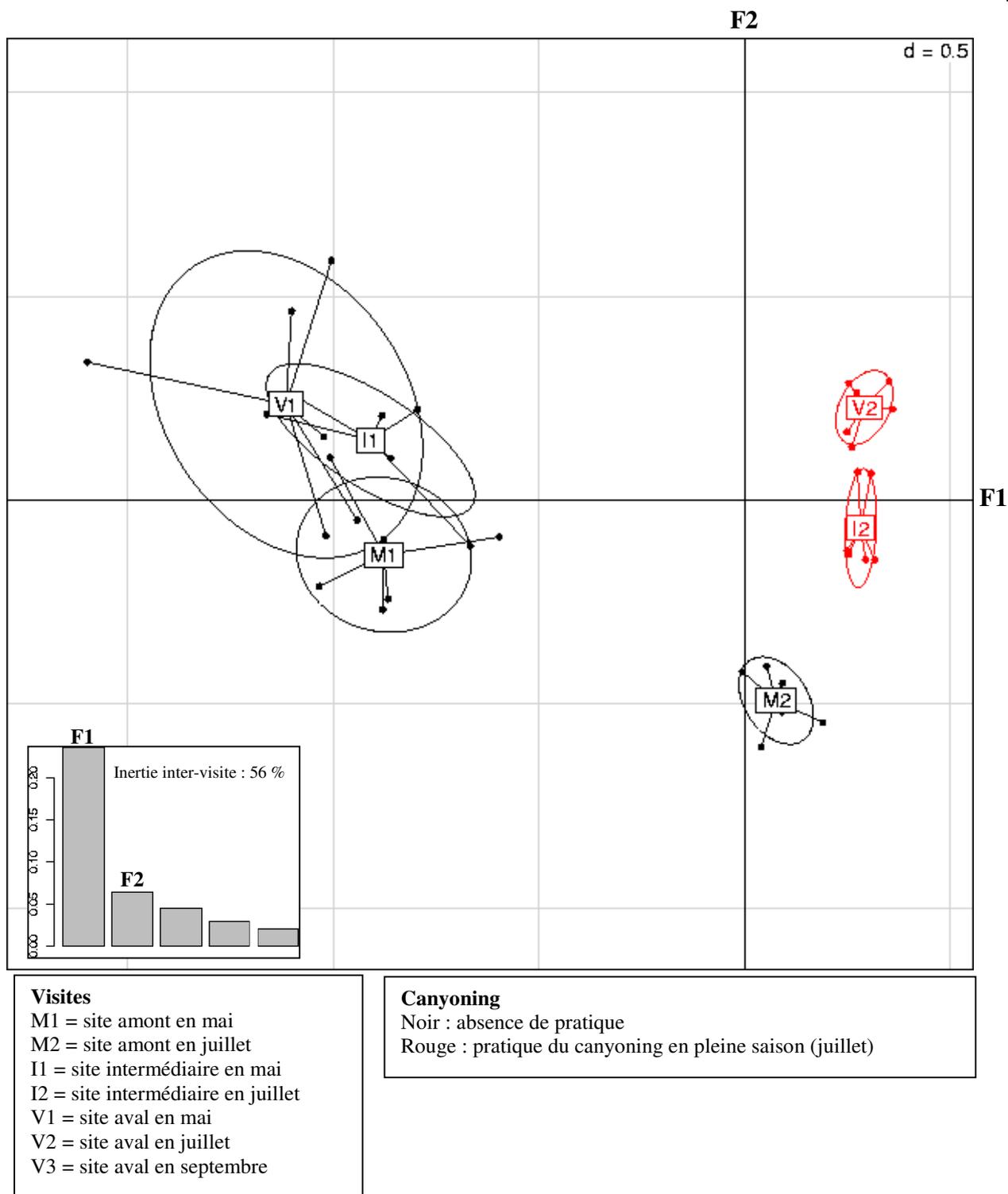
**Vitesse du courant**

0 cm/s = grands carrés blancs  
 < 25 cm/s = petits carrés blancs  
 25 à 50 cm/s = non représenté  
 50 à 100 cm/s = petits carrés noirs  
 >100 cm/s = grands carrés noirs

**Support**

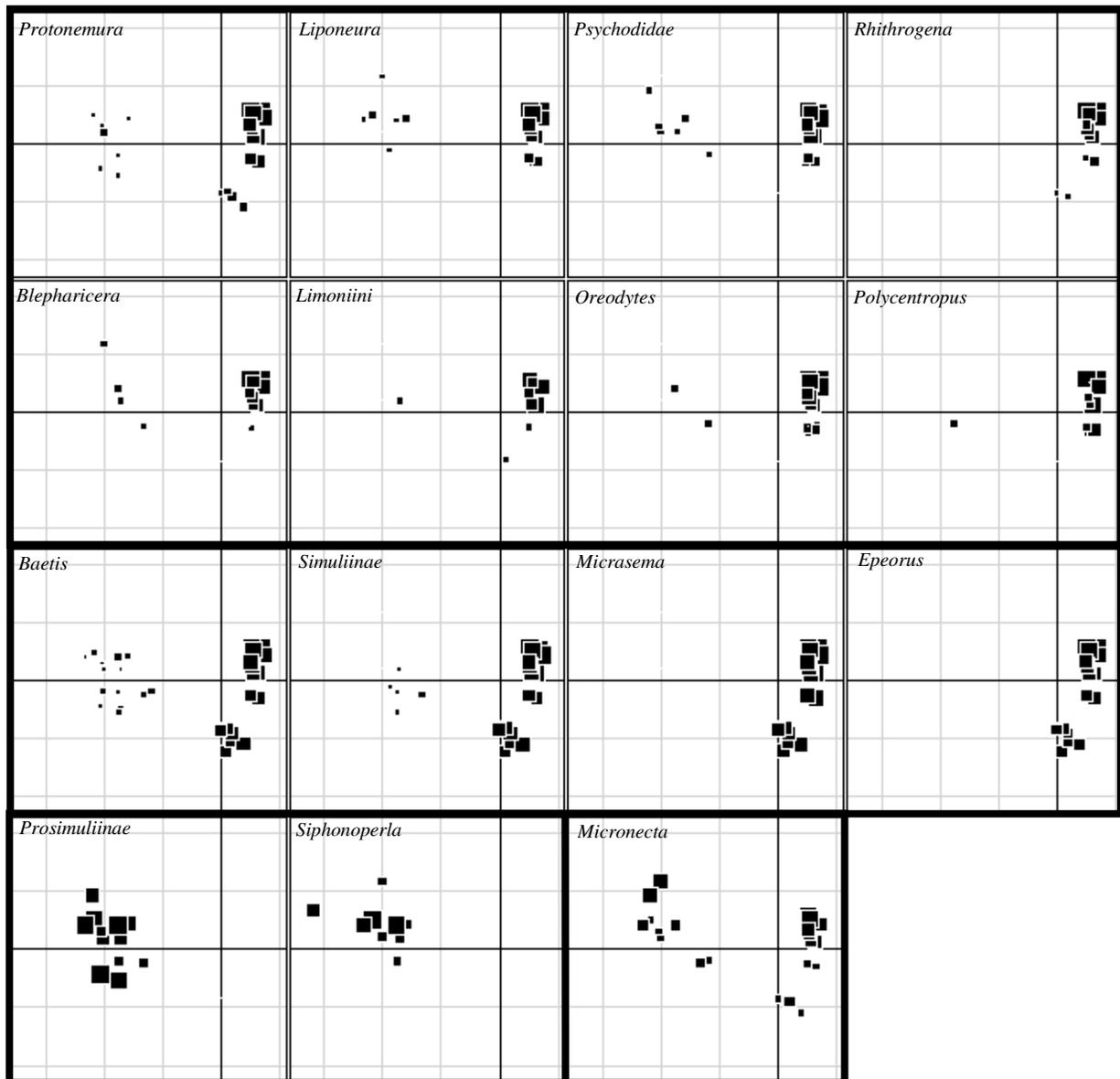
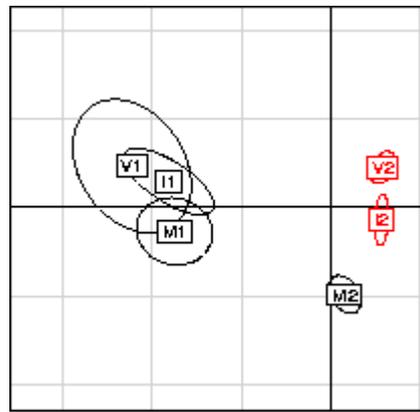
V = végétaux (mousses, Lemanea) sur dalle ou bloc  
 D = dalle ou bloc sans végétaux  
 P = pierres-galets  
 G = graviers

**Figure 21 - AFC inter-visitte sur la faune en place de la Dourbie : paramètres mésologiques.**



**Figure 22 - AFC inter-visit sur la dérive dans la Dourbie : visites et relevés**

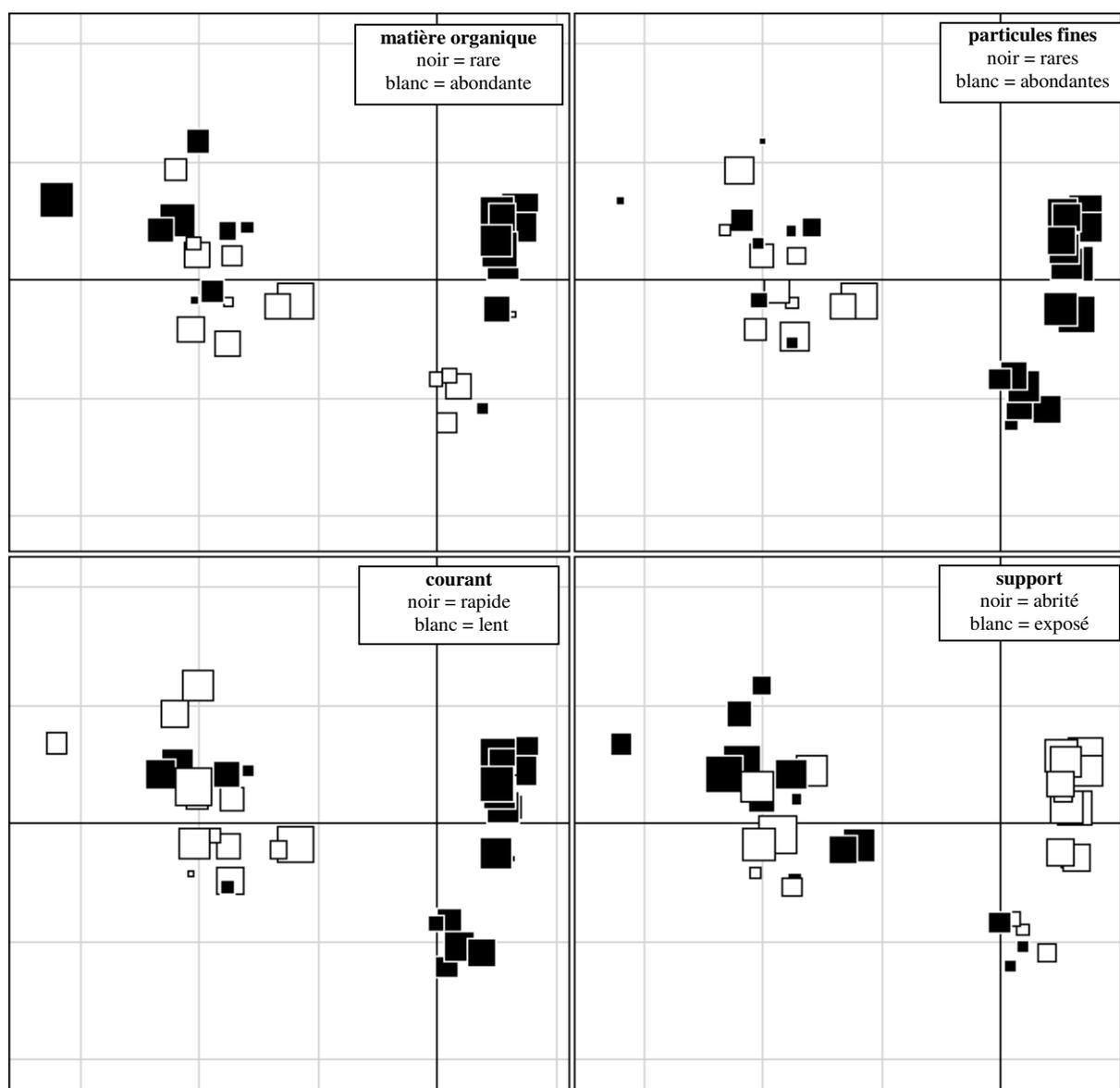
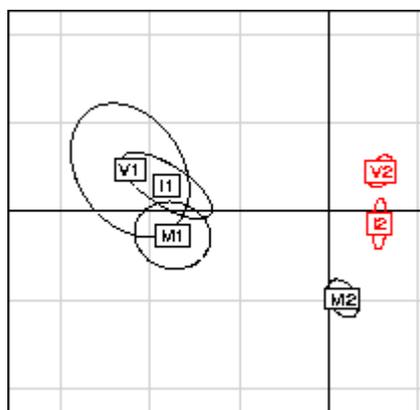
Les relevés (tranches horaires de 2 heures) sont projetés en individus supplémentaires et sont reliés à leur centre de gravité (visites) par un trait. La dispersion des relevés pour chaque visite est représentée par une ellipse d'inertie. Les histogrammes représentent les valeurs propres des différents axes factoriels. L'inertie inter-visit est la part de la variabilité totale des prélèvements exprimée par le facteur "visite".



Abondances maximales :  
 Rangées 1 et 2 : F1 positif, F2 positif  
 Rangée 3 : F1 positif, F2 variable  
 Rangée 4 à gauche : F1 négatif  
 Rangée 4 à droite : F1 variable, F2 positif

**Figure 23 - AFC inter-visite sur la dérive dans la Dourbie : abondance des taxons**

Abondance des taxons présentant de nettes fluctuations suivant F1 ou F2 associée aux relevés (tranches horaires de deux heures) projetés en individus supplémentaires (côté des carrés proportionnel au log<sub>2</sub> des effectifs)



La taille des carrés indique l'intensité de l'affinité du peuplement pour le paramètre écologique figurant dans l'encart de chaque graphique. L'échelle de valeur des affinités est basée uniquement sur les relevés (tranches horaires de deux heures) de l'étude.

**Figure 24 - AFC inter-visit sur la dérive dans la Dourbie : structure fonctionnelle des peuplements.**

# TABLEAUX

## **Bramabiau**

**Tableau 1** - Faune en place totale

**Tableau 2** - Faune en place par habitat

**Tableau 3** - Dérive diurne totale

**Tableau 4** - Dérive diurne par tranche horaire

**Tableau 5** - Substrats artificiels

## **Dourbie**

**Tableau 6** - Faune en place totale

**Tableau 7** - Faune en place par habitat

**Tableau 8** - Dérive diurne totale

**Tableau 9** - Dérive diurne par tranche horaire

**Tableau 10** - Substrats artificiels

**Tableau 1 - Faune en place totale dans le Bramabiau : données et tests statistiques**

Données brutes par prélèvement et par site									
Campagne	mai			juillet			septembre		
Site	Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval
	BM1	BI1	BV1	BM2	BI2	BV2	BM3	BI3	BV3

**Tests de Mann-Whitney** (seuil unilatéral de rejet de l'égalité)

Effectifs récoltés	1	90	31	1157	11	100	121	25	470	109
	2	359	28	40	108	389	29	195	127	789
	3	212	31	152	25	483	199	188	125	321
	4	35	50	188	101	37	9	467	768	160
	5	291	455	37	34	92	6	188	235	101
	6	108	265	21	43	1623	64	196	49	50
	7	89	89	26	373	2	190	427	324	27
	8	55	40	396	65	17	184	983	92	701
	<b>Moy</b>	<b>155</b>	<b>124</b>	<b>252</b>	<b>95</b>	<b>343</b>	<b>100</b>	<b>334</b>	<b>274</b>	<b>282</b>
Richesse (nombre de taxons)	1	27	3	24	4	6	16	6	24	12
	2	19	6	6	17	26	9	31	17	20
	3	20	3	8	10	15	12	18	23	18
	4	5	10	5	18	13	6	29	33	22
	5	37	20	5	12	6	2	8	18	17
	6	22	25	3	12	26	3	30	7	14
	7	11	7	7	19	1	10	12	20	12
	8	7	5	26	9	5	24	24	9	7
	<b>Moy</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>15</b>
APAB (affinité du peuplement pour les supports abrités)	1	50,7	-7,4	25,7	x	13,5	48,8	x	76,9	25,8
	2	29,6	x	10,1	36,2	42,6	x	62,3	72,8	30,7
	3	45,4	7,02	28,5	x	58,9	70,6	63,5	66,9	33,9
	4	10,6	-4,4	31,9	43,6	55,8	x	54,7	79,9	74,5
	5	68,5	36,9	-7,3	19,7	31,3	x	33,5	63,6	54,2
	6	53,8	59	x	43,9	36,7	-5,1	65,6	23,5	49,3
	7	12,8	11,8	x	21,8	x	22,5	36,6	51,5	x
	8	6,65	-7,7	27	10,7	x	57,7	36,9	8	-0,8
	<b>Tot</b>	<b>50</b>	<b>35</b>	<b>26</b>	<b>35</b>	<b>45</b>	<b>48</b>	<b>53</b>	<b>73</b>	<b>46</b>
APCO (affinité du peuplement pour le courant = rhéophilie)	1	64,3	39,1	67	x	65,1	74,6	x	52,2	70,6
	2	77	x	45,7	62,3	33,7	x	43,1	32,8	84,5
	3	60,2	26	40,2	x	13,7	1,04	77,5	49,7	85,2
	4	56,1	103	26	66,4	60,9	x	61,1	64,7	45,9
	5	49,9	69,3	39,1	58,1	9,35	x	71,7	30,5	49
	6	65,2	29,2	x	70,3	24,8	83,3	53,2	31	53,9
	7	69	22,9	x	79,7	x	95,2	67,8	47,8	x
	8	61,6	37,1	60,7	81,5	x	32	90,2	43,8	105
	<b>Tot</b>	<b>65</b>	<b>59</b>	<b>71</b>	<b>59</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>63</b>	<b>50</b>	<b>65</b>
SPMO (sensibilité du peuplement à la matière organique)	1	98,9	81,8	94,5	x	69,9	91	x	98,9	97
	2	101	x	83,2	90,6	80,6	x	93,7	83,7	109
	3	91,3	77,7	87,3	x	74,8	68,3	105	91,4	103
	4	75,5	104	89,8	93,8	84,3	x	101	97,7	95,6
	5	86,6	88,9	80,1	94,9	73,6	x	121	78,2	79,3
	6	99,8	84,8	x	89	79	84,5	94,1	69,7	83,9
	7	93,1	62,3	x	98,9	x	95,5	102	94,1	x
	8	102	75,3	88	106	x	93,6	102	71,6	100
	<b>Tot</b>	<b>94</b>	<b>93</b>	<b>98</b>	<b>96</b>	<b>82</b>	<b>89</b>	<b>100</b>	<b>93</b>	<b>100</b>
SPFI (sensibilité du peuplement aux fines)	1	78	82,1	86,1	x	82,9	86,5	x	75,8	91,5
	2	92,3	x	75,2	78,3	54,8	x	68,5	65	99,5
	3	75,1	75,8	47,1	x	29,3	30,9	85	76,5	99
	4	90,9	85,6	53,5	86	79,2	x	78,6	70,9	68,9
	5	63,1	80,3	79,3	95,8	39,6	x	109	52,7	82,5
	6	79,9	58	x	79	51	103	71,3	95,9	72,1
	7	92,6	64,8	x	97,4	x	101	98,1	87	x
	8	93,7	84	84,4	106	x	56,9	98,6	86,5	109
	<b>Tot</b>	<b>74</b>	<b>75</b>	<b>86</b>	<b>87</b>	<b>53</b>	<b>62</b>	<b>81</b>	<b>68</b>	<b>87</b>

	Effe	Rich	APAB
BM2 - BM1	0,097	0,097	0,286
BM3 - BM1	0,117	0,360	0,095
BI2 - BI1	0,287	0,287	0,037
BI3 - BI1	0,025	0,032	0,005
BV2 - BV1	0,323	0,399	0,165
BV3 - BV1	0,253	0,065	0,051
BI1 - BM1	0,080	0,041	0,047
BV1 - BM1	0,360	0,065	0,114
BI2 - BM2	0,287	0,399	0,197
BV2 - BM2	0,439	0,164	0,165
BI3 - BM3	0,360	0,439	0,168
BV3 - BM3	0,221	0,191	0,082

	APCO	SPMO	SPFI
BM2 - BM1	0,091	0,475	0,114
BM3 - BM1	0,306	0,020	0,306
BI2 - BI1	0,183	0,147	0,037
BI3 - BI1	0,268	0,306	0,433
BV2 - BV1	0,268	0,268	0,214
BV3 - BV1	0,017	0,069	0,069
BI1 - BM1	0,117	0,047	0,140
BV1 - BM1	0,009	0,054	0,071
BI2 - BM2	0,008	0,001	0,008
BV2 - BM2	0,465	0,123	0,396
BI3 - BM3	0,007	0,003	0,116
BV3 - BM3	0,402	0,191	0,355

Remarques :

- Les valeurs par site des paramètres sont des moyennes pour la richesse et les effectifs alors que pour les indices de structure du peuplement la valeur est calculée à partir de la somme des 8 prélèvements

- Les indices de structure du peuplement ne sont pas calculés pour les prélèvements où l'effectif récolté est inférieur à 30

**Tableau 2 - Faune en place par habitat dans le Bramabiau : données**

Campagne		mai			juillet			septembre		
Site		Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval
Effectifs (nombre moyen d'individus par prélèvement)	VI	150,5	455							
	DI		89	104,25	18	443	79	226	134	59,3
	PI		265		75,5	213	152,5	286	397	160
	GI	291								
	Vr	359	50	776,5	65		1972			555
	Dr	45	32,5	23,5	34	100	35	188	92	405
	Pr	99			237		190	585	768	
Richesse (nombre moyen de taxons par prélèvement)	VI	16	20							
	DI		7	6	7	10,6	9	9	16,2	14,3
	PI		25		15	19,5	20	30	22	22
	GI	37								
	Vr	19	10	25	9		23			19
	Dr	6	4	5	12	6	2,5	8	9	9,5
	Pr	25			18,5		10	18	33	

- Les habitats sont codés de la manière suivante : V = végétaux de type bryophytes ou Lemanea sur dalle ou blocs, D = dalle ou blocs sans végétaux, P = pierres-galets, G = graviers-sables, l = courant lent (inférieur à 25 cm/s) et r = courant rapide.

- Les données proviennent des 8 prélèvements aléatoires et des quelques prélèvements complémentaires

**Tableau 3 - Dérive diurne dans le Bramabiau : données par filet**

Cours d'eau		Bramabiau					
Campagne		mai			juillet		
Site		Amont	Intermédiaire	Aval	Amont	Intermédiaire	Aval
Effectifs - densité de dérive (nombre d'individus par mètre cube d'eau)	G	0,40	x	1,21	x	1,71	2,65
	M	0,32	1,05	1,01	1,90	1,60	2,49
	D	0,35	0,88	1,11	1,60	x	2,87
	Moy	0,36	0,97	1,11	1,75	1,65	2,67
Effectifs - intensité de renouvellement (nombre de mètres carrés de benthos par heure)	G	0,09	x	0,17	x	0,04	0,24
	M	0,07	0,31	0,14	0,18	0,04	0,22
	D	0,08	0,26	0,16	0,15	x	0,26
	Moy	0,08	0,28	0,16	0,17	0,04	0,24
Richesse (nombre de taxons)	G	17	x	25	x	33	28
	M	21	33	25	29	38	36
	D	21	27	26	34	x	28
	Moy	20	30	25	32	36	31
Indices APAB (affinité du peuplement pour les supports abrités)	G	57	x	44	x	49	40
	M	45	41	39	41	50	45
	D	43	41	38	42	x	40
	Tot	49	41	40	42	50	42
Indices APCO (affinité du peuplement pour le courant = rhéophilie)	G	37	x	54	x	47	44
	M	47	50	75	43	47	41
	D	28	61	59	44	x	47
	Tot	39	51	64	46	47	42
Indices SPMO (sensibilité du peuplement à la matière organique)	G	84	x	91	x	80	80
	M	81	89	103	87	86	78
	D	76	90	92	89	x	85
	Tot	80	89	95	88	83	81
Indices SPFI (sensibilité du peuplement aux fines)	G	76	x	88	x	67	66
	M	76	83	92	76	70	73
	D	73	87	86	71	x	71
	Tot	75	85	89	74	68	70

## Remarques :

- G = filet de gauche, M = filet du milieu, D = filet de droite et Moy = moyenne des trois filets
- x = absence de données (vitesse du courant inférieure à 5 cm/s)
- les indices fonctionnels de structure du peuplement (SPMO...) varient entre 0 (sensibilité minimale) et 100 (sensibilité maximale)
- l'intensité de renouvellement "Ir" est calculée à partir de la formule suivante :  $Ir = d.Q / n$  où d = densité de dérive (en individus par mètre cube d'eau), Q = débit du cours d'eau (en mètre cube par heure) et n = densité du peuplement benthique (en individus par mètre carré). Les débits estimés pour le Bramabiau sont de 200 litres par seconde en mai et 50 litres par seconde en juillet.
- les résultats des tests de Mann-Whitney ne sont pas détaillés car avec trois répliques, les règles sont très simples : la différence entre deux échantillons sera significative (seuil de 5% avec un test unilatéral) si les trois valeurs du premier échantillon sont toutes supérieures (ou au maximum avec une égalité) aux trois valeurs du second échantillon (exemple : 1,2,3 et 4,5,6 ou 1,2,3 et 3,4,5). Dans les cas où il manque les données pour un filet (vitesse du courant trop lente), le seuil de 5% ne sera jamais atteint.

**Tableau 4 - Dérive diurne par tranche horaire dans le Bramabiau : données et tests statistiques**

		Données calculées par tranche horaire, par site et par date												Données du test de Spearman						
Site et date	Paramètre	Tranche horaire (heure de récolte)												paires	$\Sigma d^2$	n	r <sup>2</sup>	stat		
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20							
BM1 = amont en mai	Effectifs	62	51	46	37	56	50	56	64	52	54	48	50	Effectifs	BM2 - BM1	277	12	0,03	ns	
	Richesse	11	8	6	9	14	9	9	13	9	14	9	14		BI2 - BI1	374	12	-0,31	ns	
	APAB	47,9	52,8	44,1	48,4	47,5	47,7	BV2 - BV1	307,5	12	-0,08	ns								
	APCO	31,3	56,7	59,7	35,9	47,3	58,0	BI1 - BM1	222,5	12	0,22	ns								
	SPMO	75,8	78,2	90,6	78,9	81,3	86,6	BI2 - BM2	240,5	12	0,16	ns								
	SPFI	73,7	65,7	79,4	69,4	62,7	80,7	BV1 - BM1	294	12	-0,03	ns								
BM2 = amont en juillet	Effectifs	64	40	125	107	84	175	128	142	114	99	69	65		Richesse	BV2 - BM2	177,5	12	0,38	ns
	Richesse	12	11	22	19	20	21	21	19	22	15	14	14			BM2 - BM1	342	12	-0,20	ns
	APAB	43,2	44,0	39,5	38,8	38,8	46,8	BI2 - BI1	294,5	12	-0,03	ns								
	APCO	23,2	53,7	65,2	41,7	45,6	53,6	BV2 - BV1	248	12	0,13	ns								
	SPMO	90,2	84,2	91,6	91,0	91,1	81,6	BI1 - BM1	225,5	12	0,21	ns								
	SPFI	61,7	65,1	66,9	74,2	70,4	79,6	BI2 - BM2	208,5	12	0,27	ns								
BI1 = interm en mai	Effectifs	135	99	116	91	95	70	110	90	81	122	93	95	BV1 - BM1	383,5	12	-0,34	ns		
	Richesse	14	11	16	11	14	14	17	12	12	15	14	15	BV2 - BM2	285,5	12	0,00	ns		
	APAB	35,8	34,5	36,6	54,5	44,6	40,5	Le test de Spearman consiste à comparer entre deux sites les rangs des valeurs prises par les paramètres dans les différentes tranches horaires (données appariées) :												
	APCO	57,4	47,7	58,4	45,9	48,2	46,3													
	SPMO	84,4	70,8	87,9	86,5	85,5	83,7													
SPFI	75,7	83,4	86,3	84,2	75,5	80,3														
BI2 = interm en juillet	Effectifs	142	105	128	164	136	129	154	132	157	94	128	150	- $\Sigma d^2$ mesure l'écart entre les rangs,						
	Richesse	22	19	19	22	27	18	24	21	22	17	17	21	- n indique le nombre de tranches horaires (12 tranches de 1 heure pour les effectifs et la richesse, 6 tranches de 2 heures pour les autres paramètres),						
	APAB	49,2	47,8	47,4	50,6	57,0	51,5	- r <sup>2</sup> , calculé à partir de d <sup>2</sup> et n, varie entre -1 (corrélation parfaitement inverse) et 1 (corrélation parfaite)												
	APCO	33,5	40,8	49,4	45,7	47,2	46,4	- stat : montre si la signification de la corrélation obtenue est nulle (ns), légère (* - seuil 5 à 2%), moyenne (** - seuil 2 à 1%) où élevée (***) - inférieur à 1 %).												
	SPMO	80,0	76,8	85,0	81,4	79,2	73,8													
	SPFI	65,8	59,5	71,9	69,1	63,1	64,5													
BV1 = aval en mai	Effectifs	137	108	132	125	112	122	108	125	120	144	137	105							
	Richesse	17	15	12	16	9	11	12	15	11	10	16	11							
	APAB	42,5	38,7	44,9	51,6	38,3	33,5													
	APCO	23,6	43,9	58,9	44,7	45,2	40,2													
	SPMO	89,9	93,3	104,4	98,8	88,2	91,5													
BV2 = aval en juillet	Effectifs	86	104	83	128	104	107	207	276	217	183	190	180							
	Richesse	16	17	12	17	13	15	18	22	27	20	17	15							
	APAB	36,0	42,5	33,9	45,9	39,4	32,4													
	APCO	45,0	54,4	64,8	49,3	42,9	40,4													
	SPMO	89,4	81,0	77,2	81,2	75,7	78,8													
	SPFI	73,9	73,4	74,4	71,6	71,8	75,2													

Les tranches horaires ont été groupées par deux pour les sensibilités afin d'avoir un effectif suffisant par échantillon.

**Tableau 5 - Substrats artificiels dans le Bramabiau : données**

Cours d'eau		Bramabiau								
Campagne		juin			juillet			septembre		
Site		Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval
Effectifs récoltés	1	1986	377	x	431	654	491	1036	470	242
	2	384	2089	x	5057	2100	x	1681	707	232
	<b>Moy</b>	<b>1185</b>	<b>1233</b>	<b>x</b>	<b>2744</b>	<b>1377</b>	<b>x</b>	<b>1359</b>	<b>589</b>	<b>237</b>
Richesse (nombre de taxons)	1	29	30	x	20	27	21	28	19	17
	2	21	28	x	21	28	x	23	27	17
	<b>Moy</b>	<b>25</b>	<b>29</b>	<b>x</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>x</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>17</b>
APAB (affinité pour les supports abrités)	1	32,7	53,5	x	42,9	42,6	42	51,7	61,4	60,4
	2	37,2	36,6	x	22,9	40,1	x	38,5	52,5	73
	<b>Tot</b>	<b>33</b>	<b>38</b>	<b>x</b>	<b>30</b>	<b>39</b>	<b>x</b>	<b>46</b>	<b>55</b>	<b>68</b>
APCO (rhéophilie du peuplement)	1	67,3	48,1	x	46,0	32,6	56,0	75,9	61,6	67,0
	2	41,4	55,2	x	72,1	59,3	x	92,5	57,2	63,9
	<b>Tot</b>	<b>60</b>	<b>52</b>	<b>x</b>	<b>66</b>	<b>43</b>	<b>x</b>	<b>84</b>	<b>58</b>	<b>64</b>
SPMO (sensibilité du peuplement à la matière organique)	1	101	85,2	x	87,4	87,6	95,8	98,1	104,7	97,6
	2	83,1	94,3	x	95,2	87,1	x	101,4	95,6	96,3
	<b>Tot</b>	<b>96</b>	<b>91</b>	<b>x</b>	<b>96</b>	<b>84</b>	<b>x</b>	<b>99</b>	<b>100</b>	<b>97</b>
SPFI (sensibilité du peuplement aux fines)	1	85,3	54,9	x	58,2	47,8	67,7	82,9	73,6	64,9
	2	60,5	81,4	x	84,1	71,5	x	92,3	73,9	56,9
	<b>Tot</b>	<b>78</b>	<b>74</b>	<b>x</b>	<b>81</b>	<b>57</b>	<b>x</b>	<b>90</b>	<b>77</b>	<b>64</b>

Remarques :

- Les valeurs par site des paramètres sont des moyennes pour la richesse et les effectifs alors que pour les indices la valeur est calculée à partir de la somme des 2 prélèvements
- "x" = absence de données (substrat non retrouvé)

Tableau 6 - Faune en place totale dans la Dourbie : données et tests statistiques

Données brutes par prélèvement et par site										
Campagne		mai			juillet			septembre		
Site		Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval
		DM1	DI1	DV1	DM2	DI2	DV2	DM3	DI3	DV3

Tests de Mann-Whitney (seuil unilatéral de rejet de l'égalité)

Effectifs récoltés	1	16	38	17	174	26	1573	189	44	103
	2	42	20	165	12	21	708	761	40	97
	3	10	35	37	34	47	18	109	25	14
	4	253	13	79	7	7	12	17	26	54
	5	8	33	128	81	8	143	219	26	471
	6	19	30	54	360	96	97	61	53	51
	7	73	27	20	201	227	9	101	517	7
	8	92	49	73	287	7	62	226	177	33
	<b>Moy</b>	<b>64</b>	<b>31</b>	<b>72</b>	<b>145</b>	<b>55</b>	<b>328</b>	<b>210</b>	<b>114</b>	<b>104</b>
Richesse (nombre de taxons)	1	4	11	2	25	5	19	23	5	6
	2	8	6	34	7	3	18	33	6	12
	3	2	9	1	10	7	5	13	5	3
	4	34	3	5	5	4	3	10	6	8
	5	7	3	17	14	3	9	30	4	6
	6	7	6	14	21	12	8	3	8	10
	7	18	2	4	16	17	3	19	22	5
	8	25	5	14	23	5	3	19	23	13
	<b>Moy</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
APAB (affinité du peuplement pour les supports abrités)	1	x	16,4	x	61,6	x	21,6	86,6	31,6	-1,5
	2	103	x	69,7	x	x	17,2	94	20	99,6
	3	x	3,11	-12	25,8	52,7	x	39,3	x	x
	4	79,8	x	-2	x	x	x	x	x	22,8
	5	x	-8,2	40	84,9	x	63,9	75,3	x	1,38
	6	x	24,4	79,3	67,6	44	3,76	10,9	4,99	86,4
	7	85,2	x	x	80,9	32,8	x	36,8	44,7	x
	8	87,4	8,61	9,21	58,3	x	2,29	65,4	99,9	54,7
	<b>Tot</b>	<b>78</b>	<b>10</b>	<b>54</b>	<b>64</b>	<b>42</b>	<b>26</b>	<b>81</b>	<b>67</b>	<b>29</b>
APCO (affinité du peuplement pour le courant = rhéophilie)	1	x	75,6	x	35,9	x	68,8	64,2	96,2	113
	2	55,8	x	59,3	x	x	67,4	41,8	83,2	6,35
	3	x	79,3	32,9	79,9	61,9	x	70,7	x	x
	4	40,7	x	47,5	x	x	x	x	x	101
	5	x	65,7	72,9	20,7	x	15,8	48,2	x	91,9
	6	x	34,6	67,1	30,5	93,9	85,6	42,9	70,7	2,72
	7	52,6	x	x	28	72	x	72,4	73,7	x
	8	41,1	65,6	67,4	33,9	x	83,5	10,4	34,1	24,4
	<b>Tot</b>	<b>43</b>	<b>93</b>	<b>63</b>	<b>39</b>	<b>75</b>	<b>64</b>	<b>49</b>	<b>56</b>	<b>54</b>
SPMO (sensibilité du peuplement à la matière organique)	1	x	101	x	78,2	x	98,6	94,2	102	109
	2	82,5	x	80	x	x	95,8	83,9	91,3	63,5
	3	x	107	96,7	94,5	91,5	x	93	x	x
	4	83,5	x	83	x	x	x	x	x	105
	5	x	95,3	102	67,6	x	67,4	84	x	92,8
	6	x	85,1	92,1	73,1	96,9	97,4	98,2	90,7	62,9
	7	87,1	x	x	74,1	99,4	x	102	93	x
	8	80,3	99,6	100	80,4	x	86,3	62,1	82,2	72,2
	<b>Tot</b>	<b>84</b>	<b>100</b>	<b>89</b>	<b>79</b>	<b>99</b>	<b>96</b>	<b>85</b>	<b>87</b>	<b>77</b>
SPFI (sensibilité du peuplement aux fines)	1	x	93	x	69,8	x	90,9	65,7	101	109
	2	48,1	x	64,6	x	x	93,4	58,9	99	79,6
	3	x	97	61	95,2	86	x	79,5	x	x
	4	62,8	x	74,3	x	x	x	x	x	102
	5	x	86,9	86	46,1	x	79,9	70	x	104
	6	x	61,4	63,5	49,3	83,6	96,1	68,9	90,1	61,4
	7	66,2	x	x	54	80,8	x	89,2	87	x
	8	61,1	92,1	88	57	x	109	53,1	41,6	44,2
	<b>Tot</b>	<b>65</b>	<b>93</b>	<b>76</b>	<b>63</b>	<b>82</b>	<b>90</b>	<b>67</b>	<b>69</b>	<b>84</b>

	Effe	Rich	APAB
BM2 - BM1	0,164	0,253	0,019
BM3 - BM1	0,025	0,139	0,055
BI2 - BI1	0,323	0,360	0,018
BI3 - BI1	0,117	0,164	0,048
BV2 - BV1	0,439	0,480	0,465
BV3 - BV1	0,360	0,399	0,242
BI1 - BM1	0,480	0,080	0,008
BV1 - BM1	0,164	0,287	0,005
BI2 - BM2	0,097	0,010	0,083
BV2 - BM2	0,480	0,032	0,015
BI3 - BM3	0,065	0,050	0,216
BV3 - BM3	0,041	0,010	0,267

	APCO	SPMO	SPFI
BM2 - BM1	0,057	0,057	0,457
BM3 - BM1	0,264	0,115	0,082
BI2 - BI1	0,393	0,286	0,125
BI3 - BI1	0,274	0,155	0,421
BV2 - BV1	0,165	0,331	0,009
BV3 - BV1	0,531	0,350	0,242
BI1 - BM1	0,095	0,016	0,032
BV1 - BM1	0,129	0,129	0,057
BI2 - BM2	0,048	0,024	0,083
BV2 - BM2	0,123	0,089	0,015
BI3 - BM3	0,053	0,500	0,074
BV3 - BM3	0,473	0,473	0,147

Remarques :

- Les valeurs par site des paramètres sont des moyennes pour la richesse et les effectifs alors que pour les indices de structure du peuplement la valeur est calculée à partir de la somme des 8 prélèvements

- Les indices de structure du peuplement ne sont pas calculés pour les prélèvements où l'effectif récolté est inférieur à 30

**Tableau 7 - Faune en place par habitat dans la Dourbie : données**

Cours d'eau		Dourbie								
Campagne		mai			juillet			septembre		
Site		Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval
Effectifs (nombre moyen d'individus par prélèvement)	Vl					227				
	Dl	19	30	79	64,3	34	45,5	168,6	25,6	40,4
	Pl	172,5		165	287			189		
	Gl	41	160	54	214	7	90	761	177	
	Vr	193	31	79,3			1140,5			
	Dr	13	30,5	18,5	34	13,7	79,5	75,6	45,6	209,3
	Pr					96			517	
Richesse (nombre moyen de taxons par prélèvement)	Vl					17				
	Dl	7	6	5	12,3	5	5	17,3	5	8,6
	Pl	30		34	23			23		
	Gl	11	20	14	17	5	16	33	23	
	Vr	15	9	10,6			18,5			
	Dr	3	3	3	10	4	5,5	14	6,3	6,6
	Pr					12			22	

- Les habitats sont codés de la manière suivante : V = végétaux de type bryophytes ou Lemanea sur dalle ou blocs, D = dalle ou blocs sans végétaux, P = pierres-galets, G = graviers-sables, l = courant lent (inférieur à 25 cm/s) et r = courant rapide.

- Les données proviennent des 8 prélèvements aléatoires et des quelques prélèvements complémentaires

**Tableau 8 - Dérive diurne dans la Dourbie : données par filet**

Cours d'eau		Dourbie					
Campagne		mai			juillet		
Site		Amont	Intermédiaire	Aval	Amont	Intermédiaire	Aval
Effectifs (nombre d'individus par mètre cube d'eau)	G	0,67	0,62	0,32	x	5,97	10,73
	M	0,53	0,37	0,30	3,07	5,72	10,77
	D	0,69	0,46	0,29	3,56	5,22	7,77
	Moy	0,63	0,49	0,30	3,32	5,64	9,76
Effectifs - intensité de renouvellement (nombre de mètres carrés de benthos par heure)	G	1,88	3,67	0,81	x	1,37	0,41
	M	1,48	2,19	0,74	0,27	1,31	0,41
	D	1,92	2,70	0,72	0,31	1,20	0,30
	Moy	1,76	2,85	0,76	0,29	1,29	0,38
Richesse (nombre de taxons)	G	20	33	12	x	39	40
	M	27	28	17	31	47	36
	D	25	24	16	32	43	40
	Moy	24	28	15	32	43	39
Indices APAB (affinité du peuplement pour les supports abrités)	G	64	62	53	x	27	25
	M	52	64	41	40	27	26
	D	49	44	38	43	27	29
	Moy	55	57	44	42	27	27
Indices APCO (affinité du peuplement pour le courant = rhéophilie)	G	49	60	57	x	72	74
	M	54	61	38	70	62	75
	D	49	74	59	56	71	69
	Moy	51	65	51	63	68	73
Indices SPMO (sensibilité du peuplement à la matière organique)	G	92	90	97	x	96	100
	M	83	88	83	90	93	99
	D	85	102	97	87	94	94
	Moy	86	93	93	88	94	98
Indices SPFI (sensibilité du peuplement aux fines)	G	67	81	77	x	92	91
	M	67	74	76	89	92	89
	D	66	76	71	84	90	84
	Moy	67	77	74	86	91	88

## Remarques :

- G = filet de gauche, M = filet du milieu, D = filet de droite et Moy = moyenne des trois filets

- x = absence de données (vitesse du courant inférieure à 5 cm/s)

- les indices fonctionnels de structure du peuplement (SPMO....) varient entre 0 (sensibilité minimale) et 100 (sensibilité maximale)

- l'intensité de renouvellement "Ir" est calculée à partir de la formule suivante :  $Ir = d.Q / n$  où d = densité de dérive (en individus par mètre cube d'eau), Q = débit du cours d'eau (en mètre cube par heure) et n = densité du peuplement benthique (en individus par mètre carré). Les débits estimés pour le Dourbie sont de 1000 litres par seconde en mai et 70 litres par seconde en juillet.

- les résultats des tests de Mann-Whitney ne sont pas détaillés car avec trois répliques, les règles sont très simples : la différence entre deux échantillons sera significative (seuil de 5% avec un test unilatéral) si les trois valeurs du premier échantillon sont toutes supérieures (ou au maximum avec une égalité) aux trois valeurs du second échantillon (exemple : 1,2,3 et 4,5,6 ou 1,2,3 et 3,4,5). Dans les cas où il manque les données pour un filet (vitesse du courant trop lente), le seuil de 5% ne sera jamais atteint.

**Tableau 9 - Dérive diurne par tranche horaire dans la Dourbie : données et tests statistiques**

		Données calculées par tranche horaire, par site et par date												Données du test de Spearman						
Site et date	Paramètre	Tranche horaire (heure de récolte)												paires	$\Sigma d^2$	n	r <sup>2</sup>	stat		
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20							
DM1 = mont en mai	Effectifs	56	74	75	93	78	77	65	77	70	117	120	117	Effectifs	DM2 - DM1	261	12	0,09	ns	
	Richesse	12	12	7	13	11	14	13	17	10	13	12	12		DI2 - DI1	483	12	-0,69	*	
	APAB	45,4		35,7		41,7		53,0		39,6		60,3			DV2 - DV1	406	12	-0,42	ns	
	APCO	46,1		61,0		48,6		51,4		57,6		37,6			DI1 - DM1	260	12	0,09	ns	
	SPMO	92,2		85,3		89,7		85,1		85,0		79,3			DI2 - DM2	304	12	-0,06	ns	
	SPFI	62,8		76,0		72,1		66,6		67,7		56,3			DV1 - DM1	308,5	12	-0,08	ns	
DM2 = mont en juillet	Effectifs	102	85	138	168	495	310	250	218	178	145	153	155		Richesse	DV2 - DM2	298	12	-0,04	ns
	Richesse	16	14	13	16	23	19	21	25	23	18	21	18			DM2 - DM1	212,5	12	0,26	ns
	APAB	44,2		44,5		36,5		39,1		38,3		50,1				DI2 - DI1	332	12	-0,16	ns
	APCO	66,0		72,5		71,1		57,5		67,5		62,4				DV2 - DV1	362	12	-0,27	ns
	SPMO	87,4		90,5		92,1		85,1		88,9		88,9				DI1 - DM1	250	12	0,13	ns
	SPFI	77,0		89,2		84,8		87,9		84,6		81,4				DI2 - DM2	364	12	-0,27	ns
DII = interm en mai	Effectifs	101	78	71	84	74	78	95	95	113	121	90	139	Richesse		DV1 - DM1	312	12	-0,09	ns
	Richesse	17	10	15	11	13	12	18	16	15	16	12	12			DV2 - DM2	221	12	0,23	ns
	APAB	65,1		43,8		26,4		57,7		54,4		65,1								
	APCO	74,6		49,6		60,1		69,6		53,2		72,5								
	SPMO	100,7		87,0		92,1		93,5		85,3		96,2								
DI2 = interm en juillet	Effectifs	538	503	2544	1042	701	353	406	358	347	290	268	210							
	Richesse	29	33	41	33	35	27	31	25	32	23	27	21							
	APAB	34,2		22,6		25,5		33,3		29,1		29,0								
	APCO	59,3		67,9		75,7		71,9		58,7		75,5								
	SPMO	90,7		94,6		99,5		95,7		90,2		96,5								
DV1 = aval en mai	Effectifs	40	37	29	16	37	25	27	27	45	44	32	39							
	Richesse	6	6	6	3	6	3	8	5	5	8	6	6							
	APAB	18,2		50,1		23,0		24,2		48,2		53,5								
	APCO	54,6		51,2		42,8		35,5		43,4		47,2								
	SPMO	94,9		100,8		91,2		88,9		95,6		86,7								
DV2 = aval en juillet	Effectifs	4043	2688	2042	6274	2353	2535	1812	1177	737	468	594	597							
	Richesse	25	24	23	31	27	35	26	23	31	28	28	23							
	APAB	21,9		24,5		27,0		26,3		37,0		30,2								
	APCO	79,6		78,8		71,6		68,7		75,3		76,8								
	SPMO	102,3		100,0		97,6		96,8		101,0		99,7								
	SPFI	89,1		86,1		86,8		85,3		86,5		85,2								

Les tranches horaires ont été groupées par deux pour les sensibilités afin d'avoir un effectif suffisant par échantillon.

Le test de Spearman consiste à comparer entre deux sites les rangs des valeurs prises par les paramètres dans les différentes tranches horaires (données appariées) :

- $\Sigma d^2$  mesure l'écart entre les rangs,
- n indique le nombre de tranches horaires (12 tranches de 1 heure pour les effectifs et la richesse, 6 tranches de 2 heures pour les autres paramètres),
- r<sup>2</sup>, calculé à partir de d<sup>2</sup> et n, varie entre -1 (corrélation parfaitement inverse) et 1 (corrélation parfaite)
- stat : montre si la signification de la corrélation obtenue est nulle (ns), légère (\* - seuil 5 à 2%), moyenne (\*\* - seuil 2 à 1%) où élevée (\*\*\*) - inférieur à 1 %).

**Tableau 10 - Substrats artificiels dans la Dourbie : données**

Cours d'eau		Dourbie								
Campagne		juin			juillet			septembre		
Site		Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval	Amont	Interm.	Aval
Effectifs récoltés	1	1692	x	3871	1529	575	1335	3555	436	1437
	2		x	313	2096	1038	460	1362	699	480
	<b>Moy</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>2092</b>	<b>1813</b>	<b>807</b>	<b>898</b>	<b>2459</b>	<b>568</b>	<b>959</b>
Richesse (nombre de taxons)	1	30	x	25	27	27	29	34	30	29
	2		x	27	28	26	32	28	35	33
	<b>Moy</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>33</b>	<b>31</b>
APAB (affinité pour les supports abrités)	1	73,7	x	30,2	60,2	41,7	41,6	43,4	62,9	30,9
	2		x	48,1	43,8	35,2	47,9	51	47,8	79,6
	<b>Tot</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>40</b>	<b>54</b>	<b>41</b>	<b>44</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>52</b>
APCO (rhéophilie du peuplement)	1			56,9	32,7	30,5	62,7	59,2	29,9	74,0
	2			39,0	66,7	54,1	48,7	75,2	56,2	42,1
	<b>Tot</b>			<b>51</b>	<b>50</b>	<b>43</b>	<b>57</b>	<b>64</b>	<b>38</b>	<b>60</b>
SPMO (sensibilité du peuplement à la matière organique)	1	82,2	x	90,6	73,6	78	87,8	88,8	75,4	100
	2		x	78,1	98,1	86,9	80,8	98,2	85,1	84,5
	<b>Tot</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>87</b>	<b>86</b>	<b>83</b>	<b>84</b>	<b>91</b>	<b>76</b>	<b>92</b>
SPFI (sensibilité du peuplement aux fines)	1	66,3		86	70,3	68,7	83	75,9	71,6	88,8
	2		x	67,1	83,7	72,5	75	81,5	67,7	73,3
	<b>Tot</b>	<b>x</b>	<b>x</b>	<b>83</b>	<b>78</b>	<b>69</b>	<b>81</b>	<b>80</b>	<b>74</b>	<b>83</b>

Remarques :

- Les valeurs par site des paramètres sont des moyennes pour la richesse et les effectifs alors que pour les sensibilités, la valeur est calculée à partir de la somme des 2 prélèvements
- "x" = absence de données (substrat non retrouvé)