

# **La Dourbie, une rivière polluée par des sources karstiques.**

## **1. Bioindication préliminaire par les communautés d'Ephémères [Ephemeroptera]**

par Nicolas PERU<sup>1</sup> & Alain THOMAS

Laboratoire Dynamique de la Biodiversité, Université Paul Sabatier,  
Bâtiment 4R3b2, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 4, France

1. Travail effectué dans le cadre d'un Diplôme d'Etudes Supérieures de l'Université Paul Sabatier,  
avec la collaboration technique sur le terrain d'Axelle CAILLET  
(CDD à la Fédération pour la Vie et la Sauvegarde des Grands Causses)

Mots clés : Ephéméroptères, bioindication, indice saprobique, Analyse Factorielle des Correspondances, Classification Hiérarchique, nitrates, sources karstiques.

Des prélèvements de macroinvertébrés ont été réalisés pendant un an au filet surber et par substrats artificiels à 12 stations sur la rivière Dourbie et ses principaux affluents. Les 33 espèces d'Ephémères représentent 31,3 % de l'effectif total du matériel récolté (Oligochètes exclus). La richesse spécifique obtenue par les substrats artificiels renfermant du bois (contrairement aux substrats artificiels contenant des pierres) est significativement inférieure à celle obtenue par la technique du surber (test de Mann-Whitney,  $p < 0,01$ ). La répartition écologique des communautés a été étudiée par l'Analyse Factorielle des Correspondances. Les concentrations en nitrates les plus fortes ont été relevées sur un petit ruisseau jouxtant l'ancienne décharge de la ville de Millau et sur trois sources karstiques à fort débit, drainant les Causses et aménagées pour la distribution d'eau potable. Les moyennes des valeurs indiciaires saprobiques, disponibles pour 25 des 33 espèces (MOOG et al. 1997), sont aussi les plus élevées pour ce ruisseau et deux des trois sources.

**The Dourbie, a river polluted by karstic springs. 1. Preliminary biomonitoring using mayfly communities [Ephemeroptera]**

Keywords : mayflies, biomonitoring, saprobic index, Factorial Correspondence Analysis, Hierarchical Cluster Analysis, nitrate, karstic springs.

12 stations were surveyed during one year in the Dourbie river and its main tributaries, using surber net and artificial substrates. Mayflies (33 species) accounted for 31,3 % of the total number of macroinvertebrates (Oligochaeta not included). Species richness in artificial substrates filled with wooden debris (contrary to artificial substrates filled with stones) was significantly lower to that obtained using surber net (Mann-Whitney test,  $p < 0.01$ ). Ecological distribution of mayfly communities was studied using Factorial Correspondence Analysis. Nitrate concentrations were maximal in a small brook adjacent to the old rubbish dump of the city of Millau and in three high discharge karstic springs, draining the limestone plateau of Causses and fitted to distribute drinking water. The mean saprobic values, available for 25 species out of 33 (MOOG et al. 1997), were also the highest in this brook and in two of these springs.

## 1. Introduction

La Dourbie, rivière longue de 96 km, traverse les départements du Gard et de l'Aveyron. Elle prend sa source au Sud du massif de l'Espérou, près du Mont Aigoual, contourne le Causse Bégon, puis suit les gorges qui séparent le Causse du Larzac et le Causse Noir, et se jette en rive gauche du Tarn à Millau. Les Causses, vastes karsts, permettent l'infiltration et le drainage de l'eau de pluie le long de multiples galeries. Cette circulation interne aboutit à plusieurs sources à fort débit, notamment celles du Durzon et de l'Espérelle, issues du Larzac, et celle du Moulin de Corp, issue du réseau du Causse Noir.

La présente étude a été menée en collaboration avec la Fédération pour la Vie et la Sauvegarde des Grands Causses, dans le cadre de l'évaluation de la qualité de la ressource en eau de la partie amont du bassin du Tarn. Le bassin de la Dourbie est en effet l'objet d'un très fort accroissement démographique estival.

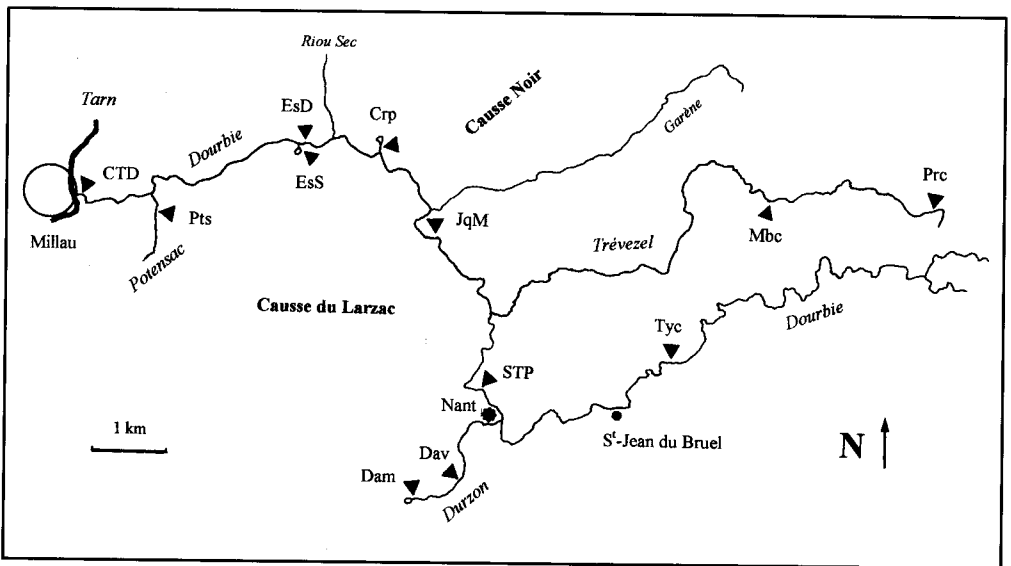
## 2. Les stations étudiées

Les stations ont été choisies en fonction de deux impératifs : disposer, sur la plus grande partie du cours d'eau, de sites impactés et aussi de sites préservés ou relativement préservés ; ensuite retenir des milieux favorables à la faune benthique (fonds de roche en place exclus).

12 stations (Carte 1) ont été retenues sur : la Dourbie elle-même ; deux de ses affluents majeurs, le Durzon et le Trévezel ; un petit affluent pollué, le Ruisseau de Potensac ; enfin les sources de Corp et de l'Espérelle.

### 2.1. Les stations sur la Dourbie et la source de l'Espérelle

- La confluence de la Dourbie et du Tarn (CTD : altitude 358 m)



Carte 1. Les stations étudiées.

Map 1. The study sites.

Station située en amont immédiat de l'embouchure de la Dourbie, au pont de Cureplat à Millau (Aveyron). Pente : 0,4 %. Largeur : environ 20 m. Amplitude thermique annuelle : 6,5-21°C. Lit composé essentiellement de gros blocs et de galets moyens, avec du sable sur les zones plus lentes, près des berges. Ripisylve clairsemée.

- La Dourbie en amont de l'Espérelle (EsD : altitude 396 m) et la source de l'Espérelle (EsS : altitude 396 m)

a) Station (EsD) à quelques mètres en amont de la confluence avec l'Espérelle.

L'Espérelle est orthographiée «Lesperelle» sur la carte IGN au 1/25000.

Pente : 0,35 %. Largeur (au niveau de la chaussée en béton) : 17 m. Amplitude thermique annuelle : 8,5-20°C. Fond de galets moyens et de graviers/sable. Très peu de macrophytes, se développant seulement à partir du mois de juin.

b) Station (EsS) située sur l'émissaire de l'Espérelle, en aval de la station de pompage qui alimente Millau.

Pente : 0,3 %. Largeur : environ 4 m, à une vingtaine de mètres en amont de la confluence avec la Dourbie. Amplitude thermique annuelle : 9-12°C. Granulométrie : gros blocs, galets moyens dominants et graviers. Station envahie par les crues de la Dourbie. Important développement de macrophytes enracinés à partir du mois de mars. Couvert moyen par quelques arbres bordants.

- Jouquemerle (JqM : altitude 420 m)

Site orthographié «Jouque Merles» par l'IGN.

Station située sur la Dourbie, au niveau d'une chaussée submersible, en aval d'une résurgence du Trévezel (Laoutchounière). Pente : 0,5 %. Largeur : 25 m. Amplitude thermique annuelle : 6-22°C. Lit constitué en majorité de galets, de quelques gros blocs ainsi que de graviers. Des bryophytes présents toute l'année, de même que des macrophytes à partir du mois d'avril. Ripisylve clairsemée et exploitée.

- L'aval de la station d'épuration de Nant (STP : altitude 470 m)

Prélèvements effectués à une cinquantaine de mètres en aval de la buse du rejet de la station d'épuration du village de Nant, sous-dimensionnée et en dysfonctionnement. Pente : 0,3 %. Largeur : environ 10 m. Amplitude thermique annuelle : 7-18°C. Lit constitué en grande partie de roche en place, et de graviers grossiers, avec des galets en rive droite. Pas de macrophytes sur le fond, mais un important développement algal en août. Ripisylve constituée de peupliers (abattus pendant l'été) et de nombreux arbustes.

- Le Tayrac (Tyc : altitude 590 m)

Station la plus élevée sur le cours de la Dourbie elle-même, en amont de Saint-Jean du Bruel, en contrebas de la D 114. La majeure partie des prélèvements ont été effectués sur un bras secondaire, plus accessible par hautes eaux et présentant des conditions de substrat plus favorables. Pente : 1,5 %. Largeur : 2 à 3 m. Amplitude thermique annuelle : 6-23°C. Crues violentes. Lit très érodé, laissant apparaître les racines des arbres bordants. Granulométrie au niveau du petit bras : nombreux blocs et galets sur environ 90 % de la surface du lit, le reste étant occupé par des dépôts de graviers et de sable grossier. Cours principal parsemé de blocs et de galets, mais dominé par limon et sable. Végétation rivulaire très développée, procurant une ombre portée importante.

## 2.2. Les stations sur les affluents

- Le Ruisseau de Potensac (Pts : altitude 388 m)

Il coule dans le ravin encaissé du même nom et se jette dans la Dourbie, en aval de l'Espérelle. Il n'est pas temporaire, contrairement aux indications de la carte IGN au 1/25000 (profondeur : environ 0,15 m). Pente : 8,5 %. Largeur : 1 m, en dehors des zones marécageuses. Courant et débit faibles toute l'année. Amplitude thermique annuelle : 8,5-16°C. Fond recouvert par des sédiments fins et des galets, mais sable dominant. Lit dépourvu de macrophytes, quelques bryophytes bordants. Encaissement et ripisylve procurent une ombre portée de 100 % le matin et encore importante l'après-midi. En amont de la station se trouve l'ancienne décharge CETRU (Centre d'Enfouissement Technique des Résidus Urbains) de la ville de Millau. Cette décharge a stocké entre

autres d'anciens déchets industriels.

- Le Moulin de Corp (Crp : altitude 412 m)

Issu d'une source drainant une grande partie du Causse Noir, de surface évaluée à 100 km<sup>2</sup> (DO-RIA 1986), ce ruisseau encaissé très court se jette dans la Dourbie, en contrebas. Pente très importante : 26,7 %. Largeur : environ 1,5 m. Amplitude thermique annuelle : 9-12°C. Fond encroûté de calcaire, formé de blocs, avec quelques galets moyens et des graviers aux endroits abrités. Important développement de bryophytes et d'algues filamenteuses. Végétation rivulaire presque nulle. Aménagement des berges pour le moulin qui puise son eau potable directement dans la source.

- Les stations sur le Durzon (Dam : altitude 530 m et Dav : altitude 511 m)

Cette rivière est le principal affluent de la Dourbie, avec laquelle elle conflue en amont du village de Nant. Sa source, issue du Larzac, alimente en eau potable plusieurs villages ; elle supporte aussi une importante pisciculture.

a) La station amont (Dam) est située à une centaine de mètres de la source, près du point de captage de la pisciculture. Pente : 1,4 %. Amplitude thermique annuelle : 9-11°C. Largeur : environ 3 m. Fond en grande majorité de galets moyens avec graviers et sable, et quelques blocs. Bryophytes très abondants, recouvrant une grande partie du fond. Végétation rivulaire très développée offrant un couvert presque continu.

b) La station aval (Dav) est située à 2,7 km en aval de la pisciculture. Pente : 0,6 %. Amplitude thermique annuelle : 8-13,5°C. Largeur : environ 4 m. Vitesse du courant et substratum très homogènes sur toute la largeur du cours. Fond assez comparable à celui de Dam, avec cependant une dominance moins nette des galets moyens et un développement de cresson sauvage à partir du mois de mai, aux dépens des bryophytes. Végétation rivulaire moins dense qu'à Dam.

- Les stations sur le Trévezel (Mbc : altitude 956 m et Prc : altitude 1230 m)

Le Trévezel est un affluent de rive droite de la Dourbie, qui s'assèche sur une partie de son cours, entre Trèves et Cantobre, pendant la période des basses eaux. Il est alors souterrain et alimente la Dourbie uniquement par ses résurgences (entre autres, Laoutchounière à Jouquemerle). Le Trévezel prend sa source à environ 1300 m d'altitude dans le Parc National des Cévennes.

a) La station (Mbc) est située près du hameau de Malbosc, en contrebas de la D 157. Pente : 4 %. Largeur : environ 5 m. Amplitude thermique annuelle : 0,5-18°C. Crues hivernales extrêmement violentes. Granulométrie assez défavorable, composée surtout de graviers grossiers et de très gros blocs, avec de rares zones de galets. Végétation rivulaire peu dense (pâturages) et dépourvue de résineux.

b) Enfin, la station la plus élevée (Prc) est située dans le Parc National des Cévennes, en amont du petit pont sur la D 986 A. Pente : 10 %. Largeur : 3 m au maximum ; profondeur moyenne de l'ordre de 0,15 m. Amplitude thermique annuelle : 2-15°C. Toutefois, nous n'avons pas été autorisés à prélever sur ce site avant le mois de mars : la température minimale de l'eau en hiver doit y être en réalité voisine de 0°C. Vitesse du courant la plus représentative de l'ordre de 40-60 cm/s, limitée par la faiblesse du débit. Fond essentiellement composé de galets, et dans les zones lentes, de sable et/ou de graviers assez fins. Cours bordé de sapins ménageant un couvert continu.

Remarque importante : les trois dernières stations, les plus élevées (Tyc, Mbc et Prc), se trouvent sur terrains granitiques, contrairement à toutes les autres, situées sur terrains calcaires.

### 3. Matériel et méthodes

L'étude s'est déroulée sur un an, de septembre 2002 à août 2003. Les relevés ont été mensuels, sauf en période défavorable pour les déterminations spécifiques (cycles de développement) : une

campagne de prélèvements a ainsi été supprimée en automne (octobre) et une autre en hiver (février).

### 3.1. Les récoltes de macroinvertébrés

#### a) Par filet surber

Par rapport au matériel standard IBGN, la surface unitaire est de 0,20 m<sup>2</sup>, plus favorable au prélèvement de pierres moyennes et grosses en courant rapide ; le vide de maille de 300 µm est aussi mieux adapté à la récolte de beaucoup de macroinvertébrés immatures mais identifiables spécifiquement.

Le tri, le plus exhaustif possible, a été effectué sur place, sur le vivant, simultanément par deux opérateurs (toujours les mêmes) pendant une durée d'une heure. Une telle procédure, basée sur l'unité de temps, était préconisée par le Dr T.T. Macan (comm. pers. au second auteur). Nous n'avons pas recherché de résultats «quantitatifs», toujours assez illusoire en raison des variations de substratum sur ce type de cours d'eau, mais l'établissement de listes faunistiques aussi complètes que possible, assorties d'une estimation semi-quantitative.

Les crues d'hiver et de début de printemps ont interdit l'accès aux stations EsS et EsD en décembre, mars et avril. La station du Parc National des Cévennes n'a pu être visitée qu'à quatre reprises, à partir du mois de mars. Mais en pratique, toutes les stations ont été prospectées dans des conditions satisfaisantes aux périodes les plus favorables aux récoltes et aux déterminations (printemps et début de l'été).

#### b) Par substrats artificiels (S.A.)

Des substrats artificiels (S.A.) ont aussi été utilisés à partir du mois de novembre (Tableau 1). En fait, nous avons relevé peu de références bibliographiques relatives aux S.A. placés dans des cours d'eau de moyenne montagne comparables à la Doubie. Aussi était-il intéressant de comparer l'efficacité des deux méthodes et de déterminer dans quelle mesure elles étaient complémentaires.

Un bon échantillonnage implique l'utilisation d'un nombre de S.A. suffisant à chaque station et une durée d'exposition optimale. Ces deux paramètres varient suivant le type de cours d'eau (MASON et al. 1973).

L'utilisation des S.A. présente des avantages non négligeables (ROSENBERG & RESH 1984) : possibilité d'échantillonner à des endroits inaccessibles au filet surber ; réduction de la variabilité de l'échantillonnage (en particulier de l'erreur due à l'opérateur) ; réduction de l'impact sur le milieu. A leur passif, il faut citer : l'éventualité de perte pour diverses raisons ; une dynamique de colonisation encore assez mal connue en moyenne montagne ; enfin, la possibilité d'une pression de sélection sur les macroinvertébrés qui les colonisent.

La durée d'implantation des substrats est un paramètre essentiel pour obtenir un échantillonnage représentatif, le but étant d'atteindre un équilibre du peuplement. De nombreux auteurs préconisent une exposition variant entre deux et huit semaines (MASON et al. 1973, KHALAF & TACHET

	S. A. Pierres	S. A. Bois	S. A. Enfouis	Total
nombre de S. A. implantés	134	59	10	203
nombre de S. A. récupérés	106	46	9	161
nombre de S. A. à sec	9	11	1	21
nombre de S. A. exploités	97	35	8	140
% de récupération	79	78	90	79
% exploitable	72	59	80	69

Tableau 1. Taux de récupération et d'exploitation des différents types de substrats artificiels.

Table 1. Recovery and exploitation rates of the different kinds of artificial substrates.

1977, COVER & HARREL 1978, ROSENBERG & RESH 1982, DE PAW et al. 1986...). Une durée d'implantation de quatre semaines entre deux relevages a été retenue.

Les substrats sont constitués d'un cylindre clos en grillage métallique plastifié vert foncé, de vide de maille de 1 cm ; hauteur : 25 cm ; diamètre : 12 cm, soit un volume de 2800 cm<sup>3</sup>. Ces cylindres sont remplis de substrat prélevé in situ : soit des pierres (S.A.P.), soit des branches avec une pierre pour lest (S.A.B.). A chacun des douze sites, nous avons suivi deux S.A.P. et un S.A.B., sauf au Moulin de Corp où seuls des S.A.P. ont été implantés, en raison de l'absence totale de matériel ligneux à cette station et donc de sa non représentativité.

A titre d'essai, nous avons aussi implanté, en petit nombre à partir du mois de mars, un troisième type de substrat : les S.A.E. (S.A. Enfouis). Il s'agit du type S.A.P., enfoui verticalement dans le lit de la rivière et protégé par un tube de PVC, de 30 cm de haut et 15 cm de diamètre, ouvert aux deux extrémités. Le substrat dépasse vers le haut de 2 à 3 cm le tube protecteur. La pose de S.A.E. n'a concerné que les stations du Parc National des Cévennes, de Malbosc et du Tayrac.

### c) Les chasses d'adultes

Une chasse d'adultes de 15 minutes a été effectuée à chaque station, lors de chaque campagne de prélèvements.

## 3.2. Les mesures physico-chimiques

Les concentrations en orthophosphates, ammoniac, nitrites, et oxygène dissous ont été mesurées par basses eaux (juin, août), à l'étiage maximal (septembre) et par hautes eaux (mars) ; la concentration en nitrates et la conductivité ont été mesurées en septembre et en mars. En outre, nous avons effectué sur chaque source une série de trois mesures des nitrates - échelonnées sur trois jours - débutant quelques heures après les violents orages (60 mm de précipitations en 13 h sur le Causse du Larzac) ayant entraîné le premier lessivage des plateaux karstiques et la première crue après la sécheresse de l'été. Une telle crue était en effet susceptible de drainer un surcroît de déchets accumulés ou infiltrés sur les Causse pendant la période estivale.

Un spectrophotomètre de terrain Hach DR/2400 et un conductimètre Hoelzle & Chelus «Aquatic» ont été utilisés.

## 4. Caractérisation physico-chimique

Les résultats des analyses physico-chimiques sont exposés dans les Tableaux 2 et 3.

### 4.1. L'oxygène dissous et la température

A chaque station, au moins une mesure estivale a été effectuée en fin de nuit/lever du jour,

OXYGENE	STATIONS											
	Prc	Mbc	Tyc	Dam	Dav	STP	JqM	Crp	EsD	EsS	Pts	CTD
O <sub>2</sub> min. (mg/L)	8,9	8,6	7,7	10,4	8,4	8,8	6,8	10,8	7,6	9,5	10,2	7,5
% saturation	85,6	89,6	86,5	93,7	80,0	83,8	71,9	98,6	80,4	88,0	96,2	79,8
Température (°C)	14,0	17,5	21,5	11,0	13,5	13,5	18,5	11,5	18,5	12,0	13,0	19,0
Heure	9h15	11h	9h15	17h30	18h30	7h30	7h15	7h	6h45	6h30	6h15	9h
Date	15-sept	07-août	07-août	06-août	06-août	07-août	07-août	07-août	07-août	07-août	07-août	06-août
O <sub>2</sub> max. (mg/L)	13,0	10,0	8,9	11,0	8,6	14,7	11,1	12,0	10,8	11,3	11,7	8,2
% saturation	125,0	89,3	85,6	99,1	77,5	153,1	126,1	111,1	100,0	104,6	110,4	88,2
Température (°C)	14,0	10,5	14,0	11,0	11,0	17,5	22,0	12,0	19,0	12,0	13,0	19,5
Heure	12h	8h30	6h45	8h15	8h	15h30	14h	13h	12h	11h	10h	6h
Date	07-août	15-sept	15-sept	07-août	07-août	06-août	06-août	06-août	06-août	06-août	06-août	07-août

Tableau 2. Valeurs maximales et minimales de la concentration en O<sub>2</sub> dissous et du pourcentage de la saturation pendant l'été.

Table 2. Maximal and minimal dissolved O<sub>2</sub> concentration and saturation rate during Summer.

PARAMETRES	DATES	STATIONS											
		Prc	Mbc	Tyc	Dam	Dav	STP	JqM	Crp	EsD	EsS	Pts	CTD
PO <sub>4</sub> (mg/L)	24-27/06/2003	-	0,08	0,08	0,90	0,20	1,39	0,08	1,22	0,04	-	0,06	0,53
	6-7/08/2003	0,10	0,04	0,23	0,14	0,14	0,27	0,10	0,10	0,08	0,02	0,07	0,12
	14-15/09/2003	0,35	0,41	2,52	0,26	0,70	0,44	0,09	0,04	1,19	0,21	0,02	0,17
	2/10/2003	n.m.	n.m.	0,08	0,13	0,20	0,13	n.m.	0,16	0,13	0,11	0,04	0,03
	18-19/03/2004	-	0,04	-	0,07	0,04	0,09	0,05	0,19	0,08	0,06	0,11	0,07
N-NH <sub>3</sub> (mg N/L)	24-27/06/2003	0,01	0,01	0,11	-	0,14	0,07	0,06	0,01	0,07	0,01	0,10	0,04
	6-7/08/2003	0,06	0,06	0,29	0,01	0,14	0,10	0,01	0,04	0,05	0,02	0,08	0,05
	14-15/09/2003	0,01	0,03	0,13	0,01	0,04	0,15	0,13	0,05	0,13	0,19	0,01	0,06
	02/10/2003	n.m.	n.m.	0,15	0,02	0,10	0,02	n.m.	0,01	0,14	0,07	0,03	0,15
	18-19/03/2004	-	-	-	-	0,01	-	-	-	0,04	-	-	0,02
N-NO <sub>2</sub> (mg N/L)	24-27/06/2003	-	0,002	0,004	0,007	0,018	0,023	0,034	0,013	0,035	0,050	0,010	0,008
	6-7/08/2003	0,080	0,004	0,003	0,011	0,023	0,010	0,045	0,018	0,014	0,011	0,005	0,008
	14-15/09/2003	0,001	0,004	0,002	0,006	0,017	0,004	0,006	0,002	0,014	0,128	0,004	0,082
	2/10/2003	n.m.	n.m.	0,003	0,002	0,022	0,009	n.m.	0,037	0,014	0,068	0,021	-
	18-19/03/2004	0,016	0,012	0,007	0,060	0,039	0,011	0,013	0,023	0,046	0,032	0,008	0,012
N-NO <sub>3</sub> (mg N/L)	14-15/09/2003	1,4	1,6	0,9	3,5	0,7	0,4	1,5	3,1	0,6	1,8	0,4	1,7
	1/10/2003				2,2				2,5		3,2		
	2/10/2003				2,0				2,2		3,0	2,4	
	4/10/2003				2,2				2,2		3,4		
	18-19/03/2004	2,2	0,8	0,9	3,2	2,5	1,1	1,9	2,6	1,3	3,2	1,6	1,9
pH	14-15/09/2003	6,4	6,8	7,1	8,0	8,1	8,4	8,8	8,2	8,5	7,9	8,4	8,3
Conductivité (µS/cm)	14-15/09/2003	32	46	50	380	370	360	360	410	360	410	460	390
	18-19/03/2004	26	42	40	460	460	245	275	480	268	470	452	320

n.m. : non mesuré; - : < seuil de sensibilité de l'appareil

Tableau 3. Résultats des analyses physico-chimiques.

Table 3. Physico-chemical results.

lorsque la concentration en O<sub>2</sub> est en principe la plus basse (photosynthèse minimale). Le Tableau 2 indique pour chaque station les valeurs maximales et minimales de la concentration en O<sub>2</sub> et du pourcentage de saturation.

Les stations correspondant aux sources présentent des amplitudes thermiques et des variations de concentration en oxygène faibles, contrairement au cours principal (Prc, STP, JqM, EsD).

#### 4.2. Les orthophosphates (méthode à l'acide ascorbique)

La valeur de 1 mg/L de PO<sub>4</sub> a été atteinte au moins une fois aux stations Tyc, STP, Crp et EsD pendant l'été, et même 2,52 mg/L (valeur très élevée et vérifiée) à Tyc en septembre (Tableau 3); l'origine de cette pollution intense reste à déterminer.

#### 4.3. L'ammoniac (méthode de Nessler)

Toutes les stations situées sur la Dourbie elle-même enregistrent un pic sensible de la concentration en ammoniac en août ou, le plus souvent, en septembre, après la saison touristique.

#### 4.4. Les nitrites (méthode de diazotisation)

Quelques concentrations relevées correspondent à une « pollution sensible » selon NISBET & VERNEAUX (1970), notamment à Dam en mars, à Prc en août, à EsS et à CTD en septembre.

#### 4.5. Les nitrates (méthode à l'acide chromotropique)

Les trois sources en provenance des Causses présentent des concentrations élevées, soit plus

particulièrement à l'étiage (Dam, Crp, avec respectivement 3,5 et 3,1 mg/L de N-NO<sub>3</sub>, c'est à dire 15,5 et 13,7 mg/L de NO<sub>3</sub>), soit par hautes eaux (EsS, avec 3,2 mg/L de N-NO<sub>3</sub>, soit 14,2 mg/L de NO<sub>3</sub>).

Mais les valeurs relevées en mars montrent que ces sources sont très probablement chargées en nitrates pendant toute l'année. A titre simplement indicatif, les concentrations en NO<sub>3</sub> mesurées sur la Garonne le lendemain (20 mars), avec le même matériel d'analyse, sont sensiblement inférieures : 7,5 mg/L de NO<sub>3</sub> à Roquettes, en amont de Toulouse, et 10,6 mg/L à Lacourtenourt, en aval de l'agglomération toulousaine et de sa station d'épuration... Selon le barème des 6 classes écologiques proposées par NISBET & VERNEAUX (1970), Dam atteint la classe la plus élevée, Crp et EsS la classe 5.

Lors de précipitations importantes, le ruisseau de Potensac (Pts) est fortement impacté par le lessivage du dépôt d'ordures (10,6 mg/L de NO<sub>3</sub> le 2 octobre contre 1,8 à l'étiage).

#### 4.6. Le pH

Aux trois stations amont, situées sur terrains granitiques, le pH varie entre 7,1 (Tyc) et 6,4 (Prc) : à cette dernière station, la ripisylve est en outre constituée de conifères (*Abies*). Après avoir reçu les eaux du Durzon à pH basique, la Dourbie conserve tout au long de son parcours un pH voisin de 8,0 ou supérieur (jusqu'à 8,8 à JqM), expliqué par la nature calcaire des terrains traversés.

#### 4.7. La conductivité

Les deux groupes de stations mis en évidence par le pH sont encore plus nettement différenciés par la conductivité, que ce soit par hautes eaux ou à l'étiage : les sites granitiques d'altitude, avec une conductivité faible (inférieure à 50 µS/cm), et les sites calcaires de l'aval, avec une conductivité supérieure à 200 µS/cm.

DORIA (1986) indique que l'ion majoritaire dans les eaux de la Dourbie est Ca<sup>2+</sup> précédant Mg<sup>2+</sup> et que le calcul du TH confirme la dureté des eaux. Enfin, cet auteur précise que les variations de minéralisation sont faibles dans les rivières caussenardes en raison de réserves karstiques, mais qu'en général les eaux sont plus dures en hiver qu'en été (sauf au Moulin de Corp où le TH reste constant en raison de l'homothermie des eaux).

## 5. La faune

### 5.1. Inventaire

Toutes techniques de récolte cumulées, nous avons dénombré 33616 macroinvertébrés appartenant à 112 taxa (les Diptères Chironomidae ne comptant que pour un seul taxon). Les Oligochètes, nécessitant d'autres techniques de prélèvement et d'étude, n'ont pas été considérés ici.

La présente publication est limitée dans un premier temps à l'exploitation des Ephéméroptères. Cet ordre d'insectes a été retenu en priorité, d'abord pour son potentiel bioindicateur, ensuite pour son abondance en moyenne montagne et enfin pour la possibilité de détermination spécifique des stades larvaires, plus favorable que chez les Plécoptères et les Trichoptères par exemple, dans l'état actuel des connaissances.

Quantitativement au premier rang, les 33 espèces d'Ephémères (10586 individus) représentent 31,3 % de l'effectif total du matériel récolté. La matrice de présence/absence (Tableau 4) correspond à l'inventaire obtenu par l'ensemble de l'échantillonnage, y compris quelques relevés ponctuels à vue effectués à l'étiage.

Remarque : La séparation de certaines espèces, non récoltées à l'état imaginal, a posé quelques problèmes. Il est possible qu'il n'existe en fait que quatre espèces du genre *Rhithrogena* (l'une d'entre elles présentant de fortes variations), et qu'au contraire le genre *Electrogena*, peu abondant, comporte deux espèces distinctes. Le nombre d'espèces est donc au moins de 32 et au plus de 34.



ESPECES		STATIONS											
Noms	codes	Prc	Mbc	Tyc	Dam	Dav	STP	JqM	Crp	EsD	EsS	Pts	CTD
<i>Alainites muticus</i>	Amu	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Baetis catharus</i>	Bca	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baetis fuscatus</i>	Bfu	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1
<i>Baetis lutheri</i>	Blu	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
<i>Baetis melanonyx</i>	Bme	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Baetis rhodani</i>	Brh	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Baetis sp. (gr alpinus)</i>	Bpa	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Baetis vernus</i>	Bve	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Centroptilum luteolum</i>	Cen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Labiobaetis atrebatinus</i>	Lat	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
<i>Procloeon pennulatum</i>	Prp	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1
<i>Caenis luctuosa</i>	Clu	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Caenis macrura</i>	Cma	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
<i>Caenis rivulorum</i>	Cri	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Serratella ignita</i>	Ser	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
<i>Torleya major</i>	Tor	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Ephemera danica</i>	Epd	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
<i>Ecdyonurus venosus</i>	Ecv	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1
<i>Ecdyonurus dispar</i>	Ecd	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
<i>Electrogena sp.</i>	Ele	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
<i>Epeorus assimilis</i>	Epe	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
<i>Heptagenia sulphurea</i>	Hep	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Rhithrogena sp 1</i>	Rh1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
<i>Rhithrogena sp 2</i>	Rh2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhithrogena sp 3 cf. hercynia</i>	Rh3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhithrogena sp 4</i>	Rh4	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
<i>Rhithrogena sp 5 cf. semicolorata</i>	Rh5	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
<i>Habroleptoides confusa</i>	Hbc	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1
<i>Habrophlebia sp.</i>	Hph	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	Pls	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
<i>Oligoneuriella rhenana</i>	Oli	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Potamanthus luteus</i>	Pot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Siphonurus lacustris</i>	Sus	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>RICHESSSE SPECIFIQUE</b>		<b>11</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>17</b>
<b>Valeur saprobique moyenne*</b>		<b>1,53</b>	<b>1,62</b>	<b>1,74</b>	<b>1,72</b>	<b>1,75</b>	<b>1,82</b>	<b>1,79</b>	<b>2,10</b>	<b>1,88</b>	<b>1,91</b>	<b>2,08</b>	<b>1,89</b>

\* : calcul effectué sur les 25 espèces affectées d'une valeur saprobique

Tableau 4. Matrice de présence/absence (toutes techniques de récolte cumulées) des Ephémères du bassin-versant de la Dourbie et valeur saprobique moyenne des stations.

Table 4. Presence /absence matrix (all sampling techniques considered altogether) of mayflies in the Dourbie catchment, as well as mean saprobic value for each site.

## 5.2. Les récoltes au filet Surber

79 prélèvements de 0,2 m<sup>2</sup> ont été effectués. En raison de l'existence de deux faciès majeurs, la station CTD a été scindée en deux (TDR pour courant rapide et TDL pour courant lent). 19620 individus appartenant à 91 taxa ont été collectés. Les stations Dav et STP sont les plus peuplées, avec des effectifs moyens respectivement de 471 et 472 macroinvertébrés par prélèvement. Cependant, en richesse systématique, les stations Mbc, Tyc, STP et JqM sont les plus favorables, avec 40, 41, 42 et 49 taxons respectifs; au contraire, les plus pauvres sont : Dam, Crp et Rbl, avec respectivement 19, 18 et 19 taxons, dans l'état actuel de nos connaissances générales sur la systématique des macroinvertébrés lotiques de ce bassin-versant.

La technique du surber a permis de répertorier 30 des 33 espèces d'Ephémères (33,1 % de l'effectif total des macroinvertébrés). Trois espèces rares n'ont pas été récoltées par cette méthode, sur ce cycle annuel : *Labiobaetis atrebatinus* (2 individus collectés par S.A.P.) ; *Centroptilum luteolum* (seulement trouvé à l'étiage, par prélèvements à vue) ; *Siphonurus lacustris* (1 individu par S.A.B., 2 par S.A.E.).

*Serratella ignita* est l'espèce la plus abondante ; elle est en outre présente à 9 stations sur 12 (fréquence d'occurrence : 75 %). Mais les Baetidae sont les plus répandus (plus de 15 % de l'effectif total des invertébrés) avec, en particulier, *Baetis rhodani* présent à 11 stations (fréquence d'occurrence : 91,7 %).

## 5.3. Les récoltes par substrats artificiels (S.A.)

Lors de six campagnes de prélèvements, nous avons implanté un total de 203 exemplaires individuels de S.A. En raison d'importantes variations du niveau de l'eau, certains d'entre eux ont été retrouvés émergés à sec lors de leur relève, et ipso facto non exploitables. Le Tableau 1 indique les taux de récupération et d'exploitation des différentes catégories de S.A. Le taux de récupération paraît supérieur pour les S.A.E. -moins exposés à l'arrachement- comparativement aux S.A.P. et aux S.A.B. qui obtiennent des résultats voisins. En ce qui concerne l'exploitation proprement dite (substrats colonisés), une nette infériorité semble observée pour les S.A.B., davantage sujets à la mise à sec que les autres, en raison de leur plus grande légèreté, malgré la présence d'un lest.

Le taux de perte a été le plus élevé en hiver, lors des crues du mois de décembre. A ce propos, doit être aussi mentionné l'un des inconvénients des substrats artificiels : le risque de vandalisme, y compris dans le Parc National des Cévennes.

Les substrats artificiels ont permis la récolte de 30 espèces d'Ephéméroptères (soit exactement autant que le filet surber) sur les 33 collectées par l'ensemble des méthodes. Trois espèces rares ont ainsi échappé à cette technique de récolte : *Centroptilum luteolum* (capturé seulement à vue), *Procloeon pennulatum* et *Potamanthus luteus* (respectivement 3 et 13 individus récoltés par surber).

La proportion des Ephéméroptères par rapport au total des macroinvertébrés est similaire à celle obtenue par le filet surber (33,1 %), que ce soit dans les S.A.P. (31,9 %) ou dans les S.A.E. (29,8 %) ; par contre, elle est très inférieure dans les S.A.B. (19,2 % seulement). Toutefois, et clairement dans les limites de nos relevés, parmi les espèces récoltées aussi par filet surber, *Ephemera danica* n'a été récoltée que sur S.A.B. colmatés par des sédiments fins (stations Tyc et Rbl) et *Oligoneuriella rhenana* que sur S.A.P. D'autre part, les S.A.B. sont pratiquement désertés par les espèces du genre *Rhithrogena*, contrairement à *Ecdyonurus*. S.A.P. et S.A.B. confirment la double prédominance de *Serratella ignita* et de *Baetis rhodani* sur le bassin-versant de la Dourbie.

## 5.4. Valeurs saprobiques

Pour l'évaluation de la qualité de l'eau, la méthode des saprobies, largement employée en Europe centrale et donnant des résultats satisfaisants lorsque l'identification spécifique est possible, a été utilisée en reprenant (Tableau 5) les valeurs spécifiques données par MOOG et al. (1997).

Chaque espèce est affectée d'une valeur propre, sauf les espèces biogéographiquement absentes d'Europe centrale. Provisoirement, il n'a pu être tenu compte de ces espèces, au nombre de 8 ; 25

Espèces	Indices saprobiques	Espèces	Indices saprobiques
<i>Alainites muticus</i>	1,4	<i>Ephemera danica</i>	1,8
<i>Baetis fuscatus</i>	2,2	<i>Ecdyonurus venosus</i>	1,2
<i>Baetis lutheri</i>	1,6	<i>Ecdyonurus dispar</i>	2,1
<i>Baetis melanonyx</i>	1,1	<i>Epeorus assimilis</i>	1,4
<i>Baetis rhodani</i>	2,1	<i>Heptagenia sulphurea</i>	2,0
<i>Baetis vernus</i>	2,3	<i>Rhithrogena semicolorata</i>	1,9
<i>Centroptilum luteolum</i>	2,1	<i>Rhithrogena diaphana</i>	1,4
<i>Procladius pennulatum</i>	2,3	<i>Habroleptoides confusa</i>	1,6
<i>Caenis luctuosa</i>	2,3	<i>Paraleptophlebia submarginata</i>	1,6
<i>Caenis macrura</i>	1,9	<i>Oligoneuriella rhenana</i>	1,9
<i>Caenis rivulorum</i>	1,9	<i>Potamanthus luteus</i>	2,2
<i>Serratella ignita</i>	2,1	<i>Siphonurus lacustris</i>	1,2
<i>Torleya major</i>	1,8		

Tableau 5. Valeurs saprobiques connues des espèces d'Ephémères de la Dourbie (MOOG et al. 1997).

Table 5. Available values of saprobic index for mayfly species (MOOG et al. 1997) found in the Dourbie.

espèces seulement sont donc intervenues dans le calcul. Plus la valeur indiciaire est faible, plus l'espèce est réputée fragile (en général alticole et/ou rhéophile). Le peuplement propre de chaque station permet d'attribuer à cette dernière une valeur saprobique locale, correspondant à la moyenne des valeurs saprobiques spécifiques de son inventaire. Les résultats sont présentés dans le tableau 4. La Figure 1 montre un gradient croissant de l'amont (station du Parc National des Cévennes : 1,53) vers l'aval (Station CTD : 1,89), tout à fait logique sur la continuité Trévezel-Dourbie. On observe les valeurs les plus élevées aux stations Crp (2,10) et Pts (2,08). Ces deux stations avaient été désignées a priori comme « à risque » par la Fédération pour la Vie et la Sauvegarde des Grands Causses (A. Baudras et J. Barthélemy, comm. pers.), dont les craintes n'étaient donc pas dénuées de fondement. La source de l'Espérelle présente aussi une valeur élevée (1,91) et l'aval de la station d'épuration de Nant montre un pic léger (1,82). La méthode paraît sensible et devra être réévaluée avec l'appoint des 8 espèces d'Ephémères non utilisables actuellement et aussi celui d'autres insectes polluosensibles, Plécoptères et Trichoptères en particulier.

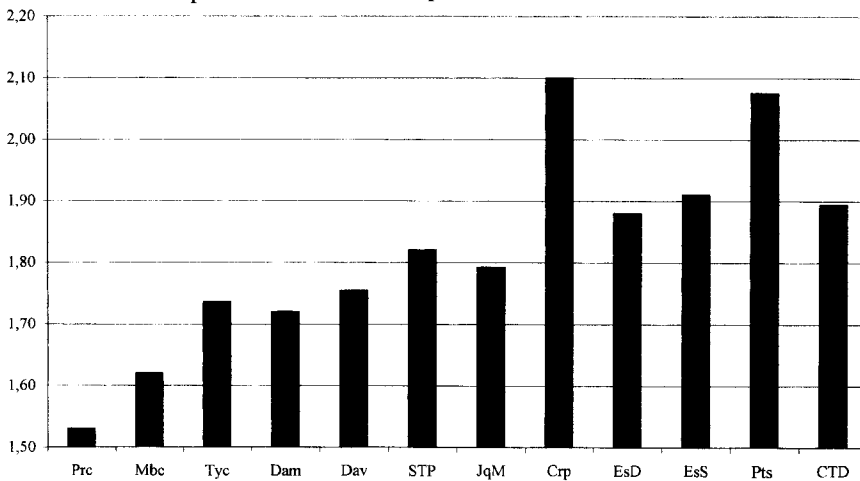


Figure 1. Evolution spatiale des valeurs saprobiques sur le bassin-versant de la Dourbie.

Figure 1. Spatial patterns of mean saprobic values in the Dourbie catchment.

### 5.5. Analyse statistique

Nous avons retenu l'Analyse Factorielle des Correspondances, suivie d'une classification hiérarchique des sites et des espèces, pour exploiter la matrice de présence/absence des Ephémères,

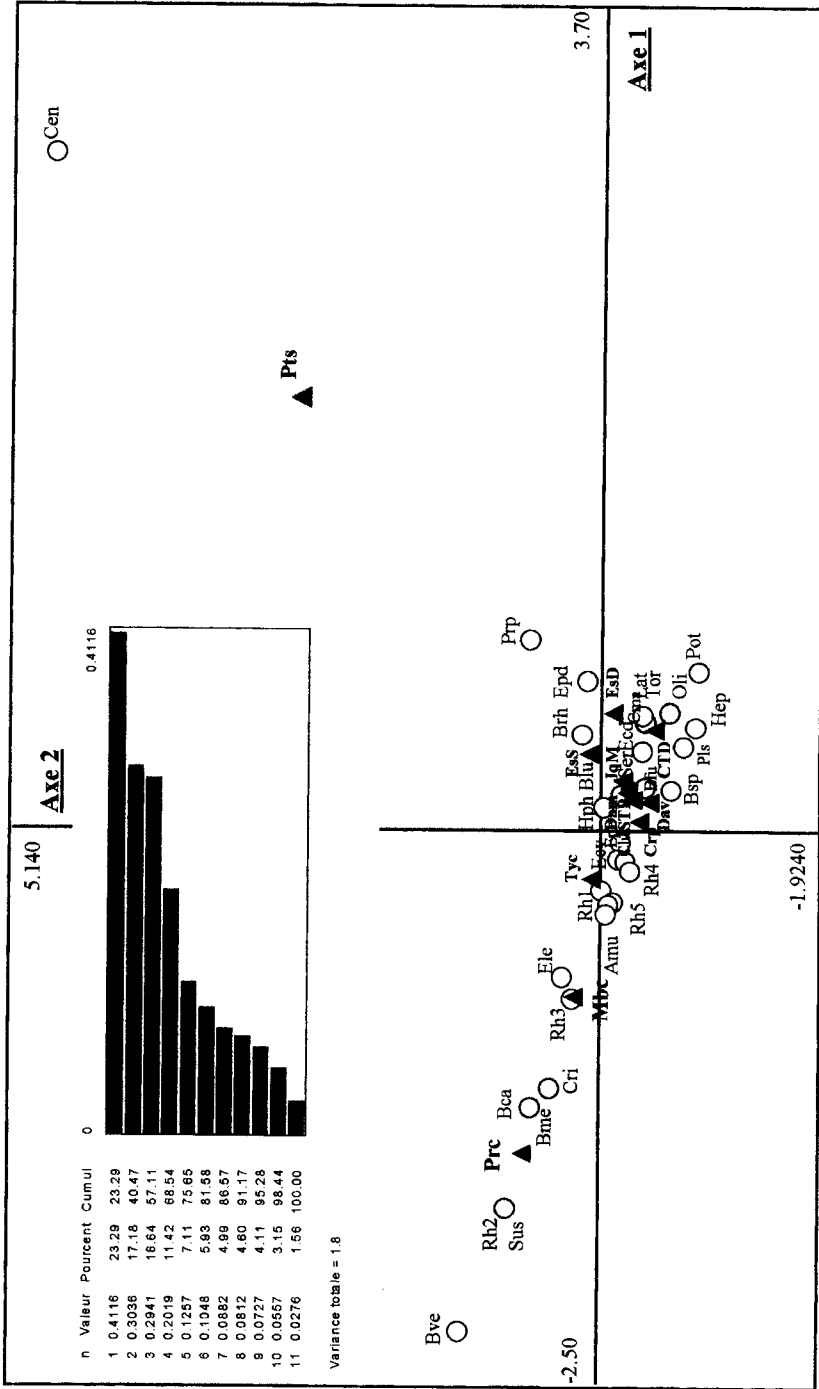


Figure 2. Analyse Factorielle des Correspondances stations-espèces totale. Plan des axes 1-2.  
 Figure 2. Factorial Correspondence Analysis between sites and species, considering all the sites and species. Axes 1-2 are represented.

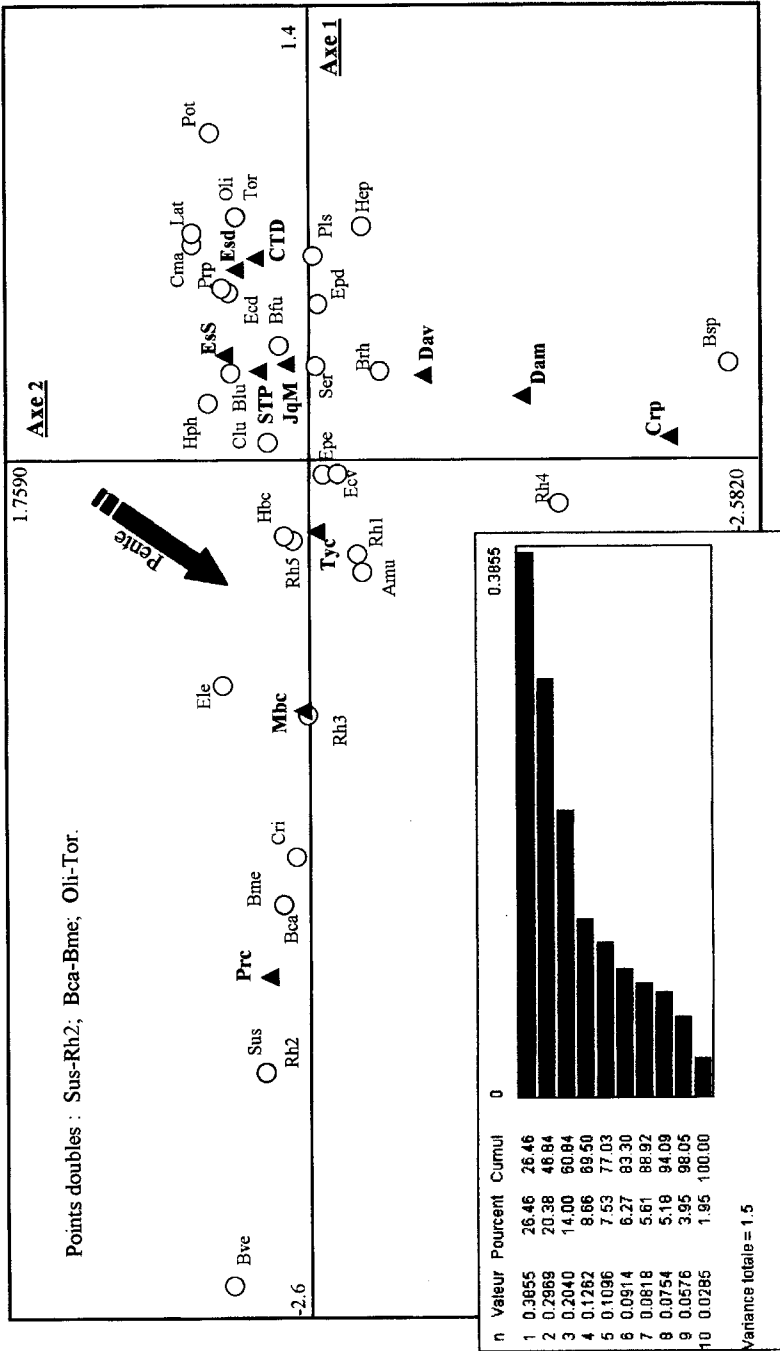


Figure 3. Analyse Factorielle des Correspondances stations-espèces, après retrait du Ruisseau de Potensac et de *Centropitulum luteolum*. Plan des axes 1-2.

Figure 3. Factorial Correspondence Analysis between sites and species, after removal of Potensac brook and *Centropitulum luteolum*. Axes 1-2 are represented.

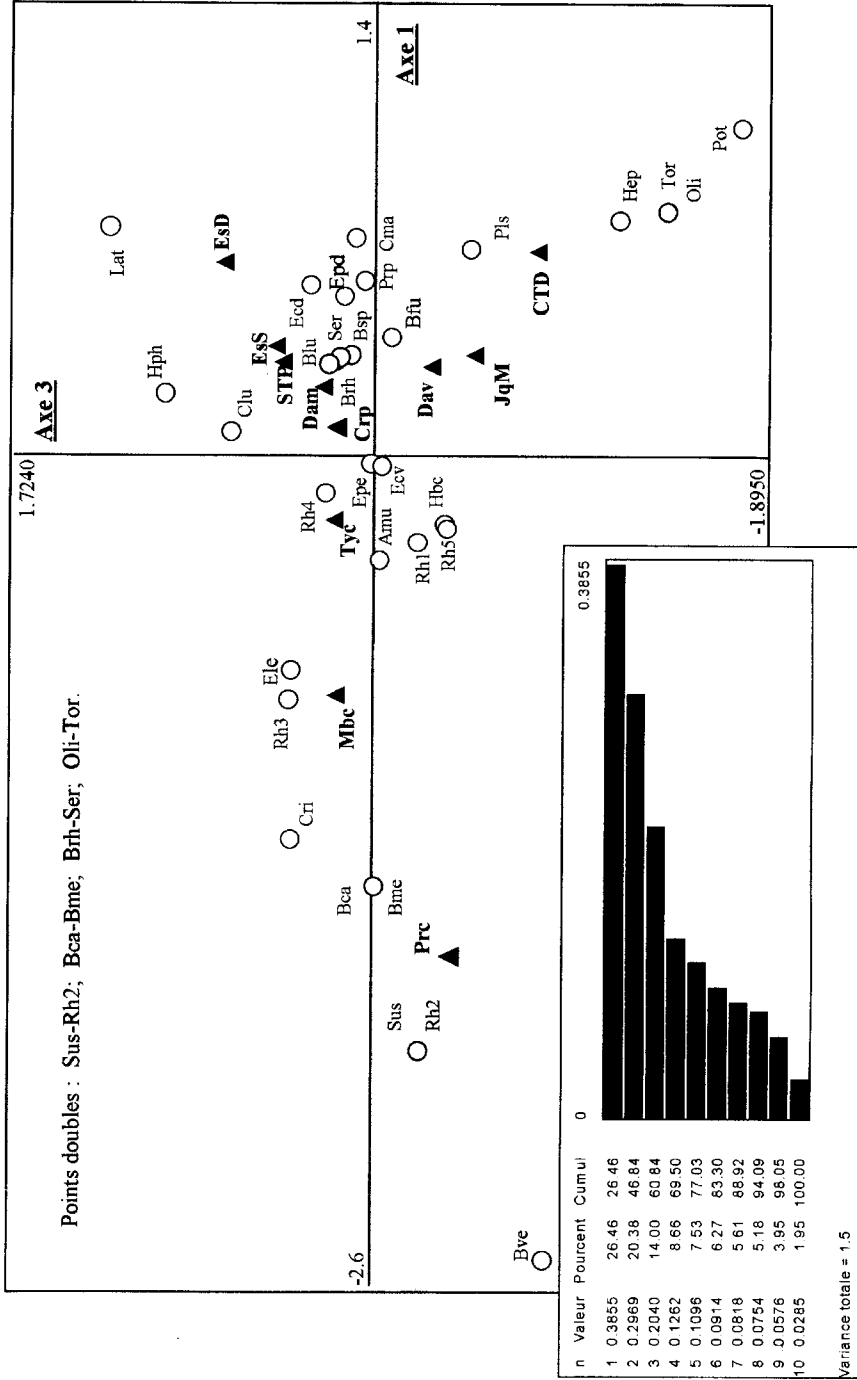


Figure 4. Analyse Factorielle des Correspondances stations-espèces, après retrait du Ruisseau de Potensac et de *Centropitium luteolum*. Plan des axes 1-3.

Figure 4. Factorial Correspondence Analysis between sites and species, after removal of Potensac brook and *Centropitium luteolum*. Axes 1-3 are represented.

de type table de contingence.

Pour faciliter l'identification des groupes de stations et des groupes d'espèces, des dendrogrammes ont été obtenus à partir des données de l'AFC. Pour cela, nous avons utilisé les distances euclidiennes avec l'algorithme de Ward qui peut donner des valeurs de similarité négatives mais qui n'affectent pas l'interprétation finale (MILLIGAN, 1980).

A partir de la première matrice de 12 lignes et 33 colonnes (Fig. 2), la position nettement excentrée des deux points Pts (Potensac) et Cen (*Centroptilum luteolum*) sur le plan des axes 1-2 apparaît d'emblée, avec des contributions fortes, en particulier à l'axe 2 (Cen : 0,16 à l'axe 1 et 0,54 à l'axe 2 ; Pts : 0,26 à l'axe 1 et 0,65 à l'axe 2). En conséquence, la station Pts -qui est aussi la seu-

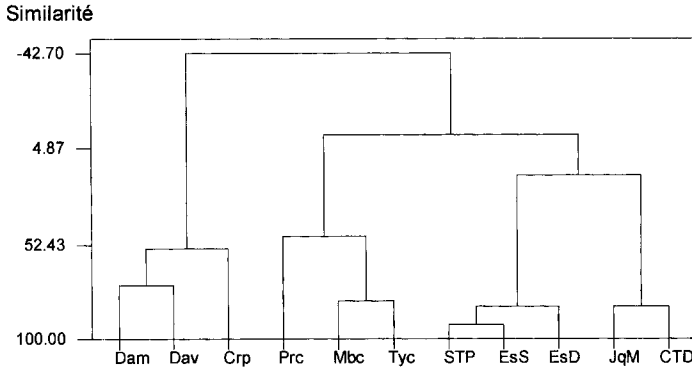


Figure 5. Classification hiérarchique des sites.

Figure 5. Hierarchical cluster analysis of the sites.

la colonisée par *C. luteolum*- a été retirée de la suite de l'analyse. La nouvelle matrice (11 lignes et 32 colonnes) a permis de dresser le dendrogramme des sites en utilisant les trois premiers axes. Le dendrogramme des espèces a été obtenu en utilisant les mêmes méthodes que précédemment. Deux plans ont pu être interprétés : celui des axes 1-2 et celui des axes 1-3.

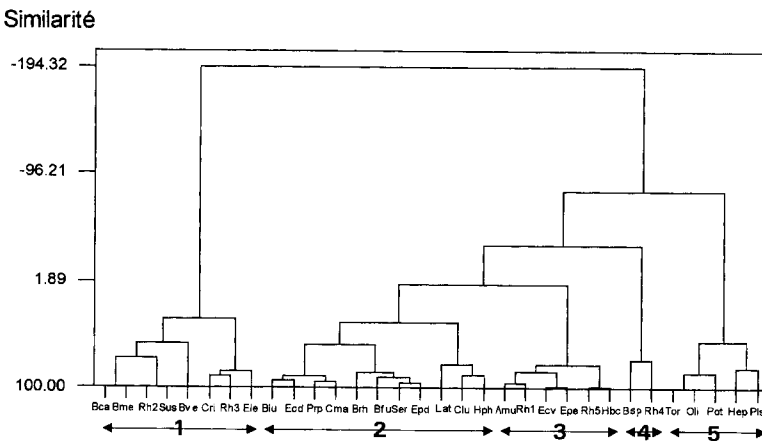


Figure 6. Classification hiérarchique des espèces.

Figure 6. Hierarchical cluster analysis of the species.

## 1) Plan des axes 1-2 (Fig. 3)

Les axes 1 et 2 représentent 46,8 % de l'inertie totale avec 26,5 % pour le seul axe 1.

La projection des stations sur l'axe 1 retranscrit un gradient amont-aval, des valeurs négatives vers les valeurs positives, l'origine séparant les stations d'altitude sur terrains granitiques (Prc, Mbc, Tyc), d'un ensemble constitué des stations du cours principal et des affluents s'écoulant sur terrains calcaires. A l'exception de Crp, station froide décalée en amont du Durzon sur le graphique, la continuité altitudinale des sites est très bien restituée.

Les espèces qui contribuent le plus à l'inertie de l'axe 1 sont : Rh2 et Sus (0,13), Bve (0,12), ainsi que Bca et Bme (0,10). Pour les stations, c'est principalement Prc qui définit l'axe 1 avec une contribution de 0,50 ainsi que, dans une moindre mesure, Mbc (0,20) et CTD (0,13).

La projection sur l'axe 2 traduit, des valeurs négatives vers les positives, un gradient de courant décroissant, l'origine séparant deux groupes de stations : celles du cours principal avec EsS, et les affluents à fort courant/débit Durzon et Corp. Les plus fortes contributions à l'axe sont : pour les espèces, Bsp (0,42) et Rh4 (0,25) ; pour les stations, Crp (0,41), Dam (0,25) et Dav (0,13).

Enfin, un gradient de pente, orienté obliquement et matérialisé par la flèche sur le graphique, peut être observé, des valeurs les plus faibles vers les plus fortes.

## 2) Plan des axes 1-3 (Fig. 4)

Le plan 1-3 représente 40,5 % de l'inertie totale. L'axe 3 supporte, des valeurs positives vers les négatives, un gradient décroissant de végétaux aquatiques, auquel se superpose un gradient de colmatage des pierres par les sédiments.

Les points qui contribuent le plus à l'inertie de l'axe 3 sont : pour les espèces, Hph, Oli et Tor (0,14), Bat et Pot (0,11) ; pour les stations, CTD (0,37) et, dans une moindre mesure, EsD (0,18), JqM (0,12) et STP (0,11).

Deux dendrogrammes ont été construits : l'un différenciant les sites, l'autre les espèces.

Le dendrogramme des sites (Fig. 5) confirme l'observation du plan 1-2. Deux groupes sont nettement séparés dès le début de l'arbre : les affluents d'origine karstique et le cours principal (avec la source de l'Espérelle). En coupant à la valeur 52,43 de similarité, quatre groupes de stations apparaissent. Le premier est constitué de Dam, Dav et Crp, trois stations à température basse et assez constante toute l'année. Le second comprend les stations les plus élevées, et situées sur terrains granitiques : Prc, Mbc et Tyc. Le dernier est composé de JqM et CTD où le cours est le plus large (> 20 m) et la vallée très ouverte, avec des amplitudes thermiques élevées. Il est précédé par STP et EsD, sites caractérisés par un cours moins large et plus encaissé, avec des amplitudes thermiques plus faibles. EsS se trouve aussi dans ce quatrième groupe, mais cette station -qui possède peu de caractéristiques physiques communes avec STP et EsD- est envahie par les crues de la Dourbie.

Le dendrogramme des espèces (Fig. 6) montre une première dichotomie opposant le groupe d'espèces d'altitude sur terrains granitiques (groupe 1 : *Baetis catharus*, *B. melanonyx*, *Rhithrogena* sp. 2, *Siphonurus lacustris*, *B. vernus*, *Caenis rivulorum*, *Rhithrogena* sp. 3 et *Electrogena* sp.) aux espèces rencontrées plus en aval. Seul le taxon *Electrogena* (qui est peut être en réalité constitué de deux espèces distinctes : du matériel doit être communiqué au Dr Carlo Belfiore, Université de Naples, pour détermination spécifique) colonise aussi des stations de l'aval, non cristallines. Ce groupe alticole apparaît à la fois sur le plan 1-2 et sur le plan 1-3, en valeurs négatives sur l'axe 1.

En coupant à la valeur 1,89 de similarité, quatre autres groupes sont individualisés :

- le premier (5) est constitué d'espèces modérément rhéophiles (*Torleya major*, *Oligoneuriella rhenana*, *Potamanthus luteus*, *Heptagenia sulphurea* et *Paraleptophlebia submarginata*) vivant sur les pierres « sales », riches en périphyton et plus ou moins colmatées de l'hyporhithral et de l'épipotamal ; ces espèces sont thermophiles et souvent de taille relative importante (abondance des nutriments). Ce groupe est apparent sur le plan 1-3, en projection négative sur l'axe 3.

- le second (4) comprend les deux espèces *Baetis* sp. (proche d'*alpinus*) et *Rhithrogena* sp. 4,



rhéophiles mais exclusivement cantonnées à des stations froides (Dam, Dav et Crp ; maximum : 13,5°C) et à faible amplitude thermique : ce sont des sténothermes d'eau froide. Ce groupe apparaît nettement sur le plan 1-2, en valeurs négatives près de l'axe 2 et de part et d'autre de ce dernier.

- le troisième (3) est constitué d'espèces de montagne ou de piémont, typiquement rhéophiles, sur pierres non colmatées en courant moyen ou fort, mais plus tolérantes que les précédentes du point de vue thermique : *Alainites muticus*, *Rhithrogena* sp. 1, *Ecdyonurus venosus*, *Epeorus assimilis*, *Rhithrogena* sp. 5 et *Habroleptoides confusa*. Ce groupe homogène apparaît sur le plan 1-2, près de l'origine, de part et d'autre de l'axe 1.

- enfin, le dernier groupe (2) est le plus diversifié (11 espèces) et le plus hétérogène, avec deux formes peu rhéophiles (*Labiobaetis atrebatinus* et *Habrophlebia* sp.) vivant souvent parmi les macrophytes immergés (MACAN 1979) et les autres aux caractéristiques écologiques moins spécialisées : *Baetis lutheri*, *Ecdyonurus dispar*, *Procloeon pennulatum*, *Caenis macrura*, *B. rhodani*, *B. fuscatus*, *Serratella ignita*, *Ephemera danica* et *C. luctuosa*, espèces robustes, euryèces et très répandues en Europe dans le rhithral/hyporhithral et dans l'épipotamal.

## 6. Discussion

### 6.1. Comparaison des différentes méthodes de récolte

Les 203 substrats exploités correspondent à un volume total de 568 dm<sup>3</sup>. A titre indicatif, ce volume, réparti sur la surface totale prospectée au surber (15,8 m<sup>2</sup>), est l'équivalent d'une épaisseur théorique de substrat de 3,6 cm.

Une série de tests de Mann-Whitney a été effectuée pour comparer l'efficacité des différentes méthodes de récolte (Surber, S.A.P. et S.A.B., -à l'exclusion des S.A.E. utilisés en très petit nombre), à la fois sur les richesses spécifiques et sur les valeurs indiciaires saprobiques, en recherchant les éventuelles différences significatives.

Il apparaît que :

- la richesse spécifique obtenue par les S.A.P. est significativement inférieure (au seuil de 5 %) à celle obtenue par l'ensemble des méthodes de récolte ( $W = 111,5$ ) ;

- la richesse spécifique obtenue par les S.A.B. est significativement inférieure (au seuil de 1 %) à celle obtenue par l'ensemble des méthodes de récolte ( $W = 82,5$ ) ;

- par contre, lorsque les S.A.P. et les S.A.B. sont utilisés simultanément, cette différence n'est plus significative ( $W = 181,5$ ) ;

- la richesse spécifique obtenue par les S.A.B. est significativement inférieure (au seuil de 1 %) à celle obtenue par le filet surber seul ( $W = 93,0$ ) ;

- les comparaisons de toutes les autres méthodes deux à deux n'ont pas mis en évidence de différence significative.

Les mêmes tests ont été effectués en outre sur les valeurs saprobiques des stations : aucune différence significative entre les méthodes n'a été mise en évidence, notamment pas entre S.A.P. et cumul total des méthodes, ni entre S.A.B. et ce dernier.

A l'avenir, en cas de poursuite éventuelle de la présente étude avec des moyens logistiques suffisants (tri, déterminations, déplacements, chimie), il sera utilisé un nombre de substrats supérieur (5 par station au lieu de 3), correspondant mieux à la diversité élevée de la Dourbie (DE PAW et al. 1986) : la prospection d'une rivière à faune bien diversifiée requiert en effet l'implantation d'un plus grand nombre de substrats qu'un cours d'eau pollué, à faible richesse spécifique. DE PAW et al. (1986) préconisent d'autre part pour les substrats artificiels un volume unitaire compris entre 2250 et 5000 cm<sup>3</sup> (optimum pour un site encore inconnu : 5000 cm<sup>3</sup>) à comparer aux 2800 cm<sup>3</sup> utilisés ici. Augmenter le volume des S.A. élèverait aussi leur masse et contribuerait à limiter l'arrachement et le déplacement par le courant (hors crues) dans ce réseau de moyenne montagne.

## 6.2. Les substrats artificiels bois (S.A.B.)

Si les S.A.B. ont capturé en moyenne beaucoup moins d'Ephéméroptères que les S.A.P. (16,3 individus par exemplaire de S.A.B., au lieu de 35,4 par S.A.P.), il n'en est pas de même pour la plupart des autres groupes systématiques : les effectifs moyens sont très similaires sur les deux types de substrats en ce qui concerne les Plécoptères (8,4 individus par S.A.B. vs 8,2 par S.A.P.), les Trichoptères (16,4 vs 16,5) et les Coléoptères (2,6 vs 2,5). Seuls les Amphipodes Gammaridae montrent une nette préférence pour les S.A.B. (30,8 vs 16,2 sur les S.A.P.). Les Diptères accusent, comme les Ephémères, une forte baisse d'effectif moyen sur les S.A.B. (8,1 vs 28,7 sur les S.A.P.). En conséquence, nous préconisons de maintenir des S.A.B. conjointement aux S.A.P. dans les études faunistiques exhaustives sur ce type de cours d'eau.

La texture des substrats est un facteur de répartition des espèces non négligeable (CLIFFORD et al. 1989), tout comme la nature des essences. Nous avons utilisé des branches en provenance directe de la ripisylve locale : chêne, noisetier, peuplier et sapin (ce dernier uniquement pour la station Prc, ce qui pourrait expliquer le très faible nombre d'individus rencontrés sur les S.A.B. à cette station : voir JOLIVET et al. 2001).

## 6.3. Les substrats artificiels enfouis (S.A.E.)

Les quelques exemplaires de substrats enfouis (S.A.E.), certes moins sujets à l'arrachement que les substrats déposés sur le fond, ont été colonisés avec une efficacité globale moindre -affectant en particulier les Baetidae-, en raison de leur faible dépassement par rapport au substratum (2 à 3 cm), ce qui réduit les possibilités de colonisation par les organismes à dérive élevée. Ce protocole mériterait toutefois d'être repris à une plus grande échelle, mais en perforant abondamment la paroi du tube externe pour favoriser aussi la colonisation latérale directement par le substratum, à l'instar de la méthode développée par le Dr H.B.N. Hynes et son école (COLEMAN & HYNES 1970, HYNES 1974).

## 6.4. Principaux impacts potentiels sur le bassin-versant de la Dourbie

Dans les limites de nos analyses chimiques :

- A la station du Tayrac, les concentrations en phosphates et en ammoniac peuvent être élevées à l'étiage. Après confirmation, il faudra déterminer à l'avenir s'il s'agit d'une situation limitée à la période estivale et à son accroissement démographique temporaire en amont. A cette station se trouvent des espèces de l'épipotamon telles qu'*Ecdyonurus dispar*, *Caenis luctuosa* et *Ephemera danica*. La remontée de ces trois espèces, robustes et relativement peu sensibles aux pollutions organiques, est sans aucun doute favorisée par la température élevée de l'eau (jusqu'à 23°C, valeur maximale relevée sur le bassin-versant) et aussi, en ce qui concerne *C. luctuosa* et *E. danica*, par le substrat largement constitué de sables grossiers et de limons.

- A la source du Durzon (Dam), la concentration en nitrates a été comprise entre 2,0 et 3,5 mg/L N-NO<sub>3</sub> pour les 5 mesures effectuées, ce qui traduit très probablement les activités humaines à la surface du Causse du Larzac. La température basse toute l'année permet toutefois une oxygénation de l'eau suffisante pour que la pisciculture, grosse productrice de truites, ne provoque aucune disparition d'espèces d'Ephémères ; au contraire, la légère eutrophisation entraîne à Dav une diversité spécifique accrue, classique avec l'éloignement de la source.

- L'impact de la station d'épuration de Nant se traduit par une hausse de la valeur saprobique moyenne assez faible mais réelle (1,82 à rapprocher de 1,74 à Tyc, 1,75 à Dav, et 1,79 à JqM). La forte prolifération algale estivale montre le dysfonctionnement de cette station qui doit traiter l'accroissement du volume de déchets engendré par l'arrivée massive des estivants. Heureusement, la température maximale annuelle à cet endroit est sensiblement abaissée (17,5°C) par l'apport des eaux froides du Durzon.

- Au Moulin de Corp, la concentration en nitrates a varié entre 2,2 et 3,1 mg/L de N-NO<sub>3</sub> sur 5 mesures. La valeur saprobique moyenne des espèces d'Ephémères est élevée pour une source. La faible richesse spécifique est sans doute aussi imputable à la température basse et stable, à la proxi-

mité immédiate du point de jaillissement de l'eau, à la faible diversité des microhabitats et à l'intense prolifération du genre *Gammarus* (Amphipodes). Cette source apparaît soumise aux activités humaines -régulières ou accidentelles- exercées à la surface du Causse Noir (par exemple, des vidanges sauvages de collectes du contenu de fosses septiques ont été signalées : A. Baudras, comm. pers.).

- A la source de l'Espérelle a été relevée en septembre une nette augmentation des concentrations en phosphates, ammoniac et nitrites. La concentration en nitrates a été comprise entre 1,8 et 3,4 mg/L de N-NO<sub>3</sub> sur 5 mesures, expliquant la valeur de l'indice saprobique (1,91). Cette source, qui alimente la ville de Millau en eau potable, pourrait donc être impactée par les activités anthropiques sur le Larzac.

- Le ruisseau de Potensac possède un faciès très différent des autres stations : la granulométrie notamment, dominée par les sédiments fins, limite la richesse du peuplement en Ephémères. Mais les présentes analyses physico-chimiques ne permettent pas de révéler la nature de la pollution qui affecte ce petit cours d'eau. La concentration en nitrates, six fois plus forte après les premiers orages d'automne qu'à l'étiage estival, met en évidence un lessivage périodique de la décharge en amont. La valeur indiciaire élevée de la station confirme un impact ou une eutrophisation. A l'avenir, une caractérisation physico-chimique plus fine, spécialisée, ainsi qu'une visite du site de l'ancienne décharge, permettraient d'identifier les polluants (métaux lourds, déchets toxiques ?) impliqués.

## 7. Conclusion

Effectuée sans soutien financier, la présente étude a dû être limitée dans le temps à un an et son exploitation systématique et écologique aux seuls insectes Ephéméroptères, ce sur des bases physico-chimiques minimales.

Une éventuelle étape ultérieure, basée sur d'autres organismes particulièrement polluosensibles (par exemple les Plécoptères, Trichoptères et/ou Diptères -déjà récoltés à l'état larvaire) et étendue à un nombre accru de stations, en particulier des sites de référence préservés (Parc National des Cévennes), et surtout avec l'appui de moyens d'analyses chimiques plus importants et spécialisés, apparaît très souhaitable. Elle fournirait une matrice de données plus complète que l'actuelle, et autoriserait une synthèse plus exhaustive ainsi qu'une meilleure évaluation de la pertinence du système des saprobies sur le compartiment macroinvertébrés de ce type de rivière.

Une connaissance plus précise des circulations épikarstique et endokarstique permettrait aussi de mieux cerner les limites du lessivage des Causses et son impact sur la Dourbie, ainsi que la part de l'enrichissement ionique « naturel » de l'eau, lors de la traversée des couches géologiques du karst. Il a en effet été surprenant de constater que les valeurs de plusieurs paramètres physico-chimiques et les valeurs indiciaires saprobiques étaient nettement plus élevées aux sources que sur le cours principal de la rivière. Ces sources à fort débit étant utilisées pour la consommation d'eau potable, il paraît indispensable à l'avenir de dresser un bilan non alarmiste mais transparent des impacts anthropiques à la surface des Causses.

## Remerciements

C'est pour nous un plaisir de remercier : Axelle Caillet pour son aide efficace et dévouée sur le terrain, ainsi que pour son hospitalité vis-à-vis de N.P. ; Alain et Bernadette Baudras qui ont initié cette étude et l'ont soutenue à maintes reprises par leur généreuse hospitalité et par un appui logistique déterminant, à large valence écologique... alliant les compétences en chimie aux mérites culinaires ; Sébastien Brosse et Michel Brulin pour leurs conseils avisés ; Jacques Barthélemy pour son dynamisme et ses encouragements ; Gérard Masselet pour ses avis pertinents sur l'hydrosystème de la Dourbie ; enfin Geneviève Guiraud et Dominique Pantalacci pour leur aide bibliographique très dévouée.

## Travaux cités

- CLIFFORD, H.F., V. GOTCEITAS & R.J. CASEY. 1989. Roughness and color of artificial substratum particles as possible factors in colonization of stream invertebrates. *Hydrobiologia*, **175** : 89-95.
- COLEMAN, M.J. & H.B.N. HYNES. 1970. The vertical distribution of the invertebrate fauna in the bed of a stream. *Limnology and Oceanography*, **15** : 31-40.
- COVER, E. & C. HARREL. 1978. Sequences of colonization, diversity, biomass, and productivity of macroinvertebrates on artificial substrates in a freshwater canal. *Hydrobiologia*, **59** : 81-95.
- DE PAUW, N., D. ROELS & A.P. FONTOURA. 1986. Use of artificial substrates for standardized sampling of macroinvertebrates in the assessment of water quality by the Belgian Biotic Index. *Hydrobiologia*, **133** : 237-258.
- DORIA, B. 1986. *Le Causse Noir et les Canyons Bordiers (Gorges de la Jonte, de la Dourbie, du Trévezel). Etude hydrogéomorphologique. Carte géomorphologique au 1/50000*. Thèse, université d'Aix-Marseille, institut de géographie.
- HYNES, H.B.N. 1974. Further studies on the distribution of stream animals within the substratum. *Limnology and Oceanography*, **19** (1) : 92-99.
- JOLIVET, S., G. MASSELOT & A. NEL. 2001. Présence de *Metreletus* sp. (Ephemeroptera : Ameletidae) en forêt de Rambouillet (Yvelines, France). Utilisation de substrats artificiels pour l'étude du macrobenthos de ruisseaux temporaires. *Ephemera*, **3** (1) : 53-68.
- KHALAF, G. & H. TACHET. 1977. La dynamique de colonisation des substrats artificiels par les macroinvertébrés d'un cours d'eau. *Annales de Limnologie*, **13** (2) : 169-190.
- MACAN, T.T. 1979. *A key to the nymphs of British Ephemeroptera*. Freshwater Biological Association, Sci. Publ. No. 20 : 80 pp.
- MASON, W.T., C.I. WEBER, P.A. LEWIS & E.C. JULIAN. 1973. Factors affecting the performance of basket and multiplate macroinvertebrates samplers. *Freshwater Biology*, **3** : 409-436.
- MILLIGAN, G.W. 1980. An examination of the effect of six types of error perturbation on fifteen clustering algorithms. *Psychometrika*, **45** : 325-342.
- MOOG, O., E. BAUERNFEIND & P. WEISCHELBAUMER. 1997. The use of Ephemeroptera as saprobic indicators in Austria. Pp 254-260 in P. Landolt & M. Sartori (eds), *Ephemeroptera & Plecoptera : biology, ecology, systematics*. MTL, Fribourg.
- NISBET, M. & J. VERNEAUX. 1970. Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annales de Limnologie*, **6** (2) : 161-190.
- ROSENBERG, D.M. & V.H. RESH. 1984. The use of artificial substrates in the study of freshwater benthic macroinvertebrates. Chapter 6, pp 175-235 in Cairns Jr. (ed.) *Artificial substrates*, Ann Arbor Science Publ., Michigan.

(paru en Avril 2004)